



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE QUÍMICA**

**EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA EN EL CONTROL DE  
PROYECTOS**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE**

**INGENIERO QUÍMICO**

**PRESENTAN:**

**ESPINOSA CRUZ FLOR DE MARÍA GUADALUPE**

**ESPINOSA LÓPEZ MARCO ANTONIO**



**MÉXICO, D.F.**

**Noviembre de 2013**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**JURADO ASIGNADO:**

**PRESIDENTE:** PROF. JOSÉ ANTONIO ORTIZ RAMÍREZ  
**VOCAL:** PROF. LEÓN CARLOS CORONADO MENDOZA  
**SECRETARIO:** PROF. ALEJANDRO LEÓN ÍÑIGUEZ HERNÁNDEZ  
**1er. SUPLENTE:** PROF. JOAQUÍN RODRÍGUEZ TORREBLANCA  
**2° SUPLENTE:** PROF. MANUEL MIGUEL LÓPEZ RAMOS

**SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO, FACULTAD DE QUÍMICA.**

**ASESOR DEL TEMA:**

**M. I. JOSÉ ANTONIO ORTIZ RAMÍREZ**

**SUSTENTANTES:**

**ESPINOSA CRUZ FLOR DE MARÍA GUADALUPE**

**ESPINOSA LÓPEZ MARCO ANTONIO**



# Contenido

|  |    |
|--|----|
| <b>INTRODUCCIÓN</b>  | 1  |
| <b>CAPÍTULO 1. PLANEACIÓN DE PROYECTOS</b>                                 | 2  |
| 1.1. INTRODUCCIÓN  | 2  |
| 1.2. CICLO DE VIDA DE UN PROYECTO  | 4  |
| 1.3. DECLARACIÓN DE TRABAJO (SOW).   | 7  |
| 1.4. ESPECIFICACIONES DE PROYECTO  | 8  |
| 1.5. ESTRUCTURA DE DESGLOSE DE TRABAJO (WBS)                               | 9  |
| 1.5.1. Problemas de descomposición de la estructura de desglose de trabajo | 13 |
| 1.5.2. Técnicas de programación de red                                     | 13 |
| 1.6. AUTORIZACIÓN DEL PLAN DE TRABAJO                                      | 18 |
| 1.7. ¿POR QUÉ FALLAN LOS PLANES?   | 18 |
| 1.8. DETENCIÓN DE PROYECTOS  | 19 |
| 1.9. HORARIOS DETALLADOS   | 19 |
| 1.10. PROGRAMACIÓN MAESTRA DE LA PRODUCCIÓN                                | 20 |
| 1.11. PLAN DEL PROGRAMA  | 21 |
| 1.12. PLANIFICACIÓN TOTAL DEL PROYECTO                                     | 22 |
| 1.13. CARTA DEL PROYECTO   | 23 |
| 1.14. INSTITUTO DE ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS (PMI)                       | 24 |
| 1.15. LAS NUEVE ÁREAS DEL CONOCIMIENTO                                     | 27 |
| 1.15.1. Administración de la Integración del Proyecto                      | 27 |
| 1.15.2. Administración del Alcance del Proyecto                            | 27 |
| 1.15.3. Administración del Tiempo del Proyecto                             | 28 |
| 1.15.4. Administración de los Costos del Proyecto                          | 29 |
| 1.15.5. Administración de la Calidad del Proyecto                          | 29 |
| 1.15.6. Administración de los Recursos Humanos del Proyecto                | 30 |
| 1.15.7. Administración de Comunicaciones del Proyecto                      | 30 |
| 1.15.8. Administración de Riesgos del Proyecto                             | 31 |
| 1.15.9. Administración de Adquisiciones del Proyecto                       | 31 |
| 1.16. METODOLOGÍA DE ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS DE INVERSIÓN (FEL)        | 32 |
| 1.17. MOTIVOS DE ÉXITO O FRACASO DE UN PROYECTO                            | 35 |
| 1.18. EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE ALINEACIÓN DEL PROYECTO                     | 38 |
| 1.19. EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE DEFINICIÓN DEL PROYECTO (PDRI)              | 41 |
| <b>CAPÍTULO 2. ADMINISTRACIÓN DE RIESGOS DE PROYECTOS</b>                  | 44 |
| 2.1. INTRODUCCIÓN  | 44 |
| 2.2. PROCESO DE LA ADMINISTRACIÓN DE RIESGOS                               | 47 |
| 2.2.1. Planificación de la administración de riesgos                       | 47 |
| 2.2.2. Evaluación de riesgos   | 51 |
| 2.2.3. Identificación de riesgos   | 51 |
| 2.2.3.1. Categorías de riesgos   | 54 |
| 2.2.4. Análisis de riesgos   | 55 |
| 2.2.4.1. Análisis cualitativo de riesgos                                   | 55 |
| 2.2.4.2. Análisis cuantitativo de riesgos                                  | 59 |
| 2.2.4.2.1. Método Monte Carlo  | 64 |
| 2.2.5. Planificación de la respuesta a los riesgos (Manejo de riesgos)     | 65 |
| 2.2.5.1. Opciones de manejo del riesgo                                     | 66 |

|                    |  |           |
|--------------------|--|-----------|
| 2.2.6.             | Seguimiento y control de riesgos   | 69        |
| <b>CAPÍTULO 3.</b> | <b>CONTROL DE PROYECTOS</b>  | <b>71</b> |
| 3.1.               | INTRODUCCIÓN:  | 71        |
| 3.2.               | CONTROL DE PROYECTOS   | 72        |
| 3.2.1.             | Control de costos  | 73        |
| 3.2.1.1.           | Ciclo de operación   | 76        |
| 3.2.1.2.           | Códigos de la cuenta de costos   | 77        |
| 3.2.1.3.           | Presupuestos   | 79        |
| 3.2.2.             | Varianza y método del valor ganado (EVM)   | 80        |
| 3.2.3.             | Umbrales de acción correctiva  | 92        |
| 3.2.3.1.           | Control de proyectos de arriba hacia abajo   | 92        |
| 3.2.3.2.           | Control de proyectos de abajo hacia arriba   | 93        |
| <b>CAPÍTULO 4.</b> | <b>EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA EN EL CONTROL DE PROYECTOS</b>                                |           |
|                    | <b>EMPLEANDO EL SOFTWARE “ PRIMAVERA PERTMASTER”</b>   | <b>94</b> |
| 4.1.               | INTRODUCCIÓN   | 94        |
| 4.2.               | ASPECTOS PARA MEDIR LA EFICIENCIA EN EL CONTROL DE PROYECTOS                                 | 95        |
| 4.3.               | PRIMAVERA RISK ANALYSIS (PERTMASTER) COMO HERRAMIENTA PARA REALIZAR LA PROGRAMACIÓN DINÁMICA | 96        |
| <b>CAPÍTULO 5.</b> | <b>CASO DE ESTUDIO</b>   | <b>98</b> |
| 5.1.               | INTRODUCCIÓN   | 98        |
| 5.2.               | PRESENTACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL CASO DE ESTUDIO   | 98        |
| 5.2.1.             | Descripción del producto   | 98        |
| 5.2.2.             | DESCRIPCIÓN DE LA MATERIA PRIMA  | 100       |
| 5.2.3.             | Proceso de producción de ácido nítrico   | 101       |
| 5.2.3.1.           | Condiciones de operación   | 102       |
| 5.2.3.1.1.         | Temperatura  | 102       |
| 5.2.3.1.2.         | Presión  | 102       |
| 5.2.3.1.3.         | Catalizador  | 102       |
| 5.2.3.2.           | Descripción del proceso  | 103       |
| 5.2.4.             | Diagrama de flujo de proceso   | 105       |
| 5.3.               | METODOLOGÍA  | 106       |
| 5.4.               | RESULTADOS   | 108       |
| 5.4.1.             | Estructura de desglose de trabajo, diagrama de Gantt y costo por actividad (Inicial)         | 108       |
| 5.4.2.             | RESULTADO DEL ANÁLISIS DE RIESGO   | 124       |
| 5.4.2.1.           | IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE RIESGOS DEL PROYECTO  | 124       |
| 5.4.2.2.           | TABLA DE JERARQUIZACIÓN DE RIESGOS   | 128       |
| 5.4.2.3.           | Resultado de análisis cuantitativo de riesgo en Primavera Risk Analysis.                     | 131       |
| 5.4.2.3.1.         | Escenario optimista  | 132       |
| 5.4.2.3.2.         | Escenario pesimista  | 133       |
| 5.4.2.4.           | Resumen de resultados del análisis cuantitativo de riesgos                                   | 134       |
| 5.4.3.             | Caso 1   | 135       |
| 5.4.3.1.           | Estructura de desglose de trabajo y diagrama de Gantt (Caso 1)                               | 136       |
| 5.4.3.2.           | Resultados del análisis de los parámetros del método del valor ganado.                       | 152       |

|  |     |
|--|-----|
| 5.5. ANÁLISIS DE RESULTADOS  | 161 |
| 5.6. CONCLUSIONES DEL CASO DE ESTUDIO  | 163 |
| <b>CONCLUSIONES</b>  | 164 |
| <b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>  | 165 |
| <b>APÉNDICE 1. TERMÓMETRO DE ALINEACIÓN</b>  | 166 |
| <b>APÉNDICE 2. FORMATO PARA LA EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE DEFINICIÓN DEL PROYECTO</b>                    | 168 |
| <b>APÉNDICE 3. ESCENARIOS, RESULTADO DEL ANÁLISIS DE RIESGO EN EL SOFTWARE PRIMAVERA RISK ANALYSIS</b> | 171 |
| <b>APÉNDICE 4. ESTRUCTURAS DE DESGLOSE DE TRABAJO CORRESPONDIENTES AL TIEMPO MÁXIMO Y MÍNIMO.</b>      | 175 |
| <b>APÉNDICE 6. ÍNDICE DE TABLAS</b>  | 204 |
| <b>APÉNDICE 7. ÍNDICE DE FIGURAS</b>   | 206 |

## Introducción

La administración de proyectos es la aplicación de los conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas para realizar proyectos de manera efectiva y eficiente. Es una capacidad estratégica de las organizaciones, que permite vincular los resultados obtenidos con las metas establecidas inicialmente. La administración de proyectos tiene un sinfín de conocimientos dentro de los cuales podemos encontrar la planeación de proyectos, la administración de riesgos y el control, que son la parte esencial de este trabajo de tesis.

Una gran cantidad de proyectos han sufrido grandes retrasos en su ejecución y la inversión asociada se ha salido del presupuesto en cantidades superiores al 40%, debido a una mala planeación. Es por esto que una adecuada planeación del proyecto es la base para llevar a cabo un buen control del mismo.

Durante el ciclo de vida de un proyecto se debe tener en cuenta la gran cantidad de riesgos que se pueden presentar, es por eso que el análisis previo de dichos riesgos se convierte en una necesidad y es parte fundamental e imprescindible para su prevención y manejo.

Aplicar estos dos conocimientos garantiza que el proyecto incremente ampliamente su probabilidad de éxito, pero no es suficiente. Llevar a cabo una buena planeación y un análisis de riesgos, solo amplía el panorama al inicio del proyecto, pero una vez comenzado es seguro que los contratiempos se hagan presentes, es aquí donde entra el control de proyectos.

El control de proyectos se encarga de analizar los parámetros de costo, tiempo y alcance, arrojados en la etapa de planificación inicial comparándolos con los resultados obtenidos al momento del análisis una vez avanzado el proyecto.

La conjunción de estas tres herramientas es conocida como "Programación Dinámica" y proporciona un punto de apoyo y una alerta temprana para el director del proyecto facilitando con ello el proceso de toma de decisiones.

# **CAPÍTULO 1. Planeación de Proyectos**

## **1.1.Introducción**

Durante el tiempo de vida de un proyecto las responsabilidades más importantes de un director de proyecto son la planificación, integración y ejecución de los planes. Casi todos los proyectos, debido a su relativamente corta duración y a la frecuencia en el control de prioridades de los recursos, requieren de una planificación formal y detallada.

En general, la planificación se puede describir como la selección de los objetivos de una empresa y establece las políticas, procedimientos y programas necesarios para alcanzarlos. Es por ello que el director de proyecto se ve en la necesidad de implementar un determinado curso de acción que marque el camino a seguir durante la ejecución del proyecto.

En muy pocas ocasiones se puede seguir el plan de acción establecido, por lo que continuamente se generan nuevas alternativas. Podemos considerar a la planeación como una constante toma de decisiones ya que se tiene que elegir continuamente entre las diferentes alternativas existentes. Por otro lado la planeación es una administración de funciones, necesarias todas ellas para facilitar la comprensión de problemas complejos que involucran diversos factores.

El director del proyecto es la clave para la planificación de proyectos exitosos y por esta razón lo ideal es contar con un mismo director desde la concepción del proyecto hasta su ejecución. La planeación tiene como objetivo principal definir completamente todo el trabajo requerido, de manera que sea fácilmente identificable para cada participante del proyecto.

Al no realizar de manera adecuada la fase de planificación inicial, los objetivos no están bien definidos lo que se traduce en un mal inicio de proyecto. Algunas consecuencias en estos casos pueden ser, desilusión, caos, búsqueda de culpables, castigo de personas inocentes, pérdidas económicas, etc.

En general las razones básicas para llevar a cabo la Planeación de un proyecto son:

- Eliminar o reducir la incertidumbre.
- Mejorar la eficiencia de la ejecución.
- Obtener una mejor comprensión de los objetivos.
- Proporcionar una base para supervisar y controlar el trabajo.

Por otro lado la planeación contiene nueve componentes principales:

- Objetivo: meta que se debe alcanzar en un determinado tiempo (costo, alcance, tiempo, calidad, etc.)
- Programa: estrategia a seguir y acciones principales que se deben tomar con el fin de alcanzar o superar los objetivos.
- Programación: plan de actividades individuales o en grupo en donde se indica la fecha de inicio y término de cada una de ellas, permitiendo verificar el cumplimiento de objetivos.
- Presupuesto: gastos previstos necesarios para alcanzar o superar los objetivos.
- Pronóstico: proyección de lo que ocurrirá en un tiempo determinado.
- Organización: un grupo de personas organizadas para algún fin o para llevar a cabo algún tipo de trabajo dentro de una empresa.
- Política: una guía general para la toma de decisiones y acciones individuales.
- Procedimiento: un método detallado para llevar a cabo una política.
- Estándar: un nivel de rendimiento individual o de grupo definido como adecuado o aceptable.

La planificación es habitualmente definida como táctica, estratégica y operativa. La estratégica se da generalmente durante cinco años o más, la táctica de uno a cinco años y operativa es el aquí y el ahora de seis meses a un año. El director del proyecto debe ser capaz de identificar y evaluar estas variables estratégicas en cuanto a la postura del futuro de la organización con respecto a la limitación de los recursos existentes

## **1.2.Ciclo de vida de un proyecto**

La administración de proyectos se facilita cuando se dividen los proyectos en fases, enlazando correctamente las operaciones ejecutadas en cada una de ellas. Al conjunto de todas estas fases se le conoce como ciclo de vida del proyecto.

El ciclo de vida de un proyecto define las fases que conectan el inicio y el final del proyecto. La definición del ciclo de vida del proyecto puede ayudar al director a determinar si deberá tratar el estudio de viabilidad como la primera fase o como un proyecto separado e independiente.

La transición de una fase a otra está definida por algún entregable o transferencia técnica. Generalmente los entregables de una fase se revisan para verificar si están completos, si son exactos y se aprueban antes de iniciar el trabajo de la siguiente fase, aunque no es raro que en ocasiones una fase pueda iniciar sin finalizar otra adquiriendo con ello riesgos que se consideran aceptables.

En la tabla 1.1 se muestra el ciclo de vida de un proyecto, en dicha tabla se pueden observar cada una de las fases y el costo de mano de obra directa que genera cada una. Lo interesante de esta tabla es que el cincuenta por ciento de las horas de mano de obra directa y por consiguiente el cincuenta por ciento del costo, pueden ser gastados antes de la ejecución.

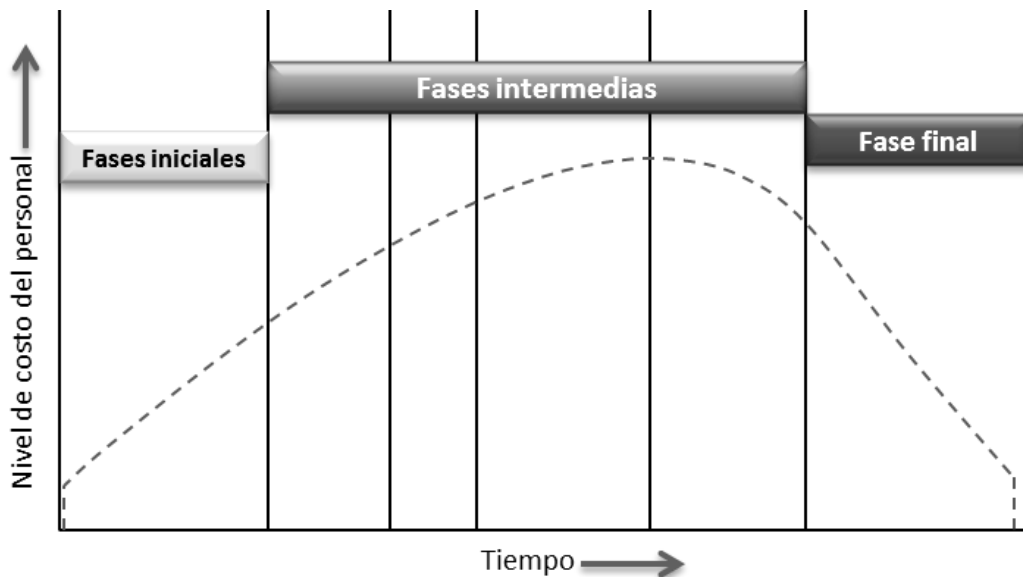
El ciclo de vida del proyecto generalmente define el trabajo técnico que se debe realizar en cada una de las fases, cuando se generan los entregables, como

se revisan, verifican, validan, quién está involucrado y como controlar y aprobar cada una de ellas.

**Tabla 1.1** Ciclo de vida de un proyecto.<sup>1</sup>

| Fase                    | Porcentaje de gastos de mano de obra directa. |
|-------------------------|---|
| Conceptualización       | 5   |
| Estudio de Factibilidad | 10  |
| Planeación Preliminar   | 15  |
| Planeación detallada    | 20  |
| Ejecución               | 40  |
| Puesta en Marcha        | 10  |

Otra forma de visualizar el ciclo de vida del proyecto, se muestra en la figura 1.1, donde se observa el comportamiento del costo, el personal y el tiempo para cada fase.



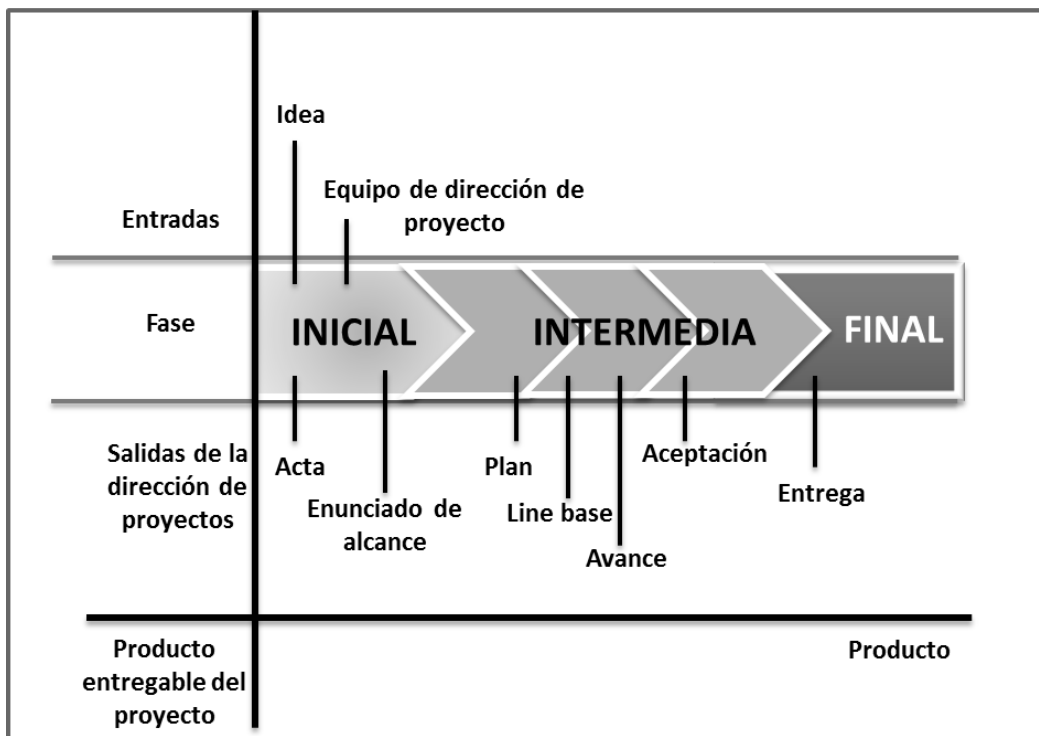
**Figura 1.1** Costo del proyecto y nivel de personal típicos a lo largo del ciclo de vida del proyecto.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Tabla tomada del libro Project Management " A Systems Approach to Planning, Scheduling and Controlling" Harold Kerzner Seventh edition /p. 561



Se puede observar que el nivel de costo y de personal es bajo al comienzo, alcanza su nivel máximo en las fases intermedias y cae rápidamente cuando el proyecto se aproxima a su conclusión.

Aun cuando muchos ciclos de vida de proyectos tienen nombres de fases similares y requieren productos entregables similares, muy pocos ciclos de vida son idénticos. Algunos tienen cuatro o cinco fases pero otros pueden tener nueve o más, en una misma área de aplicación pueden darse variaciones significativas. Cada fase del proyecto termina con la conclusión y aprobación de los productos entregables que la caracterizan, estos productos entregables y en consecuencia cada una de las fases son parte de un proceso generalmente secuencial y que está diseñado para asegurar el adecuado control del proyecto para obtener así el producto o servicio deseado que es el objetivo principal del proyecto.



**Figura 1.2** Secuencia de fases típica de un ciclo de vida del proyecto.<sup>3</sup>

<sup>2</sup> Figura tomada del Project Management Institute “Guía de los fundamentos de la dirección de proyectos” (Guía PMBOK) Third edition /p. 21

<sup>3</sup> Figura tomada de la guía PMBOK / p.23

Para un control efectivo, cada fase se inicia formalmente para producir una salida, dependiente del grupo de procesos, quienes se encargan de especificar lo que está permitido y lo que se espera para dicha fase.

### **1.3. Declaración de trabajo (SOW).<sup>4</sup>**

La declaración de trabajo es una descripción narrativa de los trabajos necesarios para el proyecto. La complejidad de la declaración de trabajo está determinada por los deseos de la parte superior de la administración, el cliente, y / o los grupos de interesados. Para los proyectos internos de la empresa, la declaración de trabajo es preparada por la oficina del proyecto con la participación de los grupos de usuarios. La razón de esto es que los usuarios generalmente tienden a escribir en términos que sólo ellos comprenden. La oficina del proyecto generalmente está compuesta de personal con habilidades de escritura, es lógico que la oficina del proyecto prepare la declaración de trabajo y la presente a los interesados para su verificación y aprobación.

Para proyectos externos a la organización, como en la licitación, el contratista puede tener que preparar la declaración de trabajo para el cliente porque el cliente no puede tener un equipo de personas capacitadas en la preparación SOW. En este caso como antes, el contratista presentará la declaración de trabajo al cliente para su aprobación. También es muy común que el director del proyecto vuelva a escribir la declaración de trabajo del cliente para que los administradores puedan fijar un precio por el esfuerzo.

En un entorno de licitación, se debe ser consciente del hecho de que hay dos declaraciones de trabajo: la utilizada en la propuesta y una declaración de contrato de trabajo (CSOW). También puede haber una estructura de desglose de trabajo (WBS) propuesta y un contrato de la estructura de desglose de trabajo (CWBS).

Una buena propuesta no es una garantía de que el cliente o el contratista entiendan el desglose de trabajo. Para los proyectos grandes de investigación se

---

<sup>4</sup> SOW, por sus siglas en inglés: Statement of work

requiere generalmente antes de las negociaciones finales, ya que es esencial que tanto el cliente y el contratista entiendan y acepten el trabajo que se requiere, lo que se propone y otros elementos relacionados. Además, es imprescindible que exista acuerdo entre el CSOW final y el CWBS.

Una mala interpretación de la declaración de trabajo puede implicar pérdidas de cientos de millones de pesos al año. Las causas más comunes de esto son:

- La mezcla de tareas, especificaciones, aprobaciones e instrucciones especiales.
- Utilizar un lenguaje impreciso ("casi", "óptima", "aproximadamente", etc).
- No hay un patrón, estructura y orden cronológico.
- Amplia variación en el tamaño de las tareas.
- Amplia variación en la forma de describir los detalles.
- No obtener opinión de terceros.

Se pueden evitar este tipo de situaciones haciendo una serie de documentos o preguntas, con el fin de comprobar que la declaración de trabajo sea lo suficientemente clara.

Durante el desarrollo de la declaración de trabajo, el director de proyecto debe garantizar la adecuación de los contenidos mediante revisiones frecuentes con los especialistas del proyecto para determinar que los requisitos técnicos y los datos especificados se ajustan al objetivo común del proyecto.

#### **1.4. Especificaciones de proyecto**

Una lista de especificaciones, se identifica o denomina como parte de la declaración de trabajo pero por separado. Las especificaciones se utilizan para las horas-hombre, el equipo y las estimaciones de material. Pequeños cambios en las especificaciones pueden causar grandes sobrecostos.

Otra razón para la identificación de las especificaciones es asegurarse de que no hay sorpresas para los clientes, aunque no es raro que algún cliente

contrate agencias externas para evaluar la propuesta técnica y asegurarse de que se están utilizando las especificaciones adecuadas. Las especificaciones están estandarizadas para calcular el precio a cabo de una propuesta. Si las especificaciones todavía no existen o no son necesarias las normas deben incluirse en la propuesta y pueden aparecer en el volumen costo de la misma.

Organizar las especificaciones existentes es un esfuerzo costoso y lleva mucho tiempo. La mejor alternativa es educar a las personas involucradas en la preparación de especificaciones así como en la corrección de manera que todas las especificaciones futuras serán razonablemente correctas.

### **1.5. Estructura de Desglose de Trabajo (WBS)<sup>5</sup>**

Realizar adecuadamente el contrato y los objetivos corporativos, requiere un plan que defina todo lo que puede ser gastado, asignar la responsabilidad a un elemento de la organización y establecer los horarios y presupuestos para la realización del proyecto. La preparación de este plan es responsabilidad del director del programa, mismo que es asistido por el equipo del programa asignado en conformidad con el sistema de administración de programas. La planificación detallada también se establece de acuerdo con la política presupuestaria de la empresa.

En la planificación de un proyecto, el director debe estructurar el trabajo en pequeños elementos que deben ser:

- Manejables, en el que la autoridad y la responsabilidad específica se pueden asignar.
- Independientes o con interfaz mínima y con dependencia de otros elementos en curso.
- Entregables de modo que el paquete total puede verse.
- Medibles en términos de progreso.

---

<sup>5</sup> WBS, por sus siglas en inglés: Work Breakdown Structure.

El primer paso importante en el proceso de planificación después de la definición de los requisitos del proyecto es el desarrollo de la estructura de desglose de trabajo (WBS). Según “la estructura de desglose de trabajo es una descomposición jerárquica, orientada al producto entregable del trabajo que será ejecutado por el equipo del proyecto, para lograr los objetivos y crear los productos entregables requeridos. Organiza y define el alcance al subdividir el trabajo en porciones de trabajo más pequeñas y fáciles de manejar, llamados paquetes de trabajo, que pueden programarse, costearse, supervisarse y controlarse”. La WBS se estructura de acuerdo con la forma en que el trabajo se llevará a cabo y refleja la forma en que los costos y los datos del proyecto se pueden resumir y finalmente, informar.

La preparación de la estructura de desglose de trabajo también considera otras áreas que requieren de datos estructurados, tales como la programación, la gestión de la configuración, la financiación del contrato y los parámetros de rendimiento técnico. La estructura de desglose de trabajo es un elemento de gran relevancia, ya que proporciona un marco común del cual:

- El programa completo se puede describir como una suma de elementos subdivididos.
- La planificación se puede llevar a cabo.
- Los costos y presupuestos se pueden establecer.
- El tiempo, el costo y el rendimiento se pueden estimar.
- Los objetivos pueden estar relacionados con recursos de la empresa de una manera lógica.
- Los horarios y los procedimientos se pueden establecer.
- La construcción de redes y el control de la planificación se pueden iniciar.
- La asignación de responsabilidades para cada elemento se pueden establecer.

La estructura de desglose del trabajo actúa como un vehículo para romper el trabajo en elementos más pequeños, lo que proporciona una mayor probabilidad de que todas las actividades de mayor a menor sean contabilizadas.

Aunque existe una gran variedad de estructuras de desglose de trabajo, la más común es la estructura de seis niveles que se muestra a continuación:

|                     | Nivel | Descripción        |
|---------------------|-------|--------------------|
| Niveles Gerenciales | 1     | Programa total     |
|                     | 2     | Proyecto           |
|                     | 3     | Tarea              |
| Niveles Técnicos    | 4     | Subtarea           |
|                     | 5     | Paquete de Trabajo |
|                     | 6     | Nivel de esfuerzo  |

**Figura 1.3** Estructura de desglose de trabajo de seis niveles.<sup>6</sup>

El nivel 1 es el programa total y se compone de un conjunto de proyectos. La suma de las actividades y costos asociados a cada proyecto debe ser igual a la totalidad del programa. Cada proyecto, sin embargo, puede ser dividido en tareas, donde la suma de todas las tareas es igual a la suma de todos los proyectos, que a su vez, comprende la totalidad del programa.

La razón de esta subdivisión de esfuerzo es simplemente la facilidad de control. Por lo tanto, la administración del programa se convierte en sinónimo de la integración de las actividades, y el director del proyecto actúa como integrador, utilizando la estructura de desglose del trabajo como marco común.

Los tres niveles superiores de la estructura de desglose de trabajo se especifican normalmente por el cliente, los niveles más bajos se generan por el contratista para el control interno. Cada nivel tiene un objetivo fundamental: el nivel 1 se emplea generalmente para la autorización y liberación de todo el trabajo, los presupuestos se preparan en el nivel 2 y los horarios en el nivel 3.

Los gerentes de proyecto normalmente manejan a los tres primeros niveles de la estructura de desglose de trabajo y prefieren dar informes sobre la situación de la administración en estos niveles también. Algunas compañías están tratando

<sup>6</sup> Figura tomada del libro Project Management " A Systems Approach to Planning, Scheduling and Controlling" Harold Kerzner Seventh edition /p. 574

de estandarizar la información de la administración, al exigir los tres primeros niveles de la WBS que son los mismos para cada proyecto, siendo las únicas diferencias en los niveles 4-6. Para las empresas con una gran similitud entre los proyectos este enfoque tiene sus méritos, pero para la mayoría de las empresas, sin embargo, las diferencias entre los proyectos hacen que sea casi imposible estandarizar los niveles superiores.

El paquete de trabajo es el nivel crítico de la administración de una estructura de desglose del trabajo. Sin embargo, es posible que la administración real de los paquetes de trabajo sea supervisada y realizada por los gerentes con los informes de estado.

Los paquetes de trabajo son subdivisiones naturales de las cuentas de costos y constituyen los elementos básicos utilizados por el contratista en la planificación, el control y en la medición de la ejecución del contrato. Un paquete de trabajo es simplemente una tarea de bajo nivel o asignación de trabajo. En él se describe el trabajo a realizar por una organización, ejecutante específico o un grupo de centros de costo y sirve como un vehículo para vigilar y reportar el progreso de los trabajos.

Los documentos que autorizan y asignan el trabajo a una organización ejecutora se designan con diversos nombres a lo largo de la industria; "Paquete de trabajo" es el término genérico que se usa para identificar las tareas concretas que tienen los resultados finales definidos. Los paquetes de trabajo ideales son de 80 horas y de menos de 2 a 4 semanas. Sin embargo, esto no puede ser posible en los grandes proyectos.

No es necesario que la documentación del paquete de trabajo contenga descripciones completas e independientes, la documentación suplementaria puede aumentar las descripciones de los paquetes de trabajo. Sin embargo, las descripciones de los paquetes de trabajo deben permitir a los administradores de cuentas de costos y a los supervisores entender el trabajo y distinguir claramente un esfuerzo de trabajo conjunto.

Los paquetes de trabajo deben ser subdivisiones naturales del esfuerzo planificado de acuerdo a la forma en que el trabajo se llevará a cabo.

### **1.5.1. Problemas de descomposición de la estructura de desglose de trabajo**

Se puede llegar a pensar que la descomposición de la WBS es fácil, pero no es así, ya que esto conlleva consecuencias, por ejemplo, dividir el trabajo en paquetes de trabajo extremadamente pequeños y detallados puede requerir la creación de cientos o incluso miles de cuentas de costos. Esto puede aumentar los costes de administración, control y reporte a un punto en que los costos superan a los beneficios. Dividir el trabajo en paquetes de trabajo pequeños puede proporcionar un control de costos precisos si y sólo si, los gerentes pueden determinar los costos a este nivel de detalle.

Una solución a los problemas mencionados es la creación de actividades "hamaca", que abarcan varias actividades donde el costo exacto no puede determinarse con precisión. La estructura de desglose de trabajo se utiliza para alcanzar objetivos tales como reducir costos, mejorar la moral y reducir factores inservibles. En los proyectos simples la estructura de desglose de trabajo puede construirse como un "diagrama de árbol", el cual sigue la estructura organizativa de la empresa, otro método es crear un flujo lógico para representar ciertas tareas.

### **1.5.2. Técnicas de programación de red**

La administración está continuamente buscando nuevas y mejores técnicas de control para hacer frente a las complejidades, las masas de datos, y los plazos ajustados que son característicos de muchas industrias y sus entornos altamente competitivos, así como buscar mejores formas de presentar los datos técnicos y costos a los clientes. Las técnicas programación han adquirido gran importancia desde la Segunda Guerra Mundial, las más comunes se muestran a continuación:

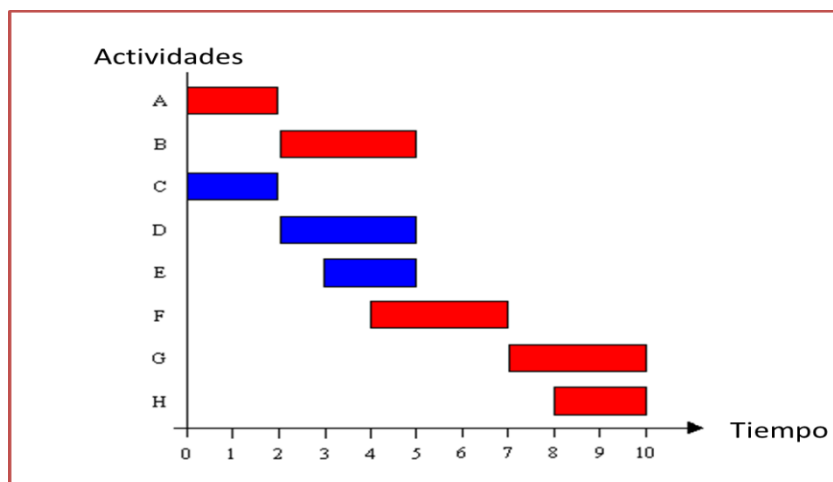


- **Diagrama de Gantt:**

Consiste en la creación de un cuadro que contenga cada una de las actividades o tareas por orden de inicio, con sus respectivos tiempos previstos y la identificación de la actividad precedente, a partir de la cual se va a calcular las fechas de inicio y fin. Posteriormente se va a realizar una representación gráfica horizontal del comienzo y duración de todas las tareas del proyecto. Un ejemplo de Gantt se crea a partir de la tabla 2.

**Tabla 1.2.** Datos para la creación del diagrama de Gantt.<sup>7</sup>

| Tarea | Predecesora       | Duración |
|-------|-------------------|----------|
| A     | -                 | 2        |
| B A 3 | A                 | 3        |
| C     | -                 | 2        |
| D     | C                 | 3        |
| E     | D <sub>II+1</sub> | 2        |
| F     | B <sub>FI-1</sub> | 3        |
| G3    | D,E,F             | 3        |
| H     | G <sub>FF</sub>   | 2        |



**Figura 1.4** Ejemplo de diagrama de Gantt.<sup>8</sup>

<sup>7</sup> Ejemplo tomado de

<http://gva1.dec.usc.es/~antonio/docencia/EspProyectos/GANTT%20paso%20a%20paso.pdf>

Fecha de consulta 28 de julio de 2013.

<sup>8</sup> Ejemplo tomado de <http://gva1.dec.usc.es/~antonio/docencia/EspProyectos/GANTT%20paso%20a%20paso.pdf>

Fecha de consulta 28 de julio de 2013

Las letras II, FI y FF indican una relación entre la actividad y su correspondiente predecesor (Inicio-Inicio, Fin-Inicio, Fin-Fin) y los números 1 y -1 indican el desfase entre dichas actividades.

Las actividades en naranja indican que se tiene una holgura de cero, obteniendo así la ruta crítica.

- **Técnica y evaluación de revisión de programas (PERT)<sup>9</sup>:**

Es un método especializado para identificar las actividades relacionadas e interdependientes, sobre todo cuando se trata de proyectos con cientos o miles de elementos conectados. Generalmente se alimenta con el análisis de la ruta crítica y su parte más importante son las Redes PERT, que son diagramas de líneas de tiempo que se interconectan.

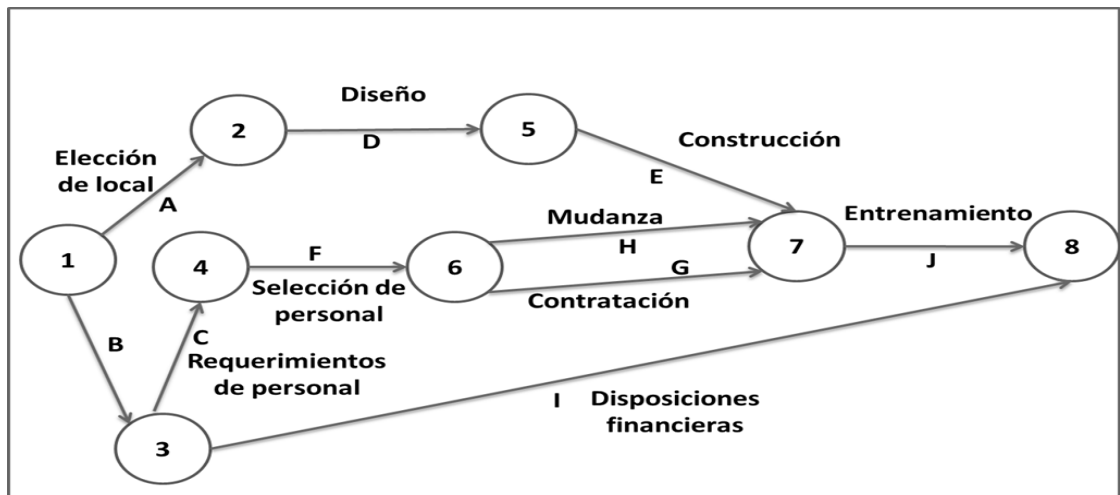


Figura 1.5 Ejemplo de diagrama PERT.<sup>10</sup>

- **Método del camino crítico (CPM):**

Consiste en elaborar una red o diagrama donde se va a mostrar todas las actividades pertenecientes al proyecto. Dicha red va a mostrar una secuencia lógica en la que debe realizarse dicho proyecto y va a mostrar una dependencia entre una actividad y otra.

<sup>9</sup> PERT, por sus siglas en inglés: Program Evaluation and Review Technique.

<sup>10</sup> Figura tomada de <http://uva.anahuac.mx/content/catalogo/diplanes/modulos/mod2/l1t3m2.htm>  
Fecha de consulta 26 de julio de 2013

La duración de la ruta crítica determina la duración del proyecto entero, por lo que cualquier retraso en la ruta crítica afecta a la fecha de término planeada por lo que no hay holgura.

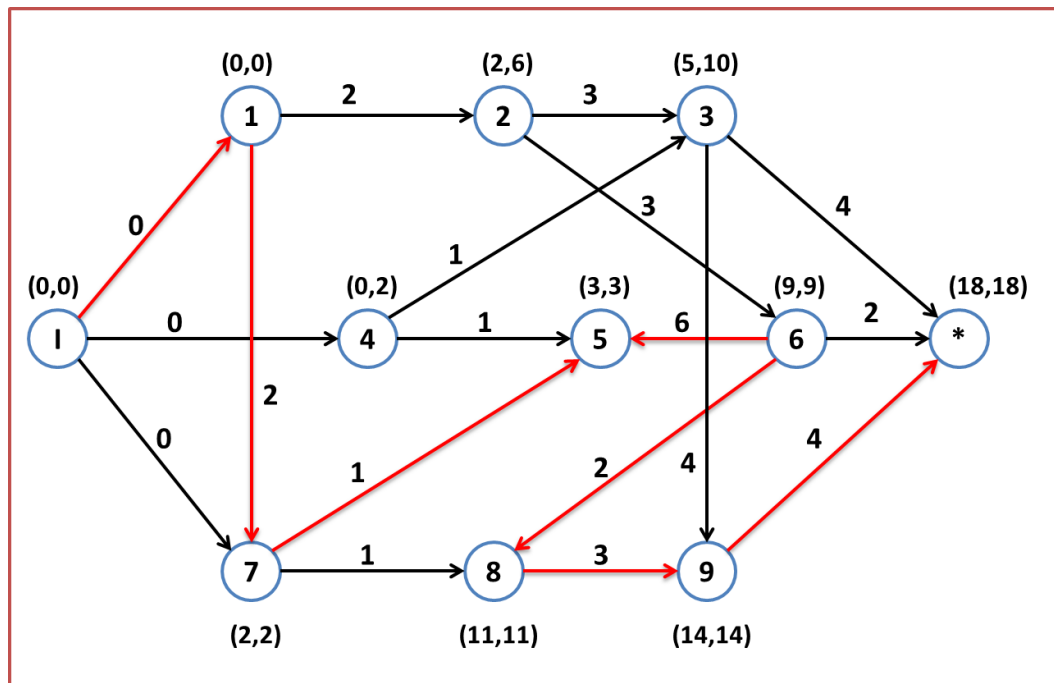


Figura 1.6 Ejemplo de ruta crítica.<sup>11</sup>

- **Método de programación por precedencias (PDM):**

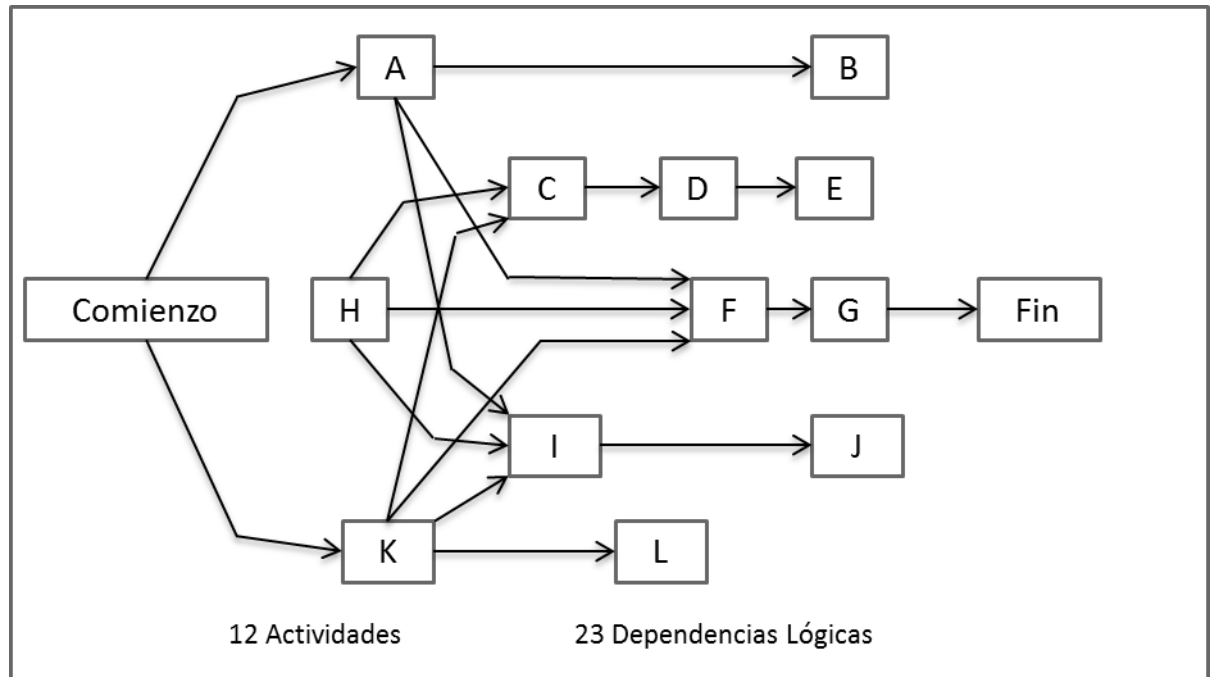
Consiste en crear un diagrama de red del cronograma del proyecto que utiliza casillas o rectángulos denominados nodos, para representar actividades, mismos que se conectan con flechas que muestran las dependencias. Esta técnica también se denomina actividad en el nodo (AON) y es el método utilizado por la mayoría de los paquetes de software de gestión de proyectos. El PDM puede incluir cuatro tipos de dependencias o relaciones de precedencia:

- **Final a Inicio.** El inicio de la actividad sucesora depende de la finalización de la actividad predecesora.
- **Final a Final.** La finalización de la actividad sucesora depende de la finalización de la actividad predecesora.

<sup>11</sup> Figura tomada de <http://www.eoi.es/blogs/madeon/2013/04/14/metodo-de-ruta-critica-cpm-critical-path-method/>  
Fecha de consulta 26 de julio de 2013

- **Inicio a Inicio.** El inicio de la actividad sucesora depende del inicio de la actividad predecesora.
- **Inicio a Fin.** La finalización de la actividad sucesora depende del inicio de la actividad predecesora.

En el PDM, final a inicio es el tipo de relación de precedencia más comúnmente usado. Las relaciones inicio a fin raramente se utilizan.



**Figura 1.7** Diagrama de red simple del cronograma del proyecto utilizando el método de diagramación por precedencia.<sup>12</sup>

Actualmente existen varios software especializados que conjuntan cada una de estas técnicas con el fin de facilitar aún más el trabajo. Algunos ejemplos de son:

- Microsoft Project
- CA- Súper Project
- Primavera Project Planner

<sup>12</sup> Figura tomada de la guía PMBOK / p.131

## **1.6. Autorización del plan de trabajo**

Tras la recepción de algún contrato, se requiere alguna forma de autorización antes de comenzar el trabajo, incluso en la etapa de planificación. Cada una de estas autorizaciones se utiliza para liberar fondos con sus respectivos fines particulares. El trabajo de planificación consta en preparar la programación, costos, presupuestos y todos los tipos de planes que se pueden preparar antes de la liberación de fondos del ciclo de operación.

En muchas ocasiones se considera este permiso de trabajo como una descripción del trabajo subdividido (SDW) que es utilizado por las organizaciones para subdividir aún más el esfuerzo definido en la estructura de desglose de trabajo en pequeños segmentos de trabajo. Muchas personas sustentan que si los datos en el documento de autorización de trabajo son diferentes de lo que se definió originalmente en la propuesta, el proyecto está en problemas justo en la salida.

## **1.7. ¿Por qué fallan los planes?**

Las causas más frecuentes de por qué los planes fallan incluyen:

- Las metas corporativas no son entendidas en los niveles inferiores de la organización.
- Abarcar demasiado en muy poco tiempo.
- Las estimaciones financieras son pobres.
- Los planes se basan en datos insuficientes.
- No se sistematiza el proceso de planificación.
- No se conoce el objetivo final.
- No se conocen las necesidades de personal.

- No se conocen las fechas de los hitos más importantes, incluyendo informes escritos.
- Las estimaciones del proyecto son las mejores suposiciones y no se basan en los estándares o la historia.
- No se da suficiente tiempo para la estimación correcta.
- Las personas no están trabajando hacia los mismos objetivos

Si los objetivos corporativos no se entienden, es porque los ejecutivos corporativos fueron negligentes en la prestación de la información estratégica requerida y en la retroalimentación, si el plan falla por optimismo extremo la responsabilidad recae en el proyecto y en los gerentes por no evaluar el riesgo. Los directores de proyecto deben pedir a los gerentes las estimaciones y esperar una respuesta honesta, si el proyecto fracasa debido a una mala definición de los requisitos el director del proyecto es totalmente culpable.

### **1.8. Detención de proyectos**

Siempre hay situaciones en las que los proyectos tienen que ser detenidos, ya sea por una mala planificación inicial, una mejor alternativa encontrada, un cambio en el interés de la empresa, falta de compromiso por parte de los involucrados en el proyecto, etc.

Para este tipo de situaciones hay varias maneras de detener un proyecto, puede ser la terminación prevista ordenada, la reasignación de las personas de mayor prioridad, reorientación de los esfuerzos hacia los objetivos diferentes, no tomar ninguna decisión oficial.

### **1.9. Horarios detallados**

El calendario de actividades es el requisito principal de la oficina del programa que normalmente asume la responsabilidad de programar la actividad si no está demasiado compleja. Dependiendo del tamaño del programa y los requisitos contractuales, no es inusual para la oficina del programa mantener en

todo momento, un miembro del personal cuya responsabilidad es la de un planificador. Este individuo desarrolla continuamente horarios de actualización de actividades para proporcionar un medio de seguimiento del programa. La información resultante se suministra a la oficina del programa, administración funcional y miembros del equipo y por último pero no menos importante, se presenta al cliente.

Los horarios de las actividades son de gran valor para proporcionar una base para seguimiento visual del desempeño. Se deben de seguir ciertas pautas en la elaboración de los horarios:

- Todos los grandes eventos y las fechas deben estar claramente identificados.
- La secuencia exacta de trabajo debe ser definida a través de una red en la que las interrelaciones entre los eventos puedan ser identificadas.
- Los horarios deben ser directamente relacionables con la estructura de desglose del trabajo.
- Todos los programas deben identificar las limitaciones de tiempo, de ser posible, debe identificar los recursos requeridos para cada evento.

### **1.10. Programación maestra de la producción**

Un plan maestro de producción es una declaración de lo que se hará, cuantas unidades y cuando se harán, se trata de un plan de producción y no un plan de ventas. La programación maestra de la producción debe tener en cuenta la capacidad de la planta y los requisitos impuestos a los vendedores. Toda la planificación de materiales, mano de obra, maquinaria, equipo y la financiación de la instalación es impulsada por el plan maestro de producción.

Los objetivos del plan maestro de producción son:

- Proporcionar a la alta dirección un medio para autorizar y controlar los niveles de mano de obra, la inversión en inventarios y flujo de caja.

- Coordinar la comercialización, fabricación, ingeniería y actividades financieras por un objetivo de rendimiento común.
- Conciliar necesidades de comercialización y fabricación.
- Proporcionar una medida general del desempeño.
- Proporcionar datos para el material y la planificación de la capacidad.

### **1.11. Plan del programa**

Es fundamental para el éxito de cualquier proyecto que se documente la planificación en la forma de un plan del programa. El plan del programa sirve para lo siguiente:

- Eliminar conflictos entre los gerentes funcionales.
- Eliminar conflictos entre la dirección funcional y la gestión de programas.
- Proporcionar una herramienta estándar de comunicaciones en toda la duración del programa.
- Proporcionar la verificación de que el contratista entiende los objetivos del cliente y los requisitos.
- Proporcionar un medio para identificar inconsistencias en la fase de planificación.
- Proporcionar un medio para identificar de manera temprana las áreas problemáticas y los riesgos para que no haya sorpresas.
- Contener todos los programas de base para el análisis de los progresos e informes.



Desarrollar un plan de programa puede consumir mucho tiempo y ser costoso. Los requisitos de entrada para el plan de programa dependerán del tamaño del proyecto y la integración de recursos y actividades.

### **1.12. Planificación total del proyecto**

La planificación del proyecto consiste en la planificación para:

- Programar el desarrollo.
- Elaborar presupuestos.
- Administrar el proyecto.
- Estilos de liderazgo.
- Administrar conflictos.

Existen varios factores que afectan a la delegación de autoridad y responsabilidad, dichos factores incluyen:

- La madurez de la función de gestión de proyectos.
- El tamaño, la naturaleza y el negocio base de la compañía.
- El tamaño y la naturaleza del proyecto.
- El ciclo de vida del proyecto.
- Las capacidades de administración en todos los niveles.

En la administración de proyectos, la base del administrador de proyectos emana sus conocimientos, credibilidad y su capacidad de tomar decisiones.

Si el director del proyecto se considera como un tomador de decisiones racional, entonces los empleados suelen dar al director del proyecto un gran poder sobre ellos.

Finalmente habrá un diagrama de flechas y carta detallada de cada elemento en la Estructura de desglose de trabajo.

### 1.13. Carta del proyecto

La carta del proyecto documenta la autoridad y responsabilidad del jefe de proyecto, sobre todo cuando el proyecto se ejecuta fuera de la empresa u oficinas. Es un acuerdo legal entre el director del proyecto y la empresa, algunas compañías dan complemento a la carta con un "contrato" que funciona como un acuerdo entre el proyecto y las organizaciones. Algunas empresas han convertido la carta del proyecto en un documento muy detallado que contiene:

- El proyecto básico / declaración del alcance
  - Alcance y objetivos del proyecto.
  - Especificaciones.
  - WBS (niveles de plantilla).
  - Tiempo.
  - Plan de gastos. (Curva S)
- El plan de gestión
  - Necesidades de recursos.
  - Currícula del personal clave.
  - Las relaciones de organización y estructura.
  - Responsabilidad matriz de asignación.
  - Apoyo necesario de otras organizaciones.
  - Políticas y procedimientos del proyecto.
  - Cambio de plan de gestión.
  - Autorización de la administración anterior.

Cuando la carta del proyecto contiene una línea base del alcance y el plan de administración, puede funcionar como el plan del proyecto. Esto no es realmente el uso eficaz de la carta, pero puede ser aceptable en ciertos tipos de proyectos para los clientes internos.

### **1.14. Instituto de Administración de Proyectos (PMI)<sup>13</sup>**

El Instituto de Administración de Proyectos es una organización Internacional cuyo objetivo es dispersar las buenas prácticas en la Administración de Proyectos, por lo que plasmó los preceptos y conceptos para realizar un proyecto con éxito en la guía PMBOK<sup>14</sup>, en él se mencionan nueve áreas del conocimiento: administración de integración, alcance, tiempo, costo, calidad, recursos humanos, comunicaciones, riesgos y adquisiciones.

El equipo de dirección del proyecto usa el grupo de procesos de planeación y los procesos e interacciones que lo componen, para planificar y administrar con éxito un proyecto. A medida que se obtenga información sobre el proyecto, se identificarán y resolverán nuevas dependencias, requisitos, riesgos, oportunidades y restricciones. Cuando la información obtenida es comprendida puede dar pie a acciones de seguimiento.

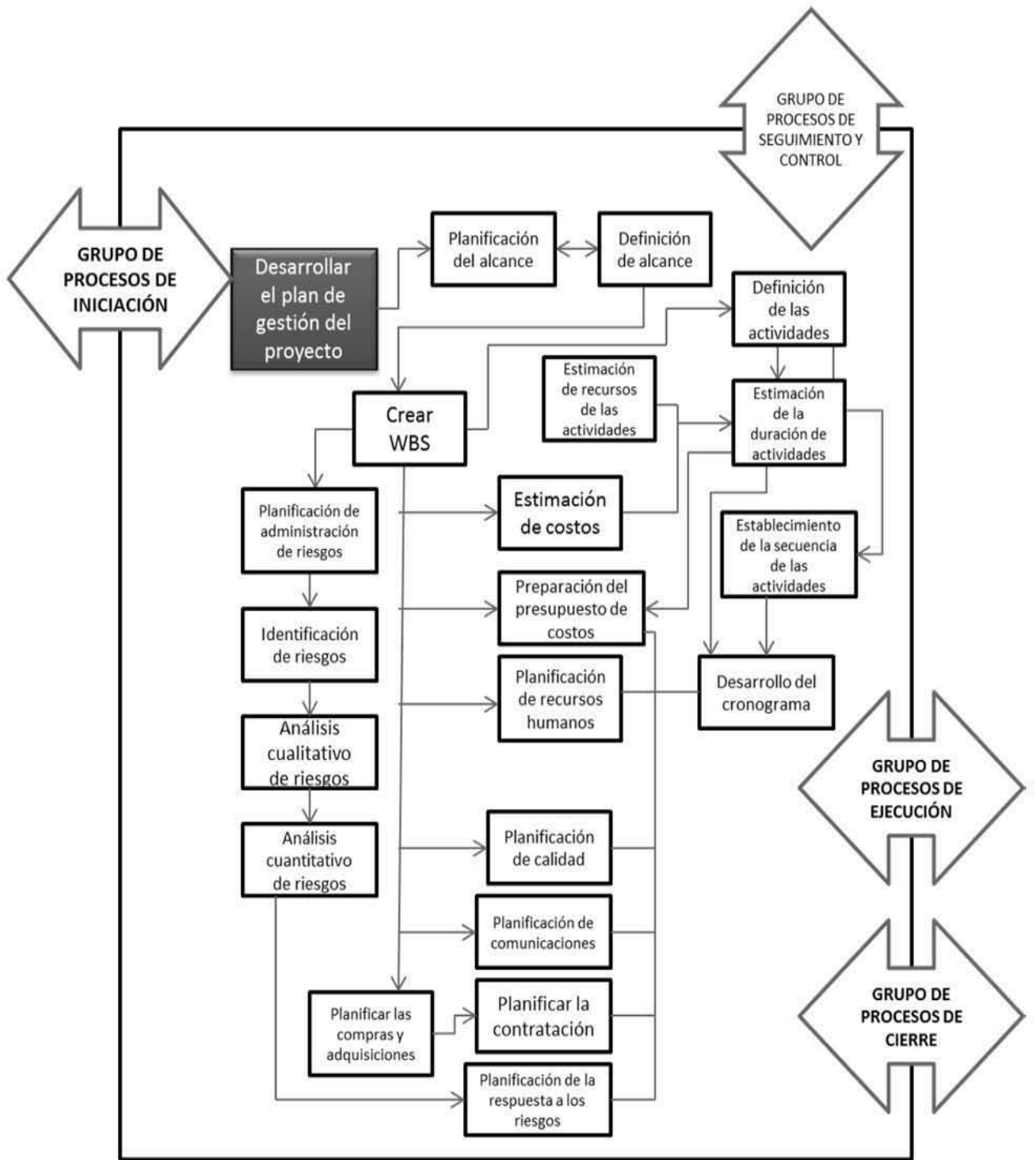
Los cambios significativos durante el ciclo de vida del proyecto provocan la necesidad de reiterar uno o más de los procesos de planificación y posiblemente alguno de los procesos de iniciación. El grupo de procesos de planificación facilita la planificación del proyecto entre procesos múltiples.

La siguiente lista identifica los procesos que el equipo del proyecto debe abordar durante el proceso de planificación para decidir si es necesario realizarlos, y en ese caso, quién será el encargado de hacerlos.

---

<sup>13</sup> PMI, por sus siglas en inglés: Project Management Institute

<sup>14</sup> PMBOK, por sus siglas en inglés: Project Management Body of Knowledge (Fuente de conocimiento en Administración de proyectos)



**Figura1.8** Grupos de procesos de planeación.<sup>15</sup>

<sup>15</sup> Figura tomada de la guía PMBOK/p.47

Grupo de procesos de planificación incluye los siguientes procesos de dirección de proyectos, que básicamente es el proceso que el Instituto de Administración de Proyectos propone para una buena planeación:

1. Desarrollo del plan de administración del proyecto.
2. Planificación del alcance.
3. Definición del alcance.
4. Creación de la WBS.
5. Definición de las actividades.
6. Establecimiento de la secuencia de las actividades.
7. Estimación de recursos de las actividades.
8. Estimación de la duración de las actividades.
9. Desarrollo del cronograma.
10. Estimación de costos.
11. Preparación del presupuesto de costos.
12. Planificación de calidad.
13. Planificación de los recursos humanos.
14. Planificación de las comunicaciones.
15. Planificación de la administración de riesgos.
16. Identificación de riesgos.
17. Análisis cualitativo de riesgos.
18. Análisis cuantitativo de riesgos.
19. Planificación de la respuesta a los riesgos.
20. Planificación las compras y adquisiciones.
21. Planificaciór la contratación.

## **1.15. Las nueve áreas del conocimiento**

En la Dirección de Proyectos existen nueve áreas importantes de conocimiento, cada una de ellas tiene una relevancia importante durante el ciclo de vida del proyecto y nos indican todos los aspectos que se tienen que gestionar en cada etapa del mismo.

### **1.15.1. Administración de la Integración del Proyecto**

Incluye los procesos y las actividades necesarias para identificar, definir, combinar, unificar y coordinar los distintos procesos y actividades de la dirección de proyectos dentro de los grupos de procesos de dirección de proyectos. Esta integración incluye diversas características que son cruciales para concluir el proyecto y al mismo tiempo cumplir satisfactoriamente con los requisitos estipulados por los clientes e interesados. Los procesos de la gestión de la integración del proyecto incluyen:

- Desarrollar el acta de constitución del proyecto.
- Desarrollar el enunciado del alcance del proyecto.
- Desarrollar el plan de gestión del proyecto.
- Dirigir y gestionar la ejecución del proyecto.
- Supervisar y controlar el trabajo del proyecto.
- Control Integrado de Cambios.
- Cerrar Proyecto.

### **1.15.2. Administración del Alcance del Proyecto**

Debemos comenzar por definir el alcance del proyecto, este es el trabajo que debe realizarse para entregar un producto, servicio o resultado con las funciones y características especificadas.

El proyecto da como resultado un único producto, por lo anterior, la administración del alcance de producto se mide en comparación con sus requisitos, por lo que es necesario que la gestión del alcance del proyecto esté bien integrada con los procesos de las otras áreas de conocimiento.

La administración del alcance del proyecto incluye los procesos que se necesitan para asegurar únicamente el cumplimiento del trabajo requerido y para completar con éxito el proyecto. Básicamente se encarga de la definición y el control de lo que está o no incluido en el proyecto, los procesos que incluye son:

- Planificación de Alcance.
- Definición del Alcance.
- Creación de una Estructura de Desglose de Trabajo (WBS).
- Verificación del Alcance.
- Control del Alcance.

### **1.15.3. Administración del Tiempo del Proyecto**

Incluye los procesos que se requieren para que terminar el proyecto a tiempo. Estos procesos son:

- Definir las actividades.
- Establecer de la secuencia de las actividades.
- Estimar los recursos de las actividades.
- Estimar de la duración de las actividades.
- Desarrollar del cronograma.
- Controlar el cronograma.

#### **1.15.4. Administración de los Costos del Proyecto**

Incluye los procesos involucrados en la planificación, estimación, preparación del presupuesto y control de costos para que el proyecto pueda ser completado dentro del presupuesto aprobado, dichos procesos son:

- Estimar costos.
- Preparar el presupuesto de costos.
- Controlar los costos.

#### **1.15.5. Administración de la Calidad del Proyecto**

Para comenzar debemos hablar de calidad: “Es el grado en el que un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos”<sup>16</sup>. El grado es una categoría asignada a productos o servicios que tienen el mismo uso funcional pero diferentes características técnicas.

Incluye los procesos y las actividades de la organización ejecutante que van a determinar las políticas, los objetivos y las responsabilidades relativas a la calidad, de modo que el proyecto satisfaga las necesidades que motivaron su creación. Implementa el sistema de gestión de calidad a través de políticas y procedimientos, con actividades continuas de mejora de procesos realizadas a lo largo de todo el proyecto, estos procesos son:

- Planificar la calidad.
- Realizar aseguramiento de calidad.
- Realizar control de calidad.

Abordar la administración del proyecto y el producto, las medidas y técnicas de calidad son específicas del producto en particular producido por el proyecto.

---

<sup>16</sup> Definición según la American Society for Quality, 2000.



### **1.15.6. Administración de los Recursos Humanos del Proyecto**

Incluye procesos cuyo fin es organizar y dirigir el equipo del proyecto, mismo que está compuesto por personas con roles y responsabilidades específicos, dicho equipo debe participar en gran parte en la planeación y toma de decisiones.

El equipo de dirección del proyecto es un subgrupo del equipo del proyecto y es responsable de las actividades de dirección de proyectos, tales como la planificación, el control y el cierre. Este grupo puede denominarse equipo de liderazgo.

La participación temprana del equipo de trabajo puede aportar experiencia y fortalecer el compromiso con el proyecto, estos procesos son:

- Planificar los recursos humanos.
- Adquirir el equipo del proyecto.
- Desarrollar el equipo del proyecto.
- Gestionar el equipo del proyecto.

### **1.15.7. Administración de Comunicaciones del Proyecto**

Incluye los procesos requeridos para asegurar la generación, recopilación, distribución, almacenamiento, recuperación y disposición final, oportuna y apropiada de la información del proyecto en tiempo y forma, para proporcionar enlaces cruciales entre las personas y la información, necesarios para comunicaciones exitosas, dichos procesos constan de:

- Planificar las comunicaciones.
- Distribuir la información.
- Informar el rendimiento.
- Administrar a los interesados.

### **1.15.8. Administración de Riesgos del Proyecto**

Incluye los procesos relacionados con la planificación de la administración de riesgos, la identificación y el análisis de los riesgos, las respuestas a los riesgos, y el seguimiento y control de riesgos de un proyecto. Los objetivos de la administración de los riesgos del proyecto son aumentar la probabilidad y el impacto de eventos positivos así como disminuir la probabilidad y el impacto de eventos adversos para los objetivos del proyecto, en general los procesos incluyen:

- Planificar la administración de riesgos.
- Identificar de riesgos.
- Análisis cualitativo de riesgos.
- Análisis cuantitativo de riesgos.
- Planificar la respuesta a los riesgos.
- Seguimiento y control de riesgos.

### **1.15.9. Administración de Adquisiciones del Proyecto**

Incluye los procesos para adquirir los productos, servicios o resultados que son necesarios para realizar el trabajo, además de incluir los procesos de administración del contrato y del control de cambios necesarios para administrar contratos u órdenes de compra. La administración de las adquisiciones del proyecto también implica administrar todos los contratos emitidos por una organización externa que está adquiriendo el proyecto a la organización ejecutante, y administrar las obligaciones del equipo del proyecto en virtud del contrato. Los procesos que incluye son:

- Planificar las compras y adquisiciones.
- Planificar la contratación.

- Solicitar respuestas de vendedores.
- Seleccionar vendedores.
- Administrar contratos.
- Cerrar contratos.

Las diferentes actividades implicadas en los procesos de administración de las adquisiciones del proyecto forman el ciclo de vida de un contrato. Al gestionar activamente el ciclo de vida del contrato y redactar cuidadosamente los términos y condiciones del contrato, se pueden evitar o mitigar algunos riesgos identificables del proyecto. Celebrar un contrato por productos o servicios es uno de los métodos para asignar la responsabilidad de gestionar o asumir posibles riesgos.

### **1.16. Metodología de administración de proyectos de inversión (FEL)<sup>17</sup>**

Es un proceso encargado de establecer el grado de definición del proyecto de inversión, es decir, va a indicar ¿Cuál? y con ¿Cuánta? información se cuenta, así como la calidad de la misma en distintos momentos o fases del planteamiento del proyecto.

Los objetivos del proyecto deben estar alineados con los objetivos del negocio, para desarrollar el más eficiente diseño de proceso y del plan de ejecución. FEL continúa hasta que se termina de seleccionar el proyecto adecuado y no termina hasta finalizar completamente el paquete de diseño básico.

El FEL se debe acoplar a las necesidades de la compañía y de cada proyecto en términos de escala y complejidad, con metas y lineamientos bien definidos y comprendidos por el equipo involucrado en el proyecto para integrarlos en el proceso. Resulta indispensable realizar un plan de FEL, el cuál debe contar como mínimo con carta de proyecto, plan de control que incluya presupuesto y programa para las fases del proyecto, plan de ejecución y equipo multidisciplinario.

---

<sup>17</sup> FEL, por sus siglas en inglés: Front End Loading.

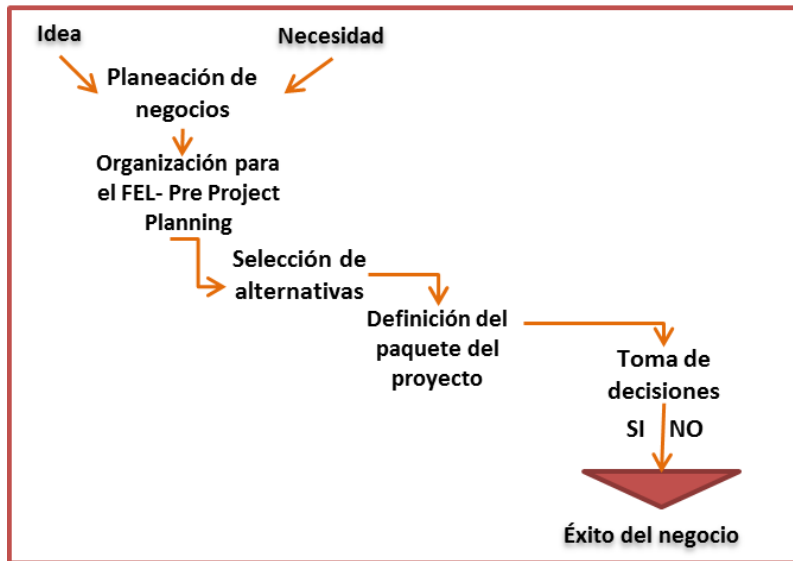


Figura 1.9 Etapas del Front End Loading.<sup>18</sup>

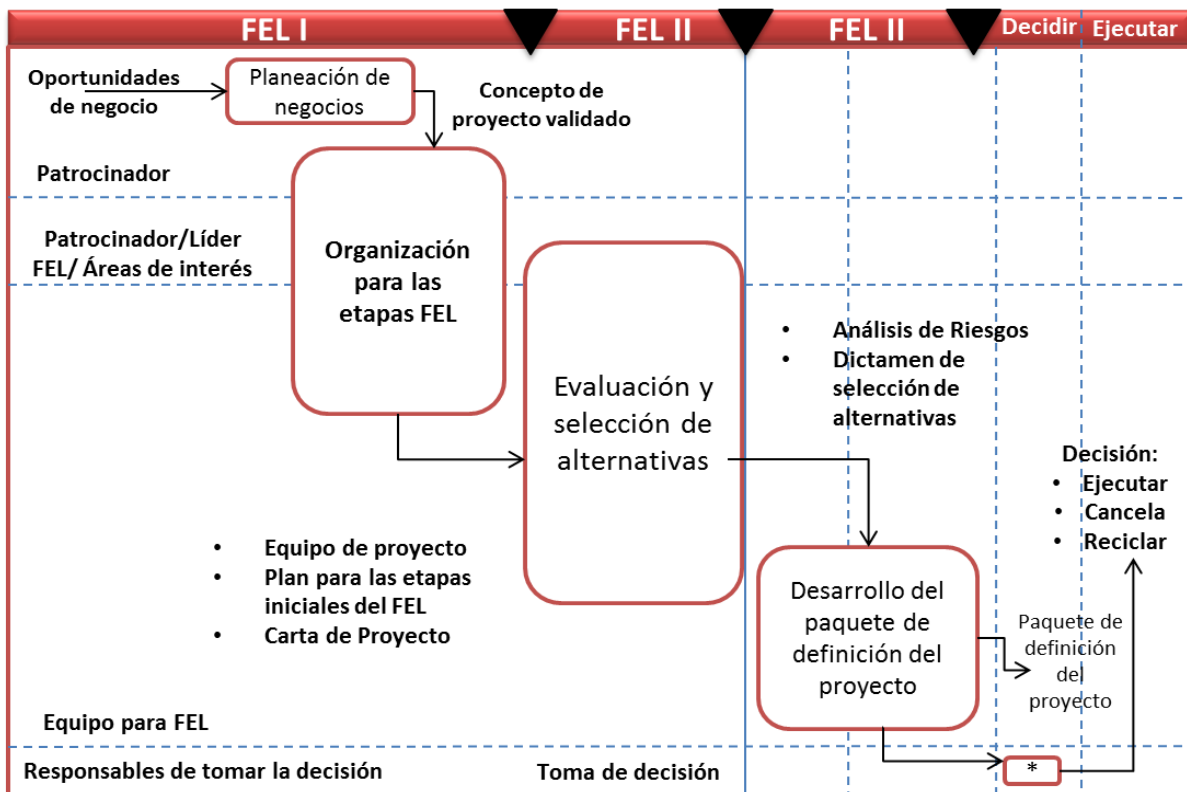
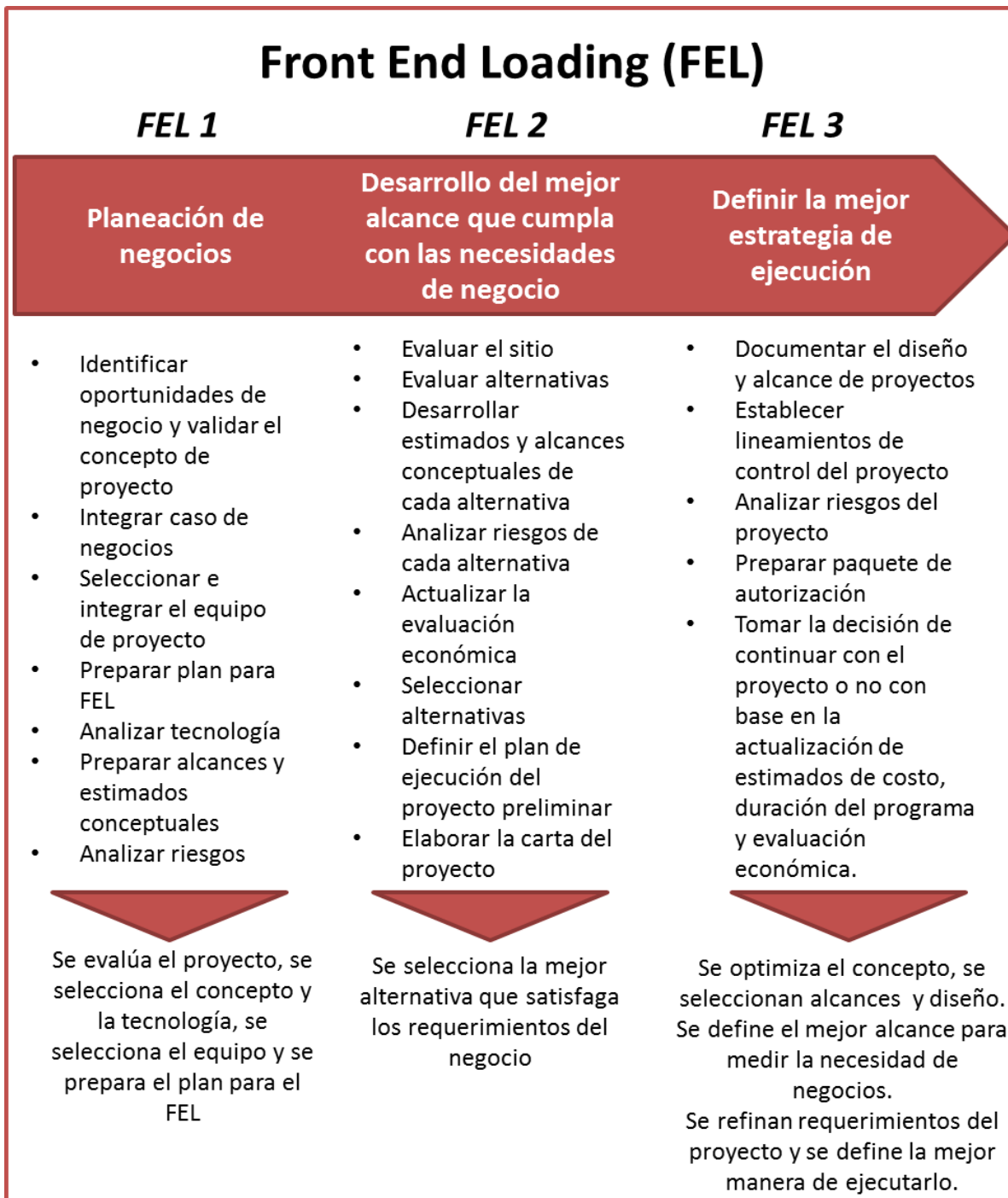


Figura 1.10 Modelo de procesos Front End Loading.<sup>19</sup>

<sup>18</sup> Figura tomada de presentación de Claudia Flores Alonso, 27 de septiembre de 2006.



**Figura 1.11** Front End Loading.<sup>20</sup>

<sup>19</sup> Presentación de Claudia Flores Alonso. Definición inicial del proyecto FEL, una mejor práctica para incrementar el desempeño de los proyectos.

<sup>20</sup> Presentación de Claudia Flores Alonso. Definición inicial del proyecto FEL, una mejor práctica para incrementar el desempeño de los proyectos.

La buena ejecución del FEL tiene como beneficios:

- Reducir el costo y programa del proyecto hasta un 20% del monto y tiempos autorizados.
- Minimizar la variabilidad de los resultados del proyecto en términos de costo, programa y operatividad.
- Incrementar la oportunidad de cumplir con objetivos ambientales y sociales
- Incrementar la posibilidad de mejorar los logros en objetivos de negocio.
- Mejorar la definición de riesgos y reducir la posibilidad de cambios de alcance.

### **1.17. Motivos de éxito o fracaso de un proyecto**

De acuerdo al “Project Management Practitioner’s Handbook”, el éxito o fracaso del proyecto, anteriormente se atribuía a una mala estructura de desglose de trabajo y horarios, en la actualidad se considera resultado de conductas equivocadas en ciertas circunstancias, tales factores de comportamiento y la estructura de desglose de trabajo se reflejan de manera importante en el éxito o fracaso del proyecto.

La clave para el éxito del proyecto es ser capaz de reconocer cuando empieza a fallar. Hacer eso exige el mantenimiento de un circuito de retroalimentación en todo el ciclo del proyecto. La eficacia de la retroalimentación depende de un flujo constante de información de calidad entre el director del proyecto, los miembros del equipo, el cliente, y la alta dirección. A continuación se muestran dos tablas, que enumeran algunas de los motivos principales para el éxito o fracaso del proyecto.

**Tabla 1.3.** Motivos de fracaso de los proyectos.<sup>21</sup>

| <b>Clásico</b>   | <b>Conducta</b>   |
|--|---|
| Definición de la estructura de desglose de trabajo                 | Estilo de liderazgo inadecuado                                    |
| Programación de alto nivel   | Falta de visión común   |
| Falta de información de infraestructura                            | Expectativas poco realistas                                       |
| Estimaciones demasiado optimistas o pesimistas.                    | Comunicaciones informales y relaciones interpersonales carentes.  |
| Falta disciplina de Administración de cambio                       | Falta de compromiso por parte de los clientes o trabajadores.     |
| Comunicación formal inadecuada                                     | Moral baja  |
| Ineficiente distribución de los recursos                           | Falta de información  |
| Falta de rendición de cuentas y responsabilidad de resultados      | Trabajo en equipo pobre   |
| Incorrecta definición de funciones                                 | La cultura no conduce a la gestión de proyectos                   |
| Falta de herramientas  | Falta de confianza entre los trabajadores                         |
| Alcance definido   | Expectativas falsas o poco realistas                              |
| Requerimientos poco claros   | Ausencia de patrocinio ejecutivo o un débil patrocinio ejecutivo. |
| Marco de tiempo demasiado alto, demasiado tiempo o demasiado corto | Mediocre transferencia de conocimientos                           |

<sup>21</sup> Tabla tomada del "Project Management Practitioner's Handbook"/p.12-14

**Tabla 1.4.** Motivos de éxito de los proyectos.<sup>22</sup>

| <b>Clásico</b>  | <b>Conducta</b>                                       |
|---|---|
| Metas y objetivos bien definidos                      | Acuerdos sobre las metas y objetivos                  |
| Estructura de desglose de trabajo detallado           | Compromiso con logro de metas y objetivos             |
| Relaciones claras de notificación                     | Moral Alta  |
| Disciplinas formales de gestión de cambio en el lugar | Buen trabajo en equipo                                |
| Presencia de canales de comunicación                  | Cooperación de todos los participantes                |
| Cumplimiento del alcance                              | Receptividad de retroalimentación positiva y negativa |
| Estimaciones confiables                               | Cultura receptiva a la gestión de proyectos           |
| Monitoreo confiable y técnicas de seguimiento         | Expectativas realistas                                |
| Requerimientos claros                                 | Buena resolución de conflictos                        |
| Periodo de tiempo razonable                           | Patrocinio ejecutivo                                  |
| Distribución general del trabajo                      | Buena relación cliente - proveedor                    |

Las razones por las que fallan los proyectos son:

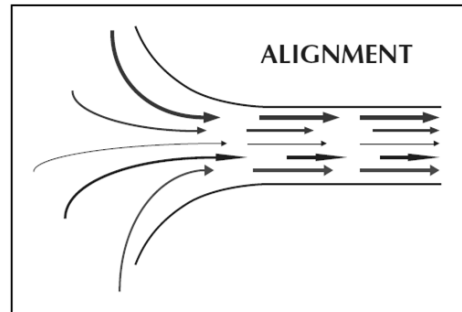
- Selección del proyecto incorrecto.
- Mala definición del alcance.
- Falta de control del proyecto.

<sup>22</sup> Tabla tomada del "Project Management Practitioner's Handbook"/p.12-14



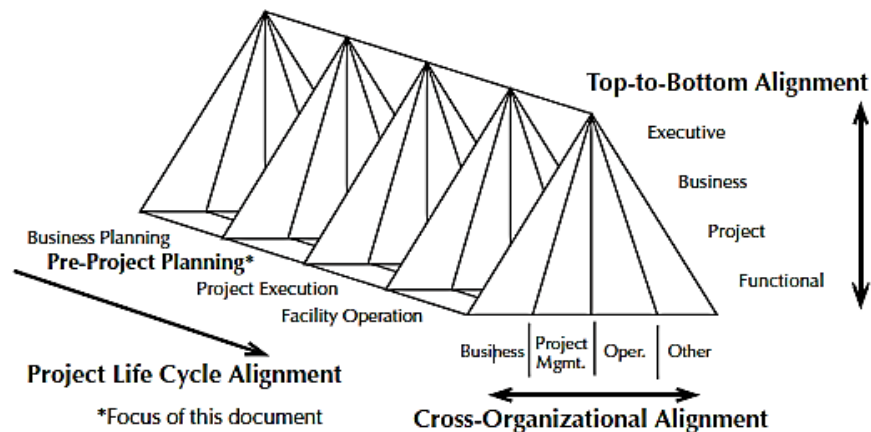
### 1.18. Evaluación del índice de alineación del proyecto

La alineación es la condición en la que todos los participantes de un proyecto conocen y entienden de la misma forma los objetivos del proyecto.



**Figura 1.12** Representación gráfica del concepto de alineación.<sup>23</sup>

El concepto de alineación adquiere sentido cuando en el proyecto trabajan grupos interdisciplinarios, cada grupo interpretará de forma distinta los objetivos del proyecto. Si cada uno de los elementos del grupo que trabaja en el proyecto no logra entender de la misma forma los objetivos, no existirá alineación. La alineación se realizará en tres dimensiones, que abarca todo el proyecto como se puede observar en la figura 1.12.



**Figura 1.13** Esquema de alineación organizacional para un proyecto.<sup>24</sup>

<sup>23</sup> Figura tomada de Construction Industry Institute "Alignment During Pre- Project Planning" /p. 2

<sup>24</sup> Figura tomada de Construction Industry Institute "Alignment During Pre- Project Planning" /p. 3

Los proyectos suelen cambiar especialmente durante las etapas tempranas de planeación, al inicio del proyecto cualquiera de los grupos participantes puede influir mucho en la configuración del proyecto, pero conforme se avanza en él esta influencia decae hasta hacerse muy pequeña en la etapa final. Esta exposición se va a centrar específicamente en la alineación durante la planeación del pre-proyecto.

La etapa del pre-proyecto está definida por el Instituto de la Industria de la Construcción de la siguiente manera: Es el proceso mediante el cual se recaba la información estratégica necesaria, con la que los dueños del proceso pueden ubicar el riesgo y reunir recursos para maximizar las posibilidades del éxito del proyecto.

Los factores que pueden afectar la alineación se pueden clasificar en cinco categorías.

1. Cultura.
2. Ejecución del proceso.
3. Información.
4. Herramientas de planeación.
5. Otras barreras.

Existen diez factores críticos que favorecen la alineación:

1. Los afectados por el proyecto están representados apropiadamente.
2. El líder del proyecto está definido, es efectivo y es confiable.
3. La prioridad entre costos, tiempos y requerimientos es clara.
4. La comunicación entre el equipo de trabajo y los afectados es abierta y clara.
5. Las reuniones de trabajo son efectivas.

6. La cultura del equipo incluye confianza, honestidad y valores compartidos.
7. La pre-planeación incluye tiempo para la difusión de los objetivos.
8. Existen sistemas de recompensa y reconocimiento cuando se alcanzan los objetivos.
9. El trabajo en equipo está programado.
10. Las herramientas de planeación son utilizadas de forma efectiva

Dentro de las herramientas de planeación podemos encontrar: termómetro de alineación; video conferencias; misión y visión empresarial; análisis de escenarios.

El termómetro de alineación es una herramienta de auto evaluación que ayuda a evaluar y mejorar al equipo de trabajo en su desempeño de acuerdo a los diez puntos mencionados anteriormente.

El procedimiento básico para el uso del termómetro es el siguiente:

1. Aplicar un cuestionario a cada uno de los miembros del equipo.
2. Los encuestados deberán escoger de entre una escala del 1 al 5 según estén de acuerdo con las afirmaciones del cuestionario.
3. Se procede a hacer el conteo de puntos y los resultados se grafican.
4. Los resultados obtenidos se comparten con el equipo.
5. Al final, el objetivo de la alineación es colocar al proyecto en la zona “camino al éxito” del termómetro de alineación.

En el Anexo 2 se muestra un ejemplo de aplicación del termómetro de alineación.

### 1.19. Evaluación del índice de definición del proyecto (PDRI)<sup>25</sup>

La PDRI es una lista de verificación de setenta elementos básicos en la definición del alcance de un proyecto y se puede encontrar en forma de hoja de calificación. Al ser debidamente llenado se transforma en una herramienta útil para medir el grado de definición de alcance de un proyecto. Tiene como objetivo ayudar en la planificación de los proyectos para la construcción e infraestructura calificando el grado de definición del alcance durante el proceso Front End Loading.

La evaluación del índice de definición de un proyecto proporciona un medio para todos los participantes en el proyecto de comunicación y suele conciliar las diferencias con una herramienta objetiva de una base común para el proyecto, es la única herramienta práctica, no patentada de su tipo, que permite al equipo de planificación identificar los riesgos relacionados con la definición del alcance del proyecto. Una de las ventajas es que se puede personalizar para satisfacer las necesidades de cualquier empresa, además de ser adaptable para el desarrollo de pequeños alcances del proyecto. La evaluación consta de tres secciones principales, cada uno de ellos está dividido en una serie de categorías que, a su vez, se desglosan en múltiples elementos. La puntuación se realiza mediante la evaluación y la determinación de niveles por elementos individuales.

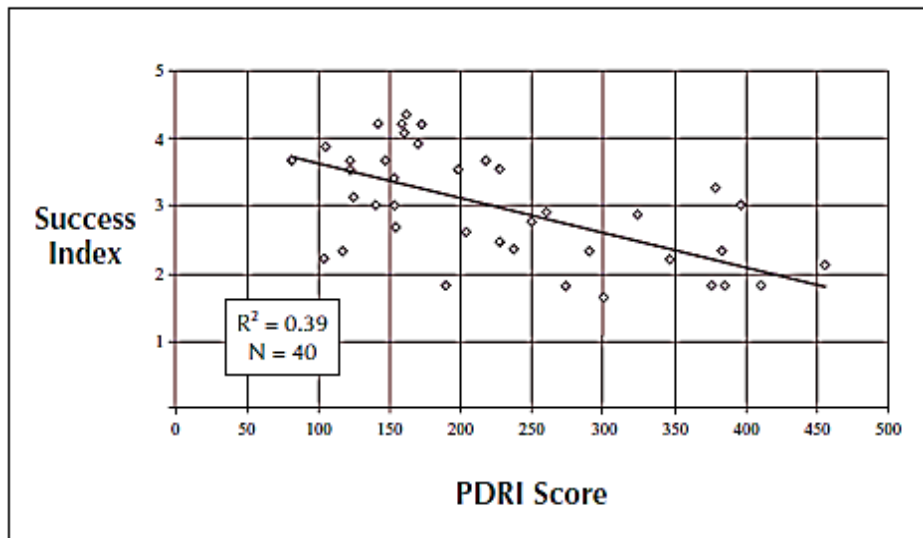
**Tabla 1.5.** Definición de niveles PDRI.<sup>26</sup>

|   |                                    |
|---|------------------------------------|
| 0 | No aplicable                       |
| 1 | Definición completa                |
| 2 | Deficiencias menores               |
| 3 | Algunas deficiencias               |
| 4 | Deficiencias mayores               |
| 5 | Definición incompleta o deficiente |

<sup>25</sup> PDRI, por sus siglas en inglés: Project Definition Rating Index.

<sup>26</sup> Tabla tomada de Construction Industry Institute "Project Definition Rating Index" /p.8

La evaluación del índice de definición del proyecto es una herramienta que se basó en la experiencia de 54 jefes de proyecto, por lo que se puso a prueba en proyectos reales para comprobar su viabilidad, se pudo elegir un total de 40 proyectos para la prueba; se logró calcular para cada proyecto una puntuación PDRI.



**Figura 1.14** Éxito vs Puntuación.<sup>27</sup>

La figura 1.14 muestra, que a menor puntuación, la definición de alcance de proyecto está mejor definida y que un factor de éxito más alto indica un proyecto más exitoso.

De acuerdo al análisis del equipo de investigación, se pudo encontrar que existe una tendencia entre los bajos puntajes y los altos niveles de éxito del proyecto. Una puntuación menor o igual a 200 aumenta la previsibilidad de obtener resultados satisfactorios.

El PDRI solo, no garantizará proyectos exitosos, pero si se combina con la planificación sólida de negocios, la alineación del equipo y la ejecución del proyecto, puede mejorar enormemente la probabilidad de cumplir o superar los objetivos del proyecto.

<sup>27</sup> Figura tomada de Construction Industry Institute “ PDRI and Alignment” /p.7

En resumen los beneficios del PDRI son:

- Permitir monitorear el avance de las etapas durante FEL
- La lista de verificación se puede usar en un equipo de proyecto para determinar los pasos necesarios para continuar definiendo el alcance del proyecto.
- Enfocar la atención en las deficiencias del alcance y predecir la probabilidad de éxito del proyecto.
- Mejorar la alineación de objetivos del equipo y su comunicación.
- Mejorar el desempeño de la administración durante el diseño y la construcción
- Optimizar costo y tiempo
- Una herramienta que puede ayudar a favorecer la comunicación entre dueños y contratistas de diseño para resaltar las áreas pobremente definidas en un paquete de definición de alcance.

Ya se cuenta con una hoja electrónica del índice de evaluación y sus atributos básicos. La tabla puede ser consultada en el apéndice 2.

En términos generales al conjuntar todas estas herramientas se puede llevar a cabo una planeación más eficaz, reduciendo significativamente el tiempo, el costo y los riesgos asociados a cualquier proyecto, obteniendo a su vez el cumplimiento de los objetivos con la calidad necesaria.

## CAPÍTULO 2. Administración de Riesgos de Proyectos

### 2.1. Introducción

Toda actividad que se realice tiene un riesgo asociado, por lo que a lo largo del ciclo de vida de los proyectos se deben identificar, cuantificar y controlar los riesgos que se presentan.

Para definir lo que es administración de riesgos, es necesario comenzar por describir primero la diferencia entre peligro y riesgo, ya que es común confundir sus significados, una vez establecida la diferencia, esto permitirá comprender mejor la definición de riesgo.

Peligro es la condición para que un evento se produzca, es decir una amenaza, y riesgo es la manera de indicar la posibilidad de que un evento se produzca.

Un riesgo de un proyecto es un evento o condición inciertos que si sucede, tiene un efecto positivo o negativo sobre al menos un objetivo del proyecto, como alcance, tiempo, costo o calidad.

Riesgo es un peligro cuantificado que puede tener una o más causas e involucra dos factores: daño que causa, es decir *consecuencia o impacto* del evento y qué tan seguido se puede esperar que ocurra dicho evento, *frecuencia o probabilidad*.

De acuerdo a lo anterior se tiene:

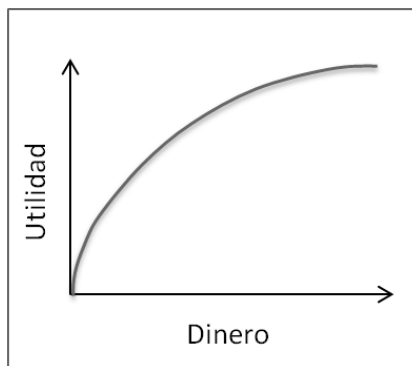
$$\text{Riesgo} = \text{Probabilidad} * \text{impacto}$$

$$\text{Por lo tanto ; } \text{Riesgo} = f(\text{probabilidad}, \text{impacto})$$

El riesgo para cada evento es una función de la probabilidad e impacto, en general a medida que aumenta la probabilidad o la consecuencia, también lo hace el riesgo.

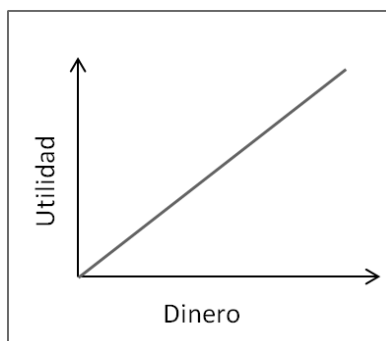
La administración de riesgos de proyectos es el proceso sistemático de planear, identificar, analizar, responder y controlar los riesgos de un proyecto tratando de maximizar la probabilidad de ocurrencia de eventos positivos y minimizar la de eventos adversos. Actualmente, se vive un ambiente competitivo en las organizaciones para responder a cambios que se presenten en cualquier momento y en distintos ámbitos, por lo que el proceso de administración de riesgos ha adquirido gran importancia.

El director del proyecto debe hacer uso de herramientas adecuadas para hacer frente a los riesgos, esta decisión parte de la tolerancia del director del proyecto al riesgo, para esto existen tres clasificaciones, que se muestran en las figuras 2.1, 2.2, y 2.3, en donde el eje de las Y es la utilidad y representa la tolerancia del director del proyecto por el riesgo, el eje de las x es la cantidad de dinero que se encuentra en juego.



Al evitar el riesgo, el director del proyecto se inclina por algo más seguro, por lo que cuando hay más dinero de promedio, la satisfacción del director del proyecto disminuye. En esta posición se tiene baja probabilidad de perder dinero.

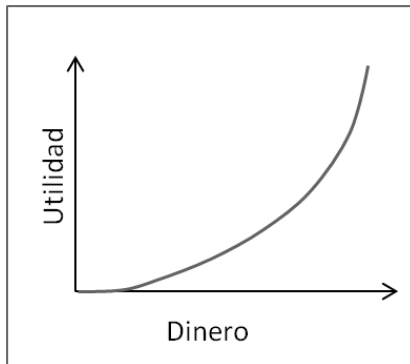
**Figura 2.1** El director del proyecto evita el riesgo.



Al ser un riesgo neutral, el director del proyecto tiene la misma probabilidad tanto de ganar como de perder dinero, arriesga un poco pero sin embargo no es amante del riesgo.

**Figura 2.2** El director del proyecto toma riesgo neutral.





En este caso, el director del proyecto, opta por un resultado más incierto y permanece dispuesto a tal vez pagar una sanción por tomar el riesgo. Como se puede observar, la tendencia indica que la satisfacción del director del proyecto aumenta cuando hay mayor cantidad de dinero en juego ya que puede tener un mayor beneficio.

**Figura 2.3** El director del proyecto acepta el riesgo.<sup>28</sup>

Para realizar administración de proyectos, es necesario ser asertivo en la *toma de decisiones* en condiciones de certeza, riesgo e incertidumbre.

- **Certeza o seguridad:** Esta condición resulta ser la más fácil ya que se cuenta con la información exacta para predecir el resultado con un alto nivel de confianza y los beneficios esperados para cada estado de la naturaleza<sup>29</sup>, mediante la realización de una matriz de pagos a partir de dos características dominantes: existe una estrategia dominante para todos los estados de la naturaleza; no existen probabilidades asignadas a cada estado de la naturaleza.
- **Riesgo:** En el caso de la toma de decisiones bajo riesgo, generalmente no se cuenta con una estrategia dominante para todos los estados de la naturaleza y los mayores beneficios suelen ir acompañados de riesgos más altos y por lo tanto mayores pérdidas probables. Cuando no existe una estrategia dominante, una probabilidad debe ser asignada a la ocurrencia de cada estado de la naturaleza.
- **Incetidumbre:** En esta condición puede existir una estrategia dominante, pero a diferencia de la condición bajo riesgo, no es posible asignar

<sup>28</sup> Figuras 2.1 a 2.3 tomadas del libro Project Management " A Systems Approach to Planning, Scheduling and Controlling" Harold Kerzner Seventh edition /p. 906

<sup>29</sup> Entienda como estado de la naturaleza, las circunstancias en las que se toma una decisión.

probabilidades significativas a cada estado de la naturaleza y la toma de decisiones se basa en cuatro criterios (Criterio de Hurwicz, criterio Wald, criterio Savage, criterio de Laplace), los cuales se asignan de acuerdo al tipo de proyecto y a la tolerancia del director del proyecto.

## **2.2. Proceso de la administración de riesgos**

### **2.2.1. Planificación de la administración de riesgos**

Es el programa de acción para la administración del riesgo en el que se desarrolla una estrategia organizada para la identificación y seguimiento de los riesgos, mediante la planificación cuidadosa del manejo de riesgo, evaluaciones continuas de riesgo, monitoreo y recursos adecuados; obteniendo como resultado el plan de administración de riesgos.

El plan de administración de riesgos, es el plan de trabajo que describe cómo se estructurará y realizará la administración de riesgos en el proyecto, en donde el equipo de proyecto se apoya para saber cómo llegar desde su posición actual, hasta donde el director del proyecto quiere llegar. Para realizar un buen RMP<sup>30</sup> es necesario que todo el equipo de trabajo se encuentre alineado con los objetivos y metas del proyecto, para elegir la mejor forma de proceder y estén conscientes de las actividades y responsabilidades correspondientes a cada área.

El plan de administración de riesgos debe considerar lo siguiente:

- Herramientas, métodos y fuentes de información necesarias para la administración de riesgos.
- Asignación de miembros del equipo de trabajo para cada actividad del RMP así como sus roles y responsabilidades.

---

<sup>30</sup> RMP, por sus siglas en inglés: Risk Management Plan.

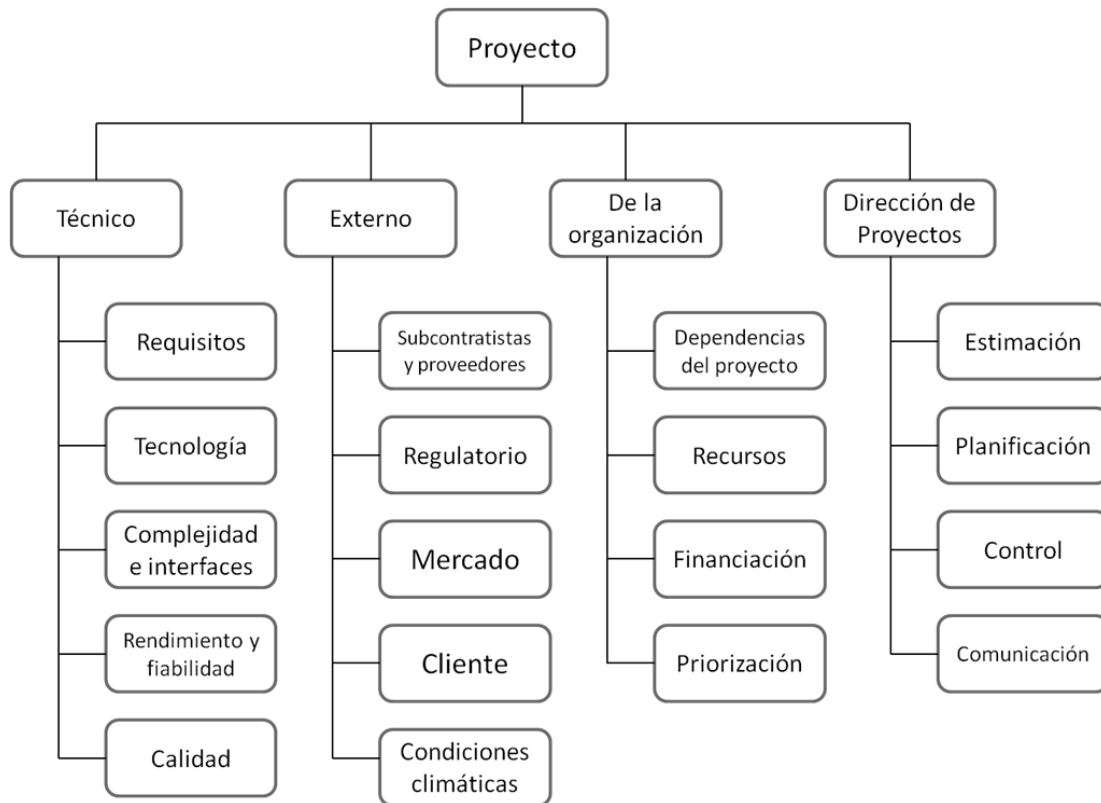
- Asignar recursos y estimar costes necesarios en la administración de riesgos, sin olvidar considerarlos en la línea base de coste del proyecto.
- Definir periodicidad, es decir indicar cuándo y con qué frecuencia, a lo largo del ciclo de vida del proyecto, se realizará el proceso de gestión de riesgos y establecer las actividades que se incluirán en el cronograma del proyecto.
- Establecer un método de categorización de riesgos, permite una identificación sistemática de los riesgos para ubicarlos de forma efectiva y de calidad, un método es la estructura de desglose del riesgo RBS<sup>31</sup>. “Una buena práctica es revisar las categorías de riesgo durante el proceso planificación de la administración de riesgos antes de usarlas en el proceso Identificación de riesgos.”<sup>32</sup>

Más adelante la figura 2.4 muestra un ejemplo de estructura de desglose de riesgo, en donde se pueden observar las categorías y subcategorías, que son las fuentes de donde pueden surgir riesgos para un proyecto típico, sin olvidar que para cada proyecto y organización puede ser apropiado un RBS particular.

---

<sup>31</sup> RBS, por sus siglas en inglés: Risk Breakdown Structure.

<sup>32</sup> Tomado de la guía PMBOK/p. 243.



**Figura 2.4** Ejemplo de una estructura de desglose de riesgo.<sup>33</sup>

- Establecer las definiciones generales de los niveles de probabilidad e impacto de los riesgos del proyecto para ser utilizados posteriormente en el análisis cualitativo de riesgos. Se pueden utilizar probabilidades numéricas en base a una escala general, por ejemplo 0.1; 0.3; 0.5; 0.7; 0.9. Si se produce un riesgo, la escala de impacto refleja la importancia del mismo por las amenazas y oportunidades que genera en cada objetivo del proyecto.
- Matriz de probabilidad e impacto, sirve para priorizar los riesgos y sean calificados según su importancia, “alta”, “moderada”, o “baja” para planear consecutivamente su respuesta. La tabla 2.1, muestra definiciones de impacto de riesgos para cuatro objetivos del proyecto.

<sup>33</sup> Figura tomada de la guía PMBOK/p. 244.

**Tabla 2.1.** Definición de escalas de impacto para cuatro objetivos del proyecto.<sup>34</sup>

| <b>Objetivo del proyecto</b> | <b>Muy bajo 0.05</b>                         | <b>Bajo 0.10</b>                                     | <b>Moderado 0.20</b>   | <b>Alto 0.40</b>   | <b>Muy alto 0.80</b>   |
|------------------------------|--|--|--|--|--|
| <b>Costo</b>                 | Aumento de coste insignificante              | Aumento del coste <10%                               | Aumento del coste del 10%-20%                                      | Aumento del coste del 20%-40%                            | Aumento del coste >40%   |
| <b>Tiempo</b>                | Aumento de tiempo insignificante             | Aumento del tiempo <5%                               | Aumento del tiempo del 5%-10%                                      | Aumento del tiempo del 10%-20%                           | Aumento del tiempo >20%  |
| <b>Alcance</b>               | Disminución del alcance apenas perceptible   | Áreas de alcance secundarias afectadas               | Áreas de alcance principales afectadas                             | Reducción del alcance inaceptable para el patrocinador   | El elemento terminado del proyecto es efectivamente inservible |
| <b>Calidad</b>               | Degradación de la calidad apenas perceptible | Sólo las aplicaciones muy exigentes se ven afectadas | La reducción de la calidad requiere la aprobación del patrocinador | Reducción de la calidad inaceptable para el patrocinador | El elemento terminado del proyecto es efectivamente inservible |

En la tabla 2.1 se exponen ejemplos sólo para impactos negativos, pero es pertinente mencionar que de forma similar puede desarrollarse una escala para las oportunidades.

- Se deben revisar tolerancias de los interesados, debido a que se aplican al proyecto.
- Formatos de informe que describen el contenido y formato de registro de riesgos, en donde se define cómo se analizarán e informarán los resultados de procesos de administración de riesgos.
- Documentar cómo serán registradas las facetas de actividades de riesgo y en caso de ser auditados, cómo se realizará la auditoría de los procesos de gestión de riesgos.

<sup>34</sup> Tabla tomada de la guía PMBOK/p. 245.

### **2.2.2. Evaluación de riesgos**

En esta etapa se define el problema de la administración de riesgos en donde se identifican, analizan y cuantifican los problemas del programa en términos de probabilidad y consecuencias, es una de las fases más importantes y consume mucho tiempo del proceso de gestión de riesgos, existen herramientas que ayudan al evaluador de riesgos, sin embargo ninguna es absoluta o infalible, por esto es indispensable que el usuario comprenda perfectamente cómo aplicarla y cómo interpretar los resultados, lo obtenido en esta fase representa un gran impacto positivo o negativo en los resultados del programa.

### **2.2.3. Identificación de riesgos**

En el proyecto existe una gran cantidad de riesgos potenciales, es por esto que el director del proyecto, miembros del equipo de proyecto, expertos en la materia, clientes, usuarios, otros directores, interesados y expertos en la gestión de riesgos, deben identificar y documentar los riesgos del proyecto, de manera que sea posible comprender su importancia y causas al inicio y a medida que el proyecto avanza, para lo anterior se cuenta con ciertos métodos de identificación de riesgos. Los métodos de identificación se basan en la clasificación del riesgo en función de su origen, y la mayoría de las fuentes son:

Objetivas: En base a la experiencia previa de proyectos anteriores o similares.

Subjetivas: En base a la experiencia y conocimiento de expertos en la materia.

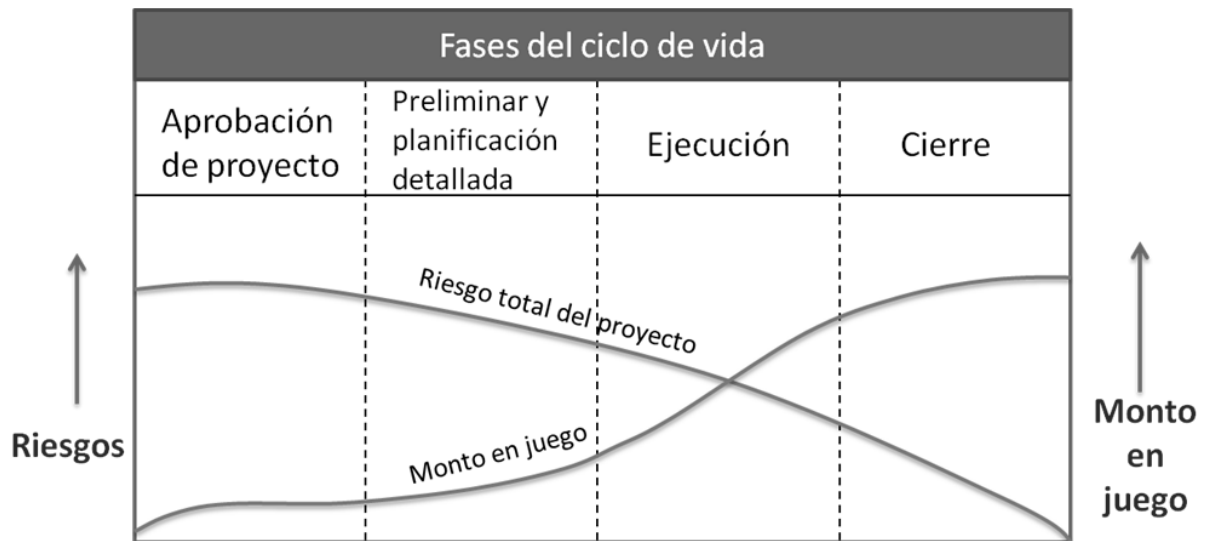
Algunas técnicas utilizadas para la identificación de riesgo son las técnicas de juicio de expertos en las que destacan: Técnica Delphi; Técnica de grupo nominal.<sup>35</sup>

Los riesgos pueden ser identificados de acuerdo a las fases del ciclo de vida del proyecto, al principio el riesgo total es alto ya que se cuenta con poca

---

<sup>35</sup> La técnica de grupo nominal, permite al grupo de trabajo llegar a un consenso en la importancia que tiene algún problema de acuerdo a las prioridades establecidas por el grupo.

información y posteriormente el riesgo financiero es el que se vuelve más alto, esto se observa en la figura 2.5.



**Figura 2.5** Análisis de riesgos en el ciclo de vida del proyecto.<sup>36</sup>

De acuerdo al análisis de la figura 2.5, en las etapas iniciales del proyecto, el riesgo total es alto y resulta ser así, ya que existen motivos clave que lo promueven como pueden ser: definición pobre de problema, carencia de expertos en la materia y de un estudio de viabilidad, objetivos no claros, ausencia de un plan de administración de riesgos, especificaciones pobres, poca experiencia del equipo, panorama sombrío, entre otros. Conforme avanza el proyecto, se cuenta con mayor información y por lo tanto se esclarecen dichos motivos, en consecuencia, el riesgo total del proyecto disminuye. Por el contrario en las etapas de ejecución y cierre del ciclo de vida del proyecto los costos incrementan y los motivos que lo promueven pueden ser: disponibilidad de materiales, huelgas, modificación en el alcance y cronograma del proyecto, baja calidad y rechazo del cliente, cambios en la construcción, problemas en el flujo de efectivo, entre otros.

<sup>36</sup> Figura tomada del libro Project Management " A Systems Approach to Planning, Scheduling and Controlling" Harold Kerzner Seventh edition /p. 917

Conforme a lo planteado en la guía PMBOK, para obtener una buena identificación de riesgos es indispensable realizar una exhaustiva recopilación de información, para lo que se cuenta con las siguientes técnicas:

- Tormenta de ideas: Se obtiene una lista coherente de riesgos potenciales del proyecto, durante el proceso se pueden presentar fricciones en el grupo multidisciplinario de expertos ajenos al equipo por la jerarquía organizacional, es por eso que el facilitador, debe ser una persona capaz de conducir al grupo de manera efectiva. Una vez identificados los riesgos, estos se categorizan por su tipo.
- Técnica Delphi: Anteriormente se señaló que es una técnica de juicio de expertos, lo cual es afín con su procedimiento, ya que se llega a un consenso de expertos en forma anónima e independiente para evitar sesgos e influencias y llegar a la solución de un problema específico, contestan un cuestionario para solicitar ideas acerca de los riesgos importantes del proyecto, las respuestas se resumen y se hace una retroalimentación circulando nuevamente los cuestionarios a los expertos para que realicen comentarios adicionales, tantas rondas como sean necesarias para llegar a una solución convergente.
- Entrevistas: Se realizan entrevistas a participantes experimentados del proyecto, interesados y expertos en la materia.
- Identificación de la causa: Se realiza una investigación de las causas esenciales de los riesgos.
- Análisis de debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades (DAFO): Se aumenta el espectro de los riesgos considerados, mediante el examen del proyecto, desde cada una de las perspectivas de análisis de DAFO.



Para concluir esta etapa, se deben documentar los riesgos, por lo que se genera un registro de riesgos que incluye: lista de riesgos identificados; lista de posibles respuestas; causas de los riesgos y categorías de riesgos.

### **2.2.3.1. Categorías de riesgos**

Para identificar problemas de riesgo, los evaluadores deben desglosar los elementos de las fases del programa a un nivel que les permita realizar evaluaciones válidas, o crear una estructura de desglose de trabajo (WBS) en un enfoque estructurado para evaluar posibles categorías de riesgo.

De acuerdo al Project Management Institute, los riesgos los podemos categorizar de la siguiente forma:

- **Riesgos externos:** Están fuera del control del director de proyecto, pero pueden afectar la dirección del proyecto.

Externo – Impredecible: Regulaciones del gobierno, riesgos naturales, actos de Dios.

Externo – Predecible: Costo de dinero, tasas de préstamos, disponibilidad de materia prima.

- **Riesgos internos:** Pueden estar bajo el control del director del proyecto y la actual incertidumbre que pueda afectar al proyecto.

Interno (No técnico): Paro de laborales, problemas de flujo de caja, cuestiones de seguridad, salud, planes de beneficios.

- **Riesgo técnico:** Relacionados con el empleo de la tecnología y su impacto en la dirección del proyecto.

Técnico: Cambios tecnológicos, cambios en el estado de la técnica, problemas de diseño, cuestiones de operación/mantenimiento.

- **Riesgo legal:** Todo lo relacionado con las licencias, derechos de patentes, litigios, rendimiento subcontratista, insuficiencia contractual.

#### **2.2.4. Análisis de riesgos**

Es un proceso técnico y sistemático para examinar riesgos identificados, aislar las causas y determinar su relación con otros riesgos, expresando el impacto o consecuencia en términos de probabilidad y consecuencia de la ocurrencia.

El análisis debe ser realizado por un equipo multidisciplinario conformado por expertos analistas en diversas áreas, cuyo objetivo es recopilar información suficiente sobre las cuestiones de riesgo.

Existen varias técnicas de análisis de riesgos, así pues, ejecutando el método apropiado se podrán analizar los riesgos para encontrar sistemáticamente las medidas preventivas o contingentes que eliminen, minimicen o controlen el riesgo.

De acuerdo al libro Project Management<sup>37</sup>, se manejan tres categorías de riesgo, que incluyen cada una un conjunto básico de tareas de evaluación que deben estar relacionadas entre sí, ésta relación requiere un análisis de apoyo entre áreas para asegurar la interacción del proceso de evaluación, dichas categorías son: evaluación de costos; evaluación de cronograma; evaluación técnica.

##### **2.2.4.1. Análisis cualitativo de riesgos**

Este análisis se basa en la experiencia de quienes llevan a cabo el análisis, datos acerca de riesgos del proyecto (Ej. lista de riesgos identificados) y datos de proyectos anteriores, el análisis cualitativo debe ser actualizado continuamente durante el ciclo de vida del proyecto.

---

<sup>37</sup> Libro Project Management " A Systems Approach to Planning, Scheduling and Controlling" Harold Kerzner Seventh edition /p. 1128

El análisis cualitativo de riesgos tiene como finalidad, priorizar los riesgos en términos de su probabilidad de ocurrencia e impacto sobre el proyecto, abriendo la puerta a dar tratamiento oportuno y eficaz al problema.

Una manera común de clasificación de riesgos cualitativa que advierte el impacto potencial es la siguiente:

- Alto riesgo: Representa un impacto sustancial en el costo, cronograma o en lo técnico y se debe realizar una acción para mitigar el problema poniendo suma atención en la dirección.
- Riesgo moderado: Representa un impacto en el costo, cronograma o en lo técnico, y necesariamente se debe poner mayor atención en la dirección, para mitigar el problema.
- Riesgo bajo: Representa un impacto mínimo en el costo, cronograma o en lo técnico y una supervisión normal es más que suficiente.

Los términos “alto”, “medio”, “bajo” son términos relativos, ya que tal vez un riesgo considerado como fácilmente manejable para un director de proyecto, puede resultar difícil de manejar por directores con menos experiencia, es por esto que llegar a un método para la asignación de niveles de riesgo puede ser una preocupación, por lo anterior se deben emplear escalas ordinales en combinación con el método de valor esperado en el análisis de riesgos, cuyos valores son rango ordenado y deben ser adaptadas a cada proyecto.

Para llevar a cabo el análisis cualitativo de riesgos en un proyecto, se requieren definir distintos niveles de probabilidades e impactos de los riesgos, adaptados a cada proyecto durante el proceso de planificación de la administración de riesgos para usarlas en el proceso de análisis de riesgos, por lo que es necesario contar con la estructura de desglose del riesgo ya que enumera las categorías y subcategorías de donde pueden surgir riesgos para un proyecto típico, como se observa en la tabla 2.1.

Es necesario realizar una *evaluación de probabilidad e impacto de riesgos* en los objetivos del proyecto, en la que se investiga la probabilidad de ocurrencia de cada riesgo específico, así como su posible efecto sobre los objetivos del proyecto como tiempo, costo, alcance o calidad, tanto por la amenaza que representa, como por los efectos positivos.

Como se mencionó en la sección 2.2.1, los riesgos se priorizan según sus posibles implicaciones para lograr los objetivos del proyecto, para lo cual se maneja una *matriz de probabilidad e impacto* que lleva a que un riesgo sea calificado de importancia “alta”, “moderada” o “baja”. Enseguida la tabla 2.2, muestra una matriz de probabilidad e impacto sobre un objetivo del proyecto (costo, tiempo, alcance, calidad).

**Tabla 2.2.** Matriz de probabilidad e impacto.<sup>38</sup>

| Probabilidad   | Amenazas |      |      |      |      | Oportunidades |      |      |      |      |
|----------------|----------|------|------|------|------|---------------|------|------|------|------|
| 0.90           | 0.05     | 0.09 | 0.18 | 0.36 | 0.72 | 0.72          | 0.36 | 0.18 | 0.09 | 0.05 |
| 0.70           | 0.04     | 0.07 | 0.14 | 0.28 | 0.56 | 0.56          | 0.28 | 0.14 | 0.07 | 0.04 |
| 0.50           | 0.03     | 0.05 | 0.10 | 0.20 | 0.40 | 0.40          | 0.20 | 0.10 | 0.05 | 0.03 |
| 0.30           | 0.02     | 0.03 | 0.06 | 0.12 | 0.24 | 0.24          | 0.12 | 0.06 | 0.03 | 0.02 |
| 0.10           | 0.01     | 0.01 | 0.02 | 0.04 | 0.08 | 0.08          | 0.04 | 0.02 | 0.01 | 0.01 |
| <b>Impacto</b> | 0.05     | 0.10 | 0.20 | 0.40 | 0.80 | 0.80          | 0.40 | 0.20 | 0.10 | 0.05 |

En la tabla 2.2 cada riesgo ha sido clasificado de acuerdo con su probabilidad de ocurrencia e impacto sobre un objetivo del proyecto, el área roja indica los números más altos, lo que representa un riesgo alto; el área amarilla señala los números intermedios, que corresponden a un riesgo moderado y finalmente el área verde muestra los números más bajos, representando un riesgo bajo. Cabe señalar que las oportunidades y amenazas pueden manipularse en la misma matriz.

<sup>38</sup> Tabla tomada de la guía PMBOK /p. 252.

La matriz de probabilidad e impacto resulta ser de gran ayuda para responder y tomar acción a los riesgos tanto de amenaza (impacto negativo) como de oportunidad (impacto positivo).

En el caso de los riesgos de impacto negativo, debe prestarse una mayor atención a la zona en color rojo, ya que representa un alto riesgo, por lo que requiere prioridad de acciones estratégicas de respuesta, así pues, la zona color amarillo requieren posterior atención y tomar medidas de acción, para finalizar, la zona color verde, puede no requerir una acción de gestión proactiva y simplemente se enlista para tenerla bajo supervisión.

Así mismo ocurre con los riesgos de impacto positivo, la zona de alto riesgo significa que puede obtenerse la oportunidad más fácilmente y brindan los mayores beneficios, por lo que se le imprime la mayor prioridad. Posteriormente se presta atención a la zona amarilla, y la zona verde simplemente se mantiene vigilada.

Para continuar, el análisis cualitativo de riesgo debe contar con datos exactos y creíbles, por lo que se debe una realizar una *evaluación de la calidad de los datos sobre los riesgos*, lo que implica examinar el grado de entendimiento del riesgo, exactitud, calidad, fiabilidad e integridad de los datos. Consecutivamente se *categorizan los riesgos*, puede ser por fuentes de riesgo (utilizando RBS), por área del proyecto afectada (utilizando WBS) o por alguna otra categoría, con el fin de determinar las áreas del proyecto que están expuestas a los efectos de la incertidumbre. Finalmente se lleva a cabo una evaluación de la urgencia de riesgos en la que se determinan tiempos para dar respuesta a los riesgos, lo que se documenta por categorías de la siguiente manera:

- Lista de riesgos que requieren respuesta a corto plazo.
- Lista de riesgos que requieren análisis y respuesta adicionales.
- Lista de supervisión de riesgos de baja prioridad.

Luego de haber realizado el análisis cuantitativo de riesgos, se prosigue ya sea con la planificación de la respuesta a los riesgos o con un análisis de riesgos cuantitativo según lo que se requiera de inmediato.

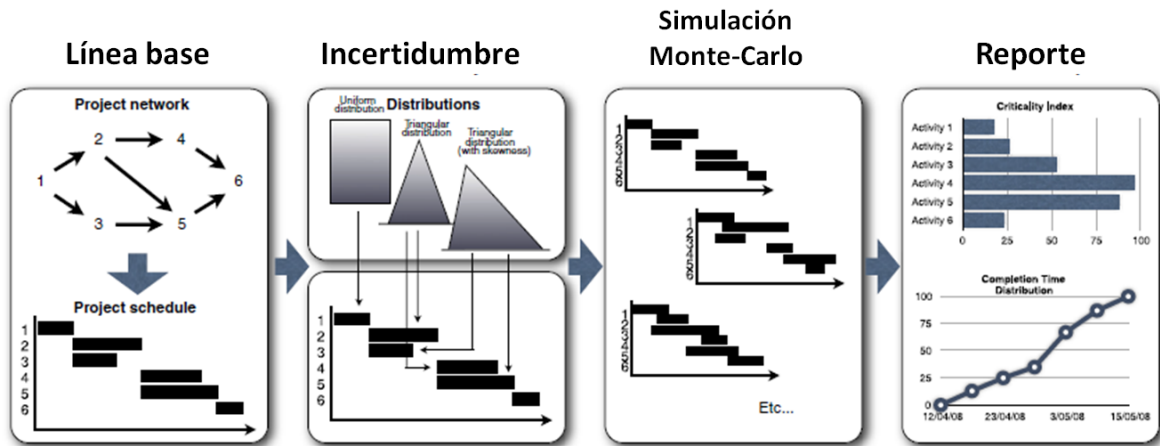
#### **2.2.4.2. Análisis cuantitativo de riesgos**

Si se llega a esta etapa es porque se cuenta con la lista de riesgos identificados, la cual se actualiza con la información obtenida del análisis cualitativo de riesgos, tomando en cuenta los riesgos que requieren respuesta a corto plazo y los que requieren sólo supervisión por ser de baja prioridad, los cuales se encuentran ya agrupados en categorías, sin embargo es posible que no sea necesario el análisis cuantitativo de riesgos previo para desarrollar respuestas efectivas a los riesgos, ya que algunos directores de riesgos experimentados lo realizan directamente después de la identificación de riesgos, esto dependerá del tiempo, presupuesto y necesidad del análisis cualitativo o cuantitativo que se requiera.

El análisis cuantitativo de riesgos analiza el efecto de los riesgos y asigna una calificación numérica, que utiliza un modelo lógico estructurado para fallas específicas, considerando la combinación de fallas múltiples. Requiere de una gran cantidad de datos estadísticos para calcular la probabilidad de falla. Las técnicas más utilizadas son la simulación Monte Carlo y el análisis mediante árbol de decisiones.

Es importante mencionar que una simulación en términos de administración de riesgos de proyectos, utiliza un modelo que toma en cuenta las incertidumbres identificadas y cuantifica los riesgos enfocándose a la repercusión del impacto en los objetivos del proyecto, como puede ser, costo, tiempo y/o calidad expresándolo a nivel global del proyecto. Para fines de este trabajo de tesis se empleará la simulación Monte Carlo mediante el software Primavera Risk Analysis para el análisis cuantitativo del caso de estudio en el capítulo 5.

Una programación de análisis de riesgo consta de cuatro pasos principales, como se muestra en la figura 2.6.



**Figura 2.6** Programación de análisis de riesgos.<sup>39</sup>

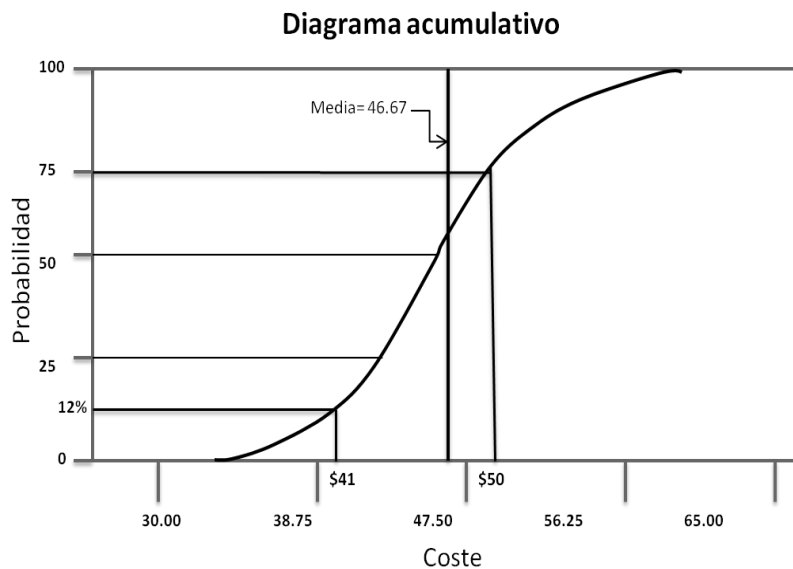
1. Construcción de una línea base determinista, teniendo en cuenta los datos de red del proyecto.
2. Los datos deterministas de la línea base del proyecto (ej. duración de actividad, costo de actividad, relaciones de precedencia, etc), se ponen en tela de juicio por la adición de elementos estocásticos. Se asignan a los datos las distribuciones de probabilidad para obtener números que se emplean en siguiente paso.
3. Se lleva a cabo la ejecución ficticia del proyecto mediante simulación Monte-Carlo y su rendimiento se compara con el programa de línea base determinista como punto de referencia.
4. La información sobre la sensibilidad, se reporta automáticamente como medida durante las diferentes corridas de simulación.

La simulación Monte Carlo en la programación de la línea base del proyecto, y el empleo de cuatro indicadores de sensibilidad, permiten dirigir dinámicamente y mejorar el rendimiento de la programación, ya que dichos índices actúan como desencadenantes confiables para predecir los problemas del proyecto.

A continuación se describen las herramientas que se deben tomar en cuenta previas a la simulación Monte Carlo.

Para la simulación son necesarios valores de entrada seleccionados al azar de una función de distribución de probabilidad de costos o duraciones posibles, que se elige para cada iteración de las distribuciones de probabilidad de cada variable, es decir, la simulación usa un modelo del proyecto que traduce las incertidumbres especificadas a un nivel detallado a su impacto posible en los objetivos, que están expresados para el proyecto total.

Es posible realizar un análisis de riesgos de costos y un análisis de riesgos del cronograma, para los que se usa la estructura de desglose de trabajo (ver sección 1.5) y el método de diagramación por precedencia (PDM) (ver sección 1.5.2) respectivamente. Un ejemplo ilustrativo de una simulación de riesgos de costos, se observa en la figura 2.6.



**Figura 2.7** Simulación de riesgos de costos.<sup>40</sup>

<sup>40</sup> Figura tomada de la guía PMBOK /p. 259.

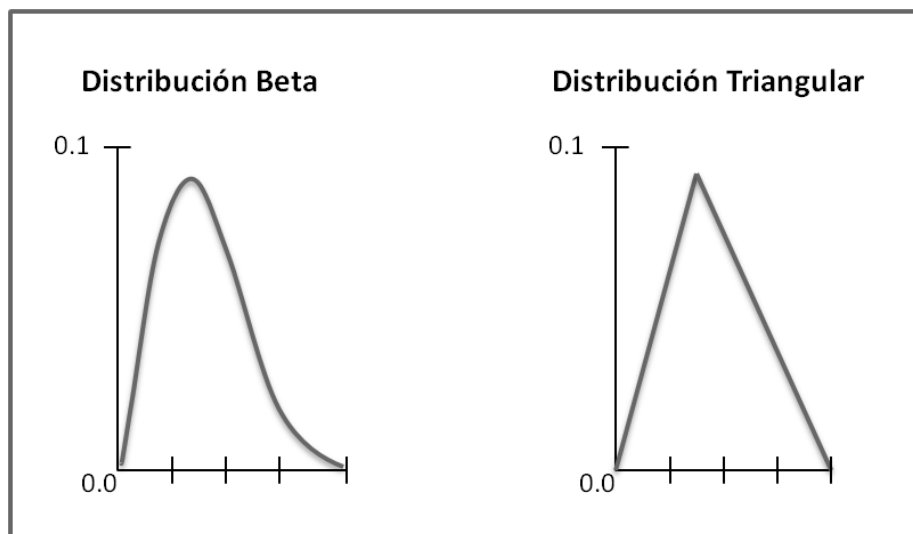


- **Distribuciones de probabilidad**

Distribuciones continuas: representan la incertidumbre de los valores (Duraciones de las actividades del cronograma y los costos del proyecto.)

Distribuciones discretas: representan eventos inciertos (Como el resultado de una prueba o un posible escenario en un árbol de decisiones).

La figura 2.7 es un ejemplo de *distribuciones continuas* comúnmente utilizadas, representan formas que son compatibles con los datos generalmente desarrollados durante el análisis de los riesgos del proyecto. En cada gráfico, el eje x representa valores posibles de tiempo y costo, el eje y representa la probabilidad relativa.



**Figura 2.8** Distribuciones de probabilidad comúnmente utilizadas.<sup>41</sup>

- **Análisis de sensibilidad**

El análisis de sensibilidad permite determinar el impacto potencial de los riesgos en el proyecto, basándose en la determinación de la variación de una variable con respecto a otra u otras que se mantienen constantes. El diagrama con forma de tornado es la típica representación de dicho análisis.

<sup>41</sup> Figura tomada de la guía PMBOK /p. 256.

Indicadores de sensibilidad:

- Índice de criticidad (CI)<sup>42</sup>: mide la probabilidad de que una actividad se encuentra en la ruta crítica.
- Índice de significación (SI)<sup>43</sup>: mide la importancia relativa de una actividad.

$$SI = E\left(\frac{d_i}{d_i + f_i} \cdot \frac{PD}{E(PD)}\right) \quad \dots (\text{Ecuación 1})$$

Dónde:

E(x): valor esperado de x.

$d_i$  : duración de actividad i.

$f_i$  : flotante de actividad.

PD de la duración total del proyecto.

- Programar índice de sensibilidad (SSI)<sup>44</sup>: mide la importancia relativa de una actividad tomando en cuenta:

$$\left[ \sqrt{\frac{\sigma^2(d_i)}{\sigma^2(PD)}} \right] \cdot CI \quad \dots (\text{Ecuación 2}) \quad \text{con } \sigma^2(x) \text{ la varianza de la variable } x.$$

- Índice de crucialidad (CRI)<sup>45</sup>: mide la correlación entre la duración de la actividad y la duración total del proyecto, de tres maneras diferentes:
  - CRI ( $r$ ): coeficiente de correlación producto – momento de Pearson.
  - CRI ( $\rho$ ): coeficiente de correlación de Spearman.
  - CRI ( $\tau$ ): tau coeficiente de correlación de Kendall.

---

<sup>42</sup> CI, por sus siglas en inglés: Criticality Index

<sup>43</sup> SI, por sus siglas en inglés: Significance Index

<sup>44</sup> SSI, por sus siglas en inglés: Schedule Sensitivity Index

<sup>45</sup> CRI, por sus siglas en inglés: Cruciality Index

#### **2.2.4.2.1. Método Monte Carlo**

Es una técnica utilizada para la cuantificación de riesgos potenciales del proyecto, mediante la creación de distribuciones de probabilidad para los elementos de riesgo y muestras aleatorias de estas distribuciones.

En este trabajo de tesis se empleará este método para determinar los riesgos en costo y cronograma del proyecto. La simulación supone el cálculo de múltiples duraciones del proyecto, en el cual se define una distribución de posibles duraciones para cada una de las actividades del cronograma, con el fin de calcular una distribución de posibles resultados para todo el proyecto.

En seguida se muestran los pasos utilizados para una simulación Monte Carlo para costo y calendario de actividades:

- 1.- Identificar la estructura de desglose de trabajo desde el nivel más bajo de actividad, para la cual se construirán las funciones de distribución de probabilidad.
- 2.- Desarrollar una estimación puntual de referencia (costes, duración de cronograma) para cada elemento o actividad de la estructura de desglose de trabajo.
- 3.- Identificar qué elementos o actividades contienen estimación de la incertidumbre y/o riesgo.
- 4.- Desarrollar distribuciones de probabilidad para cada elemento o actividad de la estructura de desglose de trabajo con la estimación de incertidumbre y/o riesgo.
- 5.- Conjuntar los elementos o actividades de la estructura de desglose de trabajo con las funciones de distribuciones de probabilidad, utilizando un programa de simulación de Monte Carlo. Posteriormente los resultados obtenidos se analizan para determinar el nivel de riesgo de costo y para identificar los controladores de costos específicos. En caso de que la simulación se realice por calendario u horarios, los resultados de este paso serán, un programa en el nivel deseado de la

estructura de desglose de trabajo y una función de distribución acumulativa de calendario vs probabilidad. La función de distribución acumulativa representará la duración o fecha de finalización en el nivel de actividad deseado, pero también puede incluir otras variables. Consecutivamente estas salidas son analizadas para determinar el nivel de riesgo horario y para identificar los controladores de programación específicos.

Es muy importante que las estimaciones de punto de partida y las distribuciones de probabilidad sean precisas y seleccionadas cuidadosamente para obtener de la simulación resultados de calidad.

### **2.2.5. Planificación de la respuesta a los riesgos (Manejo de riesgos)**

En esta etapa se hace frente a los riesgos ya conocidos, es decir planificar para reducir los riesgos a un nivel aceptable, desarrollando y proporcionando opciones de manejo para seleccionar la opción u opciones más adecuadas, así como el enfoque específico para los problemas de riesgo elegidos.

Una respuesta asertiva al riesgo dependerá de la calidad de información acerca de dicho riesgo, la información sobre su repercusión y probabilidad de ocurrencia, el director del proyecto analiza si es pertinente aceptar el riesgo o si el riesgo resulta inevitable, tomando en cuenta alternativas rentables o de alto costo según sea la situación presentada.

Para seleccionar la opción de manejo de un riesgo específico es necesario tomar en cuenta previamente ciertos criterios, considerando para ello que la opción de manejo debe:

- Cumplir con las necesidades del usuario.
- Ser eficaz para reducir el riesgo a un nivel aceptable.
- El costo, recursos y tiempo necesarios sean asequibles y estén disponibles, además de que su efecto sea aceptable.
- Tener efecto en el rendimiento técnico del sistema.

### **2.2.5.1. Opciones de manejo del riesgo**

- Retención o aceptación del riesgo:

Esta opción, puede ser adoptada tanto para las amenazas como para las oportunidades y el director del proyecto está consciente de las posibles consecuencias pero lo acepta y toma el riesgo, esta opción reconoce que rara vez es posible eliminar todo el riesgo de un proyecto y que el riesgo en cuestión es un riesgo bajo y acepta ese nivel, ya que no requiere un esfuerzo especial para su control, por lo que el plan de gestión del proyecto no cambia. Existen dos estrategias de aceptación, la activa y la pasiva, la primera establece una reserva, es decir se encuentra preparado en cantidad de tiempo, costo y recursos necesarios para cualquier problema o consecuencia que se pueda presentar y superar el riesgo, y en la segunda no es necesario tomar ninguna acción sino que el equipo del proyecto gestiona a medida que se producen.

- Evitar el riesgo:

El director del proyecto rechaza el riesgo debido a la gran repercusión desfavorable que conlleva, lo que implica cambiar el plan de gestión del proyecto para eliminar la fuente del riesgo alto o medio, reemplazándolo con una solución de menor riesgo y aislando los objetivos del proyecto del impacto del riesgo. Por ejemplo ampliando el cronograma o reduciendo el alcance.

- Controlar o mitigar el riesgo:

El director del proyecto toma las acciones y medidas necesarias para controlar el riesgo, a manera de reducir la probabilidad y/o consecuencia de su aparición e impacto de un evento de riesgo a un umbral aceptable, ya que esto resulta más efectivo que reparar el daño después de que haya ocurrido.

- Transferir el riesgo:

El director del proyecto decide compartir o transferir totalmente el riesgo a otros generalmente mediante contratos, pensando que posiblemente ese riesgo se puede convertir en una oportunidad. Transferir la responsabilidad del riesgo es más efectivo cuando se trata de exposición a riesgos financieros (Ej. Seguros, garantías de cumplimiento, cauciones, certificados de garantía y acuerdos similares).

La guía PMBOK, sugiere tres opciones para tratar los riesgos positivos u oportunidades sobre los objetivos del proyecto:

- **Explotar:** Esta opción pretende que la oportunidad presentada se vuelva una realidad, eliminando la incertidumbre asociada con el riesgo del lado positivo, asignando recursos al proyecto para reducir el tiempo para que ocurra y ofrecer una mejor calidad que la planificada en un inicio.
- **Compartir:** Busca materializar la oportunidad para beneficio del proyecto, compartiendo el riesgo a otro mejor capacitado para gestionar esta oportunidad, como lo pueden ser empresas con finalidades especiales, asociaciones de riesgo conjunto, equipos, uniones temporales de empresas, entre otros.
- **Mejorar:** Pretende incrementar el tamaño de la oportunidad y las fuerzas que impulsan el impacto positivo del riesgo, aumentando la probabilidad y/o impactos positivos para que ocurra.

Finalmente en el proceso de planificación de la respuesta a los riesgos, se eligen y acuerdan las respuestas apropiadas y se incluyen en el registro de riesgos, el cual debe ser claro y detallado, indicando prioridades y la respuesta planificada. Los riesgos de baja prioridad se incluyen en una lista de supervisión para su seguimiento periódico.

Los componentes del registro de riesgos incluyen:<sup>46</sup>

- Riesgos identificados, áreas de proyecto afectadas, causas y cómo pueden afectar a los objetivos del proyecto.
- Propietarios de los riesgos y sus responsabilidades asignadas.
- Listas priorizadas de riesgos del proyecto y el análisis probabilístico del proyecto.
- Estrategias de respuesta acordadas.
- Acciones específicas para implementar la estrategia de respuesta elegida, presupuesto y actividades del cronograma necesarios para implementar las respuestas elegidas.
- Síntomas y señales de advertencia de ocurrencia de riesgos.
- Reservas para contingencias de tiempo y coste diseñadas para contemplar las tolerancias al riesgo de los interesados y planes para contingencias y disparadores que provocan su ejecución.
- Planes de reserva para usarlos como reacción a un riesgo que ha ocurrido, y cuya respuesta primaria demostró ser inadecuada.
- Riesgos residuales que se espera que queden después de haber implementado las respuestas planificadas, así como aquellos que han sido deliberadamente aceptados.
- Riesgos secundarios que surgen como resultado directo de la implementación de una respuesta a los riesgos.
- Reservas para contingencias que se calculan basándose en el análisis cuantitativo del proyecto y los umbrales de riesgo de la organización.

---

<sup>46</sup> Tomado de la guía PMBOK /p.263.

### 2.2.6. Seguimiento y control de riesgos

Una vez que los riesgos se tienen perfectamente identificados, cualificados, cuantificados y con su respectiva respuesta, es momento de poner en acción las medidas correspondientes a los riesgos, evaluando la eficacia de dichas medidas, y de ser necesario, llevar a cabo una actualización de los enfoques de manejo de riesgos, volviendo a analizar los riesgos ya conocidos. Por otro lado es necesario documentar todo para continuar con el monitoreo y control, los resultados de control pueden ser usados para identificar nuevos riesgos y revisar algunos aspectos de la planificación de riesgo.

El seguimiento de riesgo es una técnica proactiva, que permite obtener información objetiva sobre los progresos realizados para reducir los riesgos a niveles aceptables, para esto se debe establecer un costo, rendimiento y sistema de indicadores de gestión del programa, esto con el fin de contar con una advertencia temprana de posibles problemas y tomar acción de manejo. La reevaluación de los riesgos del proyecto debe ser programada con regularidad.

Una prueba bien definida y un programa de evaluación, son elementos claves en el seguimiento del desempeño de los enfoques de manejo de riesgo y en el desarrollo de nuevas evaluaciones de riesgos.

Algunas técnicas para el control de riesgos son las siguientes:

- **Indicadores del programa:** Son evaluaciones de desempeño formales y periódicas que indican si los procesos de desarrollo seleccionados están logrando su objetivo y se puede utilizar para vigilar las medidas correctivas que surgieron de una evaluación de los procesos críticos del programa.
- **Auditorías de los Riesgos:** Las auditorías de los riesgos examinan y documentan la efectividad de las respuestas a los riesgos para tratar los ya identificados y sus causas, así como la efectividad del proceso de gestión de riesgos.



- **Valor ganado:** Evalúa el desempeño de costos y el desempeño del cronograma en forma integrada, estableciendo una base para determinar si las acciones de manejo de riesgo están logrando su objetivo. Ésta técnica compara el valor acumulativo del costo presupuestado del trabajo realizado (ganado) en la cantidad original del presupuesto asignada, tanto con el costo presupuestado del trabajo planificado (programado) como con el costo real del trabajo realizado (real) y es especialmente útil para el control de costos, la gestión de recursos y la producción. (Ver capítulo 3).
- **Programa monitoreo de rendimiento:** Evalúa que tan bien está progresando el programa para completar las tareas mediante evaluaciones periódicas hasta su finalización. “La desviación que puede observarse por la mayor o menor funcionalidad de la planificada en un hito, puede ayudar a predecir el grado de éxito para lograr el alcance del proyecto”.<sup>47</sup>
- **Monitoreo del desempeño técnico:** Es una evaluación del diseño del producto a través del análisis de ingeniería y pruebas, que estima los valores de los parámetros de rendimiento esenciales del presente diseño, cómo efectuadas por las acciones de manejo de riesgo.

Es muy importante mencionar que en la posteridad, deben realizarse reuniones periódicas para saber el estado de la situación, ya que por ejemplo, la implementación de planes de contingencia o soluciones, generalmente llevan a tener que modificar el plan de gestión del proyecto para dar respuesta a los riesgos, por lo que habitualmente se realizan actualizaciones, dichos cambios deben emitirse en los documentos del plan de gestión del proyecto.

---

<sup>47</sup> Tomado de la guía PMBOK /p.266.

## **CAPÍTULO 3. Control de Proyectos**

### **3.1.Introducción:**

En la vida de un proyecto es muy importante tener la información que se debe conocer desde el inicio, dicha información se estipula en el contrato y determina las condiciones en las que se efectuará dicho proyecto, durante el desarrollo del mismo es necesario que exista un departamento dentro de la organización encargado de ayudar en el proceso de control de proyecto. Durante el proceso de seguimiento y control se debe realizar la planeación, la estructura de desglose de trabajo y la estructura de desglose de cuentas. La combinación de estas estructuras identifica la asignación de recursos para cada actividad lo que conforma un cronograma de seguimiento, para llevar de la mejor manera posible el control del tiempo, costo y alcance del proyecto, además de asignar a los responsables de realizar el análisis del avance y costos, para así poder compararlos con los planeados inicialmente.

Existen tres factores fundamentales que se deben cuidar durante el desarrollo del proyecto y se les conoce como triple restricción: el alcance, tiempo y costo del proyecto. El desempeño del proyecto y su calidad se ven afectados por el equilibrio de estos tres factores y tal es su relación que si llega a cambiar uno de ellos se ve afectado al menos otro.

Implementar un departamento de Control de Proyectos radica en conocer la información oportunamente facilitando con esto la toma de decisiones de los participantes del proyecto, que a su vez van a dar seguimiento a la ejecución de los trabajos de acuerdo al alcance estipulado. El control de proyectos involucra la planeación, el seguimiento y control mediante revisiones periódicas hasta llegar al cierre del proyecto en su totalidad, para lo cual existen varias técnicas. Para fines de este proyecto se va a analizar en su mayoría el método de valor ganado que a diferencia de otros métodos conjunta la evaluación del alcance, el tiempo y el costo en una etapa muy temprana del proyecto lo que dará una visión del avance

y los costos generados para compararlos con lo estipulado en la estructura de desglose de trabajo y así poder tomar acciones correctivas en cada fase.

### **3.2. Control de proyectos**

El término general del control de proyectos es un sistema regido por la estructura de desglose de trabajo, donde se representa en su totalidad el trabajo definido, planeado, administrado y controlado por medio de subdivisiones del alcance pactado y la cual permite el análisis de datos e impactos en los programas y costos mediante la generación de reportes, en donde se puede incluir los diferentes puntos analizados como son horas-hombre gastadas, ganadas, pronosticadas, curvas de avance planeado, pronosticado y reales, la productividad hasta ese momento así como el desempeño general del programa en alcance, tiempo y costo esencialmente.

El control de proyectos tiene una relación muy estrecha con la planeación y la programación del proyecto, es por ello que se requiere de una línea base donde se va a reflejar el costo acordado del proyecto mismo que corresponde a la asignación de los recursos en cada una de las actividades, esta se denomina línea base original y corresponde también al alcance estipulado en un principio en acuerdo con el cliente, va a permitir revisar los posibles desvíos que puede presentar el proyecto por desfases en el tiempo de ejecución de las actividades, lo que a su vez va a generar un mayor costo para posteriormente tomar acciones correctivas y tratar de regresar al plan inicial, lo cual no resulta nada fácil y en la realidad un retraso o un gasto excesivo no se puede recuperar y tiende a empeorar a lo largo de la vida del proyecto.

Es por esta razón que el control tiene un papel fundamental en el desarrollo de proyectos, por lo que aplicando una serie de técnicas es posible percatarse de retrasos y prevenir que el proyecto sufra graves consecuencias ya que se puede aplicar desde una etapa temprana en el proyecto.

Para llevar un buen control de proyectos se debe de controlar tanto el tiempo, el costo y el alcance, si el cliente pide que el proyecto se termine en un

menor tiempo se va a mover el costo del proyecto, puede que sea menor o mayor pero el alcance del proyecto se va a ver afectado, por otro lado si se requiere mantener la calidad del proyecto pero reducir el tiempo, los costos van a aumentar necesariamente.

En el capítulo 1 se mencionan algunas técnicas para el control de tiempo, en esta parte se hará referencia sólo al método del valor ganado EVM <sup>48</sup> que emplea la línea base, la estructura de desglose de trabajo y los costos, para analizar el rendimiento desde el 15% o hasta el 20% de avance del proyecto.

### **3.2.1. Control de costos**

El control de costos es importante para todas las empresas, independientemente de su tamaño. Las pequeñas empresas suelen tener controles más estrictos (sobre todo por el riesgo de la falta de tan sólo un proyecto), pero con técnicas de control menos sofisticadas. Las grandes empresas pueden darse el lujo de repartir las pérdidas de un proyecto en varios proyectos, pero la pequeña empresa suele tener pocos proyectos por lo que eso se convierte en una tarea muy complicada.

Hay demasiadas personas que tienen una mala definición del control de costos. El control de costos no sólo "monitorea" los costos y el registro de cantidades masivas de datos, sino también el análisis de los datos con el fin de tomar medidas correctivas antes de que sea demasiado tarde. El control de costos debe llevar a cabo por todo el personal que incurre en costos, no solamente la oficina de proyectos.

La administración de costos de un proyecto incluye desde la planificación, estimación, preparación del presupuesto y control de costos, siendo su objetivo particular cumplir con el presupuesto acordado. Para cualquier proyecto es de suma importancia cuidar los recursos, que los recursos asignados sirvan para los fines que fueron considerados y que tomen en cuenta que no se debe de exceder el presupuesto.

---

<sup>48</sup> EVM, por sus siglas en inglés: Earned Value Method.

El control de costos incluye diversos puntos a tomar en cuenta tales como:

- La Influencia sobre los factores que pueden provocar algún cambio en la línea base original de costo.
- Asegurar que los cambios que se soliciten sean acordados entre las personas responsables de la toma de decisiones.
- Administrar los cambios reales que se presenten.
- Asegurar que los costos no excedan la financiación autorizada.
- El flujo de caja del proyecto.
- El flujo de caja de la compañía.
- Costo de mano de obra directa.
- Tasa de gastos generales.
- Otros, como los incentivos, sanciones y el reparto de utilidades.

El excedente en costo para cualquier proyecto puede variar dependiendo de los trabajos a ejecutar y el tipo de contrato. Para que se tenga un mejor control del costo se prevén posibles variaciones, el tipo de cambio por ejemplo en el caso de requerir materia prima extranjera, por lo que se recomienda analizar el tipo de cambio en el último medio año, tomar en cuenta el más alto en caso de que sea variable y considerarlo en la línea base.

El control de costos del proyecto busca las causas de las desviaciones que pueden ser tanto positivas como negativas y forma parte del control integrado de cambios. La suma de los costos de todas las actividades se suele realizar por paquetes de trabajo que se estipulan en la estructura de desglose de trabajo, por lo que el tiempo y el costo se ven reflejados en la línea base original de costos.

El control de costos es en realidad un subsistema del sistema de administración de costos y el sistema de control MCCS<sup>49</sup>, en lugar de un sistema completo en sí. Esto se muestra en el MCCS que se representan como un doble ciclo de proceso: un ciclo de planificación y un ciclo de funcionamiento. El ciclo de

---

<sup>49</sup> MCCS por sus siglas en inglés: Management Cost and Control System.

funcionamiento es lo que comúnmente se conoce como sistema de control de costos.

La falta de un sistema de control de costos para describir con precisión el verdadero estado de un proyecto no implica necesariamente que el sistema de control de costos tenga la culpa. Cualquier sistema de control de costos es tan bueno como el plan original contra el cual se medirá el rendimiento

Por lo tanto, el diseño del sistema de planificación de una empresa debe tener en cuenta el sistema de control de costos. Por esta razón, es común llamarle al ciclo de planeación, planificación y control, mientras que el ciclo de funcionamiento se conoce como costo y control.

El sistema de planeación y control debe ser capaz de proporcionar la información suficiente para que se pueda realizar la administración y satisfacer los requisitos necesarios para la buena proyección del estado del proyecto hacia el cumplimiento de los objetivos. El objetivo del control de costos es establecer procedimientos y técnicas a utilizar en la gestión diaria del programa y del proyecto en general, proporcionando información que:

- Muestre una imagen fiable del progreso del trabajo.
- Relacione costos y cumplimiento del calendario.
- Identifique problemas potenciales con respecto a sus fuentes.
- Proporcione información resumida a los gerentes del proyecto.

Por otro lado el sistema de planeación y control existe para desarrollar la planificación, medir el progreso y el cambio de control. Por lo tanto el sistema empleado debe ser capaz de establecer el plan y cronograma de trabajo, identificar los indicadores que se utilizarán para la medición, establecer los presupuestos de mano de obra directa, establecer presupuestos generales e identificar la gestión de las reservas. El presupuesto final del proyecto es el resultado de este proceso y debe ser razonable, alcanzable y basado en el costo contractual.

El sistema de control empleado para medir el progreso debe de ser capaz de medir los recursos consumidos y el estado de los logros, comparar las medidas con los estándares y proyecciones además de proporcionar la base para el diagnóstico y la replaneación.

En el uso del sistema de administración de costos y sistema de control , el gerente de proyecto va a especificar el nivel de detalle requerido aprobado por la alta dirección, además de que la responsabilidad del control de cada proyecto va a recaer en la división de gestión de proyecto, mientras que el gerente de proyecto debe apoyar continuamente al equipo en la utilización de este proceso.

Las actividades MCCS incluyen entre otras cosas los gráficos de planeación, que son hojas de trabajo empleadas para crear el presupuesto e incluyen el trabajo planificado en horas y costo de material. Este tipo de planeación se puede llevar a cabo desde el nivel más bajo de la estructura de desglose de trabajo, el nivel más bajo de gestión o por elemento de costo.

Para que este sistema sea eficaz debe tener disciplina en la programación y presupuestación con el fin de evitar presupuestos inadvertidos, arbitrarios o cambios de horario. Aunque no significa que el presupuesto base sea inflexible o estático, más bien significa que los cambios deben de ser controlados. Este sistema está diseñado para que el gerente de proyecto esté presionado y genere una excelente programación con el fin de reducir al mínimo los cambios que se puedan presentar.

#### **3.2.1.1. Ciclo de operación**

El sistema de administración de costos y sistema de control es primordial en el ciclo de operación del proyecto y se compone de cinco fases:}

1. Ciclo de planeación
2. Autorización y liberación del trabajo.
3. Recolección y reporte de datos de costo
4. Análisis de costo

## 5. Generación de informes: clientes y administración

Cuando estas fases son combinadas constituyen una red de sistema cerrado que forma la base para el sistema de control de costos.

Después de que la planificación se completa y se recibe el contrato, el trabajo es recibido mediante un documento de descripción del trabajo. Esta descripción de trabajo contiene la descripción detallada y el tiempo para cada nivel de la estructura de desglose de trabajo. La descripción de la subdivisión del trabajo puede ser emitida a través de esfuerzos combinados del equipo del proyecto y puede revisarse o modificarse cuando sean cambiados el alcance o el tiempo. La descripción de la subdivisión del trabajo no se usa generalmente para esfuerzos mayores a noventa días y debe ser seguida como un proyecto en sí.

El paquete de la descripción de la subdivisión del trabajo establecido durante la propuesta y actualizado después de las negociaciones por el equipo de trabajo, es liberado por el programa de gestión a los centros de control de trabajo, en ingeniería de producción, publicaciones y programa de gestión, como la autoridad para liberar las órdenes de trabajo a las organizaciones ejecutoras, generando una orden de trabajo que se requiere para todos los cargos directos e indirectos de la compañía.

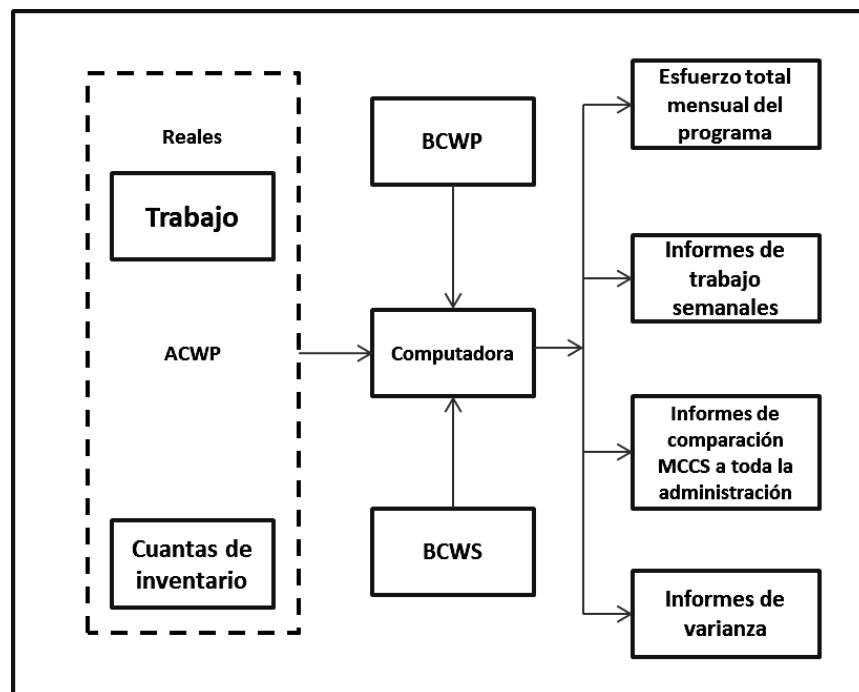
### **3.2.1.2. Códigos de la cuenta de costos**

Los directores de proyectos suelen controlar los recursos mediante los gerentes en lugar de hacerlo directamente, controlan los costos de mano de obra directa mediante la apertura y cierre de órdenes de trabajo, mismas que definen los números de cargo para cada cuenta de costos.

Las cuentas de costo son niveles identificados en la estructura de trabajo y la estructura de división organizacional, a las que se les asigna la responsabilidad funcional del trabajo, mano de obra real y directa, material y otros costos directos comparados con el trabajo real realizado con fines de administración de control. Son el punto clave de la MCCS y pueden comprender varios paquetes de trabajo.



La recopilación de datos de costo y de informes, constituyen la segunda fase del ciclo de operación de la MCCS. El costo actual y el costo presupuestado para el trabajo realizado para cada contrato o proyecto dentro de la empresa, se acumulan en cuentas detalladas de costos y se reportan posteriormente en diagramas de flujo.



**Figura 3.1** Recopilación de datos de costos y diagrama de flujo de informes.<sup>50</sup>

Estos elementos tanto para los gastos reales, como para el costo presupuestado del trabajo realizado, se suelen imprimir mensualmente para todos los niveles de la estructura de desglose de trabajo, además de informes semanales complementarios que pueden mostrar la carga de trabajo real y pueden ser comparados con los esfuerzos previstos. La salida de trabajo semanal es una herramienta vital para los miembros de la oficina del programa ya que dichos informes pueden indicar tendencias de costo y rendimiento, con tiempo suficiente para que se puedan aplicar y establecer los planes de contingencia.

<sup>50</sup> Figura tomada del libro Project Management " A Systems Approach to Planning, Scheduling and Controlling" Harold Kerzner Seventh edition /p. 826

Las órdenes de trabajo liberadas se usan para autorizar determinados centros de costos para empezar a cobrar su tiempo. Las órdenes de trabajo especifican tiempo y costo, las horas indican los objetivos que a la oficina del programa le gustaría tener. Existen generalmente cuatro categorías de datos de costos que se acumulan, mano de obra, materiales, otros costos directos y gastos generales.

Los gerentes del proyecto pueden mantener un control razonable sobre la mano de obra, material y otros cargos directos. Los gastos generales, por otra parte, se calculan anual o mensualmente y se aplican retroactivamente a todos los programas de aplicación. Las reservas de la dirección a menudo se utilizan para contrarrestar los efectos de los cambios adversos en las tasas de gastos generales.

### **3.2.1.3. Presupuestos**

El presupuesto del proyecto que es el resultado final del ciclo de planeación de la MCCS, debe ser razonable, alcanzable y basado en los costos negociados contractualmente. La base para el presupuesto puede ser, el costo histórico, las mejores estimaciones o los estándares de ingeniería industrial. El presupuesto debe identificar las necesidades de mano de obra previstas, fondos contractuales asignados y las reservas de la administración.

Todos los presupuestos deben ser rastreables a través del “registro de presupuesto”.

- Presupuesto distribuido.
- Reservas de la dirección.
- Reservas no distribuidas.
- Cambios de contrato.

Las reservas de la dirección son el monto de dinero establecido por la oficina de proyectos para presupuestar todas las categorías de problemas imprevistos y contingencias. Se debe utilizar para tareas o problemas tales como

cambios en las tasas, y no para encubrir malas estimaciones de planificación o excesos presupuestarios. Cuando se produce un cambio significativo en la estructura de las tarifas, el presupuesto total debe ser ajustado.

Además del presupuesto "normal" de funcionamiento y el presupuesto de la reserva de la dirección, existen también los siguientes:

- Presupuestos no distribuidos: es el presupuesto asociado a cambios en el contrato donde las limitaciones de tiempo previenen la planificación necesaria para incorporar el cambio en la ejecución del presupuesto. (Este esfuerzo puede ser tiempo limitado.)
- Presupuesto no asignado: representa una agrupación lógica de tareas contractuales que aún no han sido identificadas y / o autorizadas.

### **3.2.2. Varianza y método del valor ganado (EVM)**

La varianza se define como cualquier horario, rendimiento técnico o desviación de costos de un plan específico. Las varianzas son utilizadas por todos los niveles de administración para verificar el sistema de presupuesto y el sistema de programación. Los presupuestos y la varianza del sistema de programación se deben comparar contiguamente debido a que la varianza solo compara las desviaciones del presupuesto pero no nos permite una medida de comparación entre el trabajo planificado y lo que se ha realizado, además de que la varianza de planificación solo compara el rendimiento real con el previsto.

Para las varianzas se emplean dos métodos primarios de medición; los esfuerzos medibles y el nivel de esfuerzos. El primero son incrementos discretos de trabajo con una programación definible cuya realización produce resultados tangibles, el segundo por su parte es el trabajo que no se presta a esta subdivisión. Las varianzas emplean ambos tipos de medición.

Para el cálculo de las varianzas es preciso definir tres variables básicas de los costos presupuestarios y reales para el trabajo programado y realizado:

- Costo presupuestado del trabajo programado BCWS<sup>51</sup>: es la cantidad presupuestada para el trabajo programado a llevarse a cabo, más la cantidad, nivel de esfuerzo o esfuerzo prorrateado programado para ser realizado en cierto periodo de tiempo.
- Costo presupuestario para el trabajo realizado BCWP<sup>52</sup>: es la cantidad presupuestada por el trabajo completado más el presupuesto para el nivel de esfuerzo de actividad completada dentro de un periodo de tiempo determinado.
- Costo real por el trabajo realizado ACWP<sup>53</sup>: es la cantidad reportada como lo gastado hasta el momento para completar el trabajo realizado en un periodo de tiempo determinado.

Esto se puede aplicar a cualquier nivel de la estructura de desglose de trabajo(es decir, programa, proyecto, tarea, subtarea o paquete de trabajo), para lo que ya ha sido completado dentro del programa o ha sido anticipado. Empleando las definiciones anteriores se obtienen las siguientes definiciones de varianza.

- Cálculo de la varianza del costo (CV)

$$CV = BCWP - ACWP \quad \dots (\text{Ecuación 3})$$

Una varianza negativa indica una condición de sobre costo

- Cálculo de la varianza de la programación (SV)

$$SV = BCWP - BCWS \quad \dots (\text{Ecuación 4})$$

Una varianza negativa indica una condición de retraso en la programación

---

<sup>51</sup> BCWS, por sus siglas en inglés: Budgeted Cost for Work Scheduled.

<sup>52</sup> BCWP, por sus siglas en inglés: Budget Cost for Work Performed.

<sup>53</sup> ACWP, por sus siglas en inglés: Actual Cost for Work Performed.

En el análisis tanto del costo y de la programación, el costo es usado como el común denominador. En otras palabras la varianza de la programación está dada como una función del costo y puede ser representada en horas, días, semanas o incluso dólares. Este problema se puede solucionar convirtiendo las varianzas en porcentajes:

- Varianza del costo %

$$CVP = \frac{CV}{BCWP} \quad \dots \text{(Ecuación 5)}$$

- Varianza de la programación %

$$SVP = \frac{SV}{BCWS} \quad \dots \text{(Ecuación 6)}$$

Estas varianzas son casi siempre identificadas como puntos críticos que deben ser informados a todos los niveles de la organización. Los controles de la varianza pueden ser diferentes de programa a programa

Mediante el uso de las varianzas se puede desarrollar un sistema para reportar costos y programación, proporcionando las bases para el análisis de la varianza mediante la medición del desempeño de costos en relación con el trabajo realizado.

Además de calcular estas varianzas también se desea saber que tan eficiente ha sido el trabajo realizado, por lo que se ocupa las siguientes formas para calcular la eficiencia del rendimiento como un porcentaje de la BCWP:

- Índice de rendimiento del costo % (CPI)<sup>54</sup>:

$$CPI = \frac{BCWP}{ACWP} \quad \dots \text{(Ecuación 7)}$$

- Índice de rendimiento de la programación % (SPI)<sup>55</sup>:

---

<sup>54</sup> CPI, por sus siglas en inglés: Cost Performance Index.

<sup>55</sup> SPI, por sus siglas en inglés: Schedule Performance Index.

$$SPI = \frac{BCWP}{BCWS} \quad \dots (\text{Ecuación 8})$$

Si el CPI = 1.0 tenemos un rendimiento perfecto, si el CPI >1.0 tenemos un rendimiento excepcional y si el CPI <1.0 tenemos un rendimiento pobre. El mismo análisis puede aplicarse a la SPI. Estos índices son los más utilizados para tendencias.

| Fase de ciclo de vida | Mano de obra requerida | \$ requerido | Tiempo de duración | Tipo de estimación | Precisión | Varianza permitida |
|-----------------------|------------------------|--------------|--------------------|--------------------|-----------|--------------------|
| Principal             | 16,000 h               | 1,685,600    | 6 meses            | Histórica          | +/- 5%    | +/- 2%             |

Figura 3.2 Metodología de la varianza.<sup>56</sup>

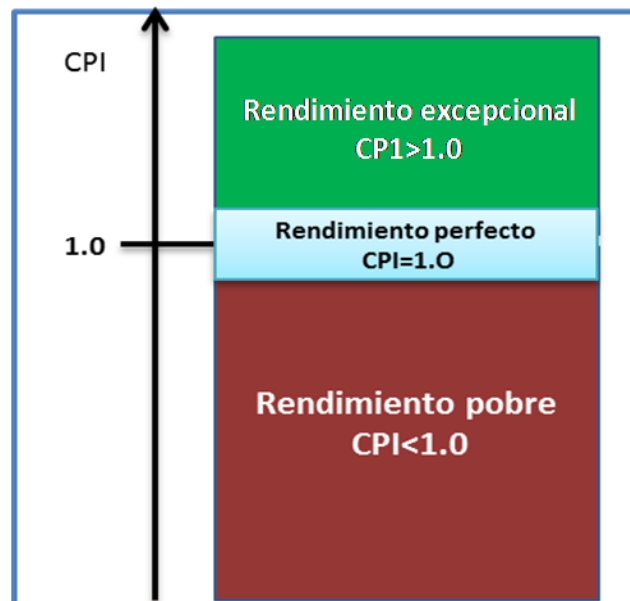


Figura 3.3 CPI análisis gráfico de situaciones.

<sup>56</sup> Figura tomada del libro Project Management " A Systems Approach to Planning, Scheduling and Controlling" Harold Kerzner Seventh edition /p. 832.

La utilidad de los análisis de tendencias es tomar medidas correctivas para mitigar las tendencias desfavorables teniendo un sistema de alerta temprana. Desafortunadamente, el uso eficaz del análisis de tendencias puede estar restringido a proyectos a largo plazo, debido al tiempo necesario para corregir la situación.

La reserva de la administración se identifica como el costo contratado para el rendimiento proyectado hasta la fecha y el costo presupuestado. Las reservas de la administración cubren eventos imprevistos dentro de un alcance de proyecto definido que la experiencia ha mostrado pueden ocurrir, no se usan para sucesos de fuerza mayor improbables o para cambios de alcance. Estos cambios se financian por separado, tal vez a través de la administración de fondos de contingencia establecidos. En realidad, hay una diferencia entre las reservas de administración (que provienen de los presupuestos de los proyectos) y los fondos de contingencia (que vienen de fuentes externas) aunque la mayoría de la gente no los diferencian.

Cuando las varianzas se exceden se requiere realizar reportes del análisis de las variaciones en la cuenta de costo, en el análisis de la varianza el objetivo del administrador de cuentas de costos es tomar medidas que corrijan el problema dentro del presupuesto inicial o justificar una nueva estimación. Uno de los parámetros clave en el análisis de la varianza es el concepto de “Valor Ganado” que es lo mismo que BCWP, para fines de este trabajo de tesis el método de valor ganado se analizará a profundidad en el siguiente tema.

El método del valor ganado o EVMS<sup>57</sup>, es considerado el método más completo y de gran utilidad para la integración de costos y programa de un proyecto, en su forma más simple nos presenta los fundamentos para la realización del control de proyectos.

El método del valor ganado es un sistema de control, que crea estándares de medición en cada una de las diferentes etapas del proyecto proporcionando

---

<sup>57</sup> EVMS, por sus siglas en inglés: Earned Value Management System.

herramientas útiles en la ejecución del mismo. Se lleva acabo al integrar el alcance global de costo y la duración de las fases de planificación y ejecución. Toma en consideración los porcentajes de avance, estimaciones de costo final y los riesgos en que se puede incurrir al calcular las diversas desviaciones conocidas o supuestas, para proporcionando índices para su medición y control,

Ha estado presente en la sociedad a lo largo de los años y se le ha llamado de innumerables formas pero su objetivo principal siempre ha sido la medición segura del trabajo medido contra un plan detallado, que permita predecir de manera confiable los resultados de planeación y los costos finales en un proyecto dado. El valor ganado se fundamenta en un plan para medir el desempeño del proyecto, a lo que se denomina valor planeado, en términos generales se compara este valor planeado con el valor ganado relacionando el costo actual y se obtiene una medida del costo real del proyecto.

El control de proyectos, en este caso el método del valor ganado, nos va a proporcionar una alarma temprana que nos permitirá tomar acciones para corregir y recuperar el desempeño del proyecto.

En una gran cantidad de proyectos se suele emplear un método tradicional para el control de proyectos que se basa solamente en el control de los costos de acuerdo a lo programado, sin tomar en cuenta el rendimiento real del proyecto.

La dificultad en la realización del análisis de la varianza es el cálculo del valor ganado ya que hay que predecir el porcentaje completado.

El valor ganado se encarga de proporcionar la plataforma para medir el desempeño dependiendo del sistema programado que se utilice, es por eso que el sistema de programación es fundamental. Cuando se añaden los recursos y se establecen las medidas para planear y consumir los recursos, se puede decir que ya se ha implementado el plan de desempeño del valor ganado. Las medidas cambian de proyecto a proyecto y deben ser fáciles y aplicadas consistentemente.

Algunas de las medidas empleadas son:



- Hitos de peso específico (0/100): esta medida funciona bien y se usa generalmente cuando las tareas se hacen en un periodo que abarca dos o más periodos de medición, consiste en dividir los paquetes de trabajo en hitos con un peso específico que reflejan una porción medible y que se gana una vez completada la tarea. Es uno de los métodos preferidos pero también es el más complicado para planear en un inicio y por lo tanto también de administrar.
- Formula fija por tarea: 25/75, 50/50, 20/80, etc. La más común es la norma 50/50 y simplemente es cuando la mitad del presupuesto para cada elemento se registra en el momento en el que el trabajo está programado para empezar y la otra mitad en el momento en el que el trabajo está programado para ser completado, en los grandes proyectos que contienen un gran número de elementos, la cantidad de distorsión de este procedimiento es mínima. Aplica lo mismo para las otras normas.
- Estimados de porcentajes: Este método permite hacer estimados de porcentaje dentro de un periodo dado de tiempo para un trabajo determinado y comúnmente se expresa como un porcentaje acumulado de 100. Es subjetivo por no estar fundamentado y puede servir para jugar con el valor ganado, es actualmente el más aceptado ya que es el más fácil de administrar pero es el que recibe más presión para alcanzar determinados desempeños.
- Nivel de esfuerzo: las actividades de este tipo son comúnmente relacionadas más frecuentemente con el control que con el desempeño. Inician cuando comienza la primera de las actividades y concluyen cuando termina la última. El problema con estas actividades es que su varianza es siempre cero porque el valor planeado se convierte automáticamente en el valor ganado.

- Estándares ganados: Puede ser el método más sofisticado y utiliza estándares planeados desde un inicio y son medidos a través de tareas repetitivas, se debe establecer los estándares equivalentes para el desempeño con anticipación. Se limita a trabajos repetitivos o de producción.
- Prorrqueo de tareas relacionadas con paquetes de trabajo medibles: Una tarea prorrateable es el trabajo que tiene una relación directa de desempeño con un paquete de trabajo medible que es llamado base medible, estas bases pueden medirse por alguno de los métodos anteriores.

El concepto de valor ganado no puede ser una herramienta eficaz de control si se va a emplear en los niveles inferiores de la estructura de desglose de trabajo, en los niveles altos regularmente vale la pena el esfuerzo para el cálculo del valor ganado. Un proyecto de valor ganado necesita conocer con precisión el trabajo completado con lo que se pueda predecir con más seguridad el tiempo y costo necesarios para terminar el proyecto. El plan de cuentas de control es la base para la medición del valor ganado y debe tener la capacidad de medir el valor planeado con el valor ganado y el valor ganado con el costo actual.

En los proyectos se va a analizar el tiempo, el costo y el rendimiento, para cada subtarea, pero para completar el análisis de la situación en un proyecto se debe determinar también el presupuesto hasta la conclusión BAC<sup>58</sup> y la estimación hasta la conclusión EAC<sup>59</sup>.

El BAC es la suma de todos los presupuestos BCWS asignados al proyecto, lo que se conoce también como línea base de costos y se calcula en base al desempeño alcanzado por la estructura organizacional del proyecto.

Por otro lado la estimación hasta la conclusión identifica tanto el costo y el tiempo que representan una evaluación realista del trabajo cuando se realiza, en

---

<sup>58</sup> BAC, por sus siglas en inglés: Budget at Completion.

<sup>59</sup> EAC, por sus siglas en inglés: Estimate at Completion.

otras palabras es la suma de todos los costos directos e indirectos a la fecha más la estimación de todo el trabajo autorizado restante.

El método más común del estimado a la conclusión es una suma ascendente manual efectuada por un incremento que determina el director del proyecto y su equipo, basándose en los costos reales y la experiencia adquirida a partir del trabajo completado. Se requiere que se haga una nueva estimación para el trabajo restante del proyecto que reemplazará al presupuesto original.

Los encargados de la ejecución deben proporcionar un EAC ascendente y detallado para el trabajo restante, esto implica costos adicionales para el proyecto.

$$EAC = AC + EAC_{ascendente} \quad \dots (Ecuación 9)$$

Las otras consideraciones para la estimación son las siguientes:

- Estimado a la conclusión, basado en el presupuesto para la conclusión, en este caso se supone que el rendimiento mejorará.

$$EAC = AC + BAC - EV \quad \dots (Ecuación 10)$$

- Estimado a la conclusión, basado en el índice de desempeño de costo actual, en este caso se supone que el proyecto se realizará según el mismo CPI acumulado a la fecha.

$$EAC = \frac{BCA}{CPI_{Acumulado}} \quad \dots (Ecuación 11)$$

- Estimado a la Conclusión considerando ambos factores. Es el método más útil o preciso, ya que el programa del proyecto es un factor que afecta el desarrollo del EAC.

$$EAC = AC + \frac{(BCA - EV)}{CPI_{acumulado} \times SPI_{acumulado}} \quad \dots (Ecuación 12)$$

Con el cálculo de estos términos se puede calcular la varianza a la finalización.

- Varianza a la finalización  $VAC = BAC - EAC \quad \dots (Ecuación 13)$

El concepto de valor ganado aunque es una estimación aproximada, identifica las tendencias relativas a la situación de elementos específicos de la estructura de desglose de trabajo, por lo que utilizando este concepto, el costo presupuestado por el trabajo realizado (BCWP) puede ser llamado valor ganado.

El valor ganado se emplea para determinar si el costo está incurriendo más rápido o más lento de lo previsto. Sin embargo los sobrecostos no significan necesariamente que habrá un rebasamiento eventual ya que se puede conseguir que el trabajo se realice más rápido de lo previsto.

Existen trece casos para comparar los resultados previstos con los reales. Cada caso se describe a continuación utilizando las siguientes relaciones.

*Varianza del costo = Valor Ganado Real – Valores Reales ... (Ecuación 14)*

*Variaciones de programación = Valor Ganado Real – Valores Ganados Previstos  
... (Ecuación 15)*

Caso 1: Esta es la situación ideal de planificación en el que todo sale de acuerdo a lo programado.

Caso 2: Los costos están retrasados, y el programa parece estar ocurriendo por debajo de lo planeado. El trabajo está siendo realizado a menos del 100 por ciento, ya que los datos reales exceden AEV (o BCWP). Esto indica que un sobrecosto se está anticipando. Esta situación se hace aún peor cuando vemos que también estamos con un 50 por ciento de retraso, este es uno de los peores casos posibles.

Caso 3: En este caso no existen buenas y malas noticias. La buena noticia es que estamos llevando a cabo el trabajo de manera eficiente (eficiencia superior al 100 por ciento). La mala noticia es que estamos retrasados.

Caso 4: El trabajo no se está realizando de acuerdo con el horario (es decir, está retrasado), pero los costos se mantienen por lo que se ha completado.

Caso 5: Los costos están en el objetivo en relación con el horario, pero el trabajo está 25 por ciento retrasado debido a que el trabajo se está realizando con una eficiencia del 75 por ciento.

Caso 6: Debido a que se está trabajando con una eficiencia del 125 por ciento, se está trabajando antes de lo previsto en un 25 por ciento, pero dentro de los costos programados. Por lo que se está actuando en una posición más favorable en la curva de aprendizaje.

Caso 7: Estamos operando con una eficiencia del 100 por ciento y el trabajo está siendo realizado antes de lo previsto. Los costos se mantienen de acuerdo con el presupuesto.

Caso 8: El trabajo está siendo realizado correctamente, y los costos están por debajo de lo previsto.

Caso 9: El trabajo está siendo realizado correctamente, pero los costos están siendo excedidos.

Caso 10: Los costos están siendo rebasados mientras se está cumpliendo el plan. El trabajo está siendo realizado ineficientemente. Ésta situación es mala.

Caso 11: El rendimiento se dio antes de lo previsto y los costos están más bajos de lo previsto. Esta situación da lugar a un gran bono de Navidad.

Caso 12: Se está trabajando de manera eficiente y un posible sobre costo puede ocurrir. Sin embargo, el rendimiento está por delante de lo previsto. El resultado final puede ser un rebasamiento de costos o una anticipación en el calendario.

Caso 13: Los costos son mayores que los presupuestados, el rendimiento es antes de lo previsto, y el trabajo está siendo realizado de manera muy eficiente. Esto también es una buena situación.

**Tabla 3.1.** Análisis de los casos de estudio de la varianza.<sup>60</sup>

| <b>CASO</b> | <b>Valor Ganado Planeado (BCWS)</b> | <b>Datos reales (ACWP)</b> | <b>Valor Ganado Actual (BCWP)</b> |
|-------------|-------------------------------------|----------------------------|-----------------------------------|
| 1           | 800                                 | 800                        | 800                               |
| 2           | 800                                 | 600                        | 400                               |
| 3           | 800                                 | 400                        | 600                               |
| 4           | 800                                 | 600                        | 600                               |
| 5           | 800                                 | 800                        | 600                               |
| 6           | 800                                 | 800                        | 1000                              |
| 7           | 800                                 | 1000                       | 1000                              |
| 8           | 800                                 | 600                        | 800                               |
| 9           | 800                                 | 1000                       | 800                               |
| 10          | 800                                 | 1000                       | 600                               |
| 11          | 800                                 | 600                        | 1000                              |
| 12          | 800                                 | 1200                       | 1000                              |
| 13          | 800                                 | 1000                       | 1200                              |

En cada uno de estos casos el concepto de valor ganado se utilizó para predecir tendencias en los costos y el análisis de la varianza. Este método tiene sus pros y contras, la utilidad de las mediciones del valor ganado en la gestión del proyecto es controversial. Los administradores más entusiastas lo consideran como la mejor manera de evitar sorpresas y como una herramienta más viable. Otros consideran la información útil en la gestión del proyecto, pero no vale la pena el costo para su obtención. Otros dicen que la información está disponible demasiado tarde o que hay mejores maneras de obtenerlo. Los directivos más críticos lo ven como una completa pérdida de tiempo.

---

<sup>60</sup> Tabla tomada del libro Project Management " A Systems Approach to Planning, Scheduling and Controlling" Harold Kerzner Seventh edition /p. 845.

### **3.2.3. Umbrales de acción correctiva**

Se realizan los sistemas de medición del desempeño con el fin de activar acciones correctivas y por lo tanto sirven como sistemas de alerta temprana para generar señales cuando el rendimiento deseado cae por debajo de determinado límite predefinido. Estos sistemas y los umbrales correspondientes reemplazan la atención continua del director del proyecto y por lo tanto pueden ser vistos como sistemas que reducen el esfuerzo de dedicación del director del proyecto para el control diario de las distintas actividades. Una elección crucial en el control del proyecto es el nivel de detalle y de dedicación del esfuerzo de administración que resulta necesaria para administrar eficazmente el proceso de control del proyecto, mediante el establecimiento de los umbrales a niveles aceptables. El uso y la interpretación de los umbrales de acción dependen del control de proyectos y del sistema de medición de desempeño del proyecto.

#### **3.2.3.1. Control de proyectos de arriba hacia abajo**

El control de proyectos mediante la gestión del valor ganado no debe ser considerado como una alternativa a la ya conocida programación basada en la ruta crítica y las herramientas de control. En cambio, la metodología EVM ofrece al director del proyecto una herramienta para calcular una comprobación de validez rápida y fácil en la cuenta de nivel de control o incluso en mayores niveles de la estructura de desglose del trabajo. En los niveles más altos de WBS, los efectos de retrasos en la realización de las actividades pueden ser neutralizados, por lo tanto la realización de las actividades (antes de lo previsto) podría dar lugar a enmascarar los problemas potenciales, sin embargo, el enfoque basado en proyectos es el único enfoque que puede ser tomado por los profesionales como un desencadenador para profundizar y disminuir los niveles de la WBS en caso de problemas.

Realizar un análisis detallado del cronograma es una actividad pesada y si se realiza a menudo puede tener efectos perturbadores sobre el equipo del

proyecto. El método del valor ganado ofrece métodos de cálculo que producen resultados fiables en los niveles más altos de estructura de desglose de trabajo que simplifican y pronostican en gran medida la duración final y la fecha de finalización. Estas señales de alerta temprana, si se analizan bien, definen la necesidad de profundizar eventualmente en los niveles más bajos de WBS cuando se exceden los umbrales de acción. En conjunto con el cronograma del proyecto, permiten tomar acciones correctivas sobre las actividades que están en problemas (sobre todo aquellas tareas que están en la ruta crítica).

#### **3.2.3.2. Control de proyectos de abajo hacia arriba**

Un enfoque de control de abajo hacia arriba funciona todo lo contrario al enfoque de arriba hacia abajo y se basa en un subconjunto de actividades para iniciar el proceso de acción correctiva. Al utilizar el programa de análisis de riesgos para la detección de información de sensibilidad, es crucial dirigir la atención de un gerente de proyecto a un subconjunto de las actividades del proyecto que tiene un alto impacto esperado en el desempeño general. Estas actividades altamente sensibles son objeto de control intensivo, mientras que otros requieren menos o ninguna atención durante la ejecución del proyecto.



# **CAPÍTULO 4. Evaluación de la eficiencia en el control de proyectos empleando el software “ Primavera Pertmaster”**

## **4.1.Introducción**

La programación dinámica es la integración de las tres fases importantes en el ciclo de vida de un proyecto, es por esto que los tres capítulos anteriores de éste trabajo de tesis están dedicados al entendimiento de dichas fases:

- Línea base.
- Análisis de riesgos.
- Control de proyectos.

Para la evaluación de la eficiencia del control de un proyecto es necesario realizar una simulación Monte Carlo basada en datos ficticios o empíricos del proyecto mediante una herramienta de programación dinámica Pertmaster. La construcción de una línea base va a actuar como punto de referencia para el análisis de riesgo y el control de proyectos, por lo que la sensibilidad obtenida mediante la programación de análisis de riesgo y la administración del valor ganado, sirven como parámetros de control y proporcionan una alerta temprana que desencadena las acciones correctivas para que los proyectos regresen al buen camino en caso de presentar problemas,



**Figura 4.1** Relación triangular de los fundamentos de la programación dinámica.<sup>61</sup>

#### **4.2. Aspectos para medir la eficiencia en el control de proyectos**

Para medir la eficiencia en el control de proyectos, se deben tomar en cuenta varios parámetros a lo largo del ciclo de vida del proyecto:

- Cuando se realiza el análisis se debe corroborar que las actividades se mantengan lo más cerca posible de la línea base original.

Para lo cual se debe comparar el avance real del proyecto al momento del análisis con la línea base establecida a partir de la estructura de desglose de trabajo, para poder tomar las acciones correspondientes en caso de presentar atraso en el cronograma de acuerdo al criterio las personas encargadas de hacerlo.

- Al momento de hacer cada análisis, corroborar que los costos incurran de acuerdo al costo inicial calculado para cada actividad.

<sup>61</sup> International Journal of Project Management "Measuring the efficiency of project control using fictitious and empirical project data". May 2011.

Para lo anterior, se tiene que comparar el costo y calcular a su vez, los parámetros del método de valor ganado, lo que permite corroborar que los costos no se desvíen en gran medida del plan original y en caso de que así sea es una alerta oportuna para realizar de forma más eficiente el trabajo subsecuente, aunque cabe mencionar que un exceso en los costos es muy difícil de recuperar.

- Verificar el cumplimiento del alcance del proyecto en tiempo y forma.

#### **4.3.Primavera Risk Analysis (Pertmaster) como herramienta para realizar la programación dinámica**

El software Primavera Risk Analysis proporciona las herramientas necesarias para llevar a cabo un análisis cuantitativo de riesgos, lo que permite anticipar y mitigar riesgos así como realizar planes de contingencia en caso de presentarse algún evento negativo. Proporcionando una gran parte de la incertidumbre y permitiendo analizar los costos y los efectos en el calendario.

Para poder realizar el análisis de riesgos es imprescindible contar con una lista de riesgos, la cual se puede adjuntar en el programa o trabajar con ella de forma externa.

Pertmaster permite realizar un rápido análisis de riesgos empleando una simulación Monte Carlo a partir de una estructura de desglose de trabajo y diferentes escenarios, asignando distribuciones para cada tarea. Dichos escenarios se pueden obtener de forma externa al programa y únicamente se alimentan al momento de realizar la simulación.

Mediante el uso de Pertmaster se obtienen gráficos de distribución a partir de la simulación Monte Carlo, estos gráficos proporcionan las fechas y costos

estimados de principio a fin del proyecto, permitiendo identificar la variación aproximada en tiempo y costo de lo planeado originalmente para cada uno de los escenarios de estudio.

Por otra parte y aunque no es una de las funciones principales de Pertmaster, se puede realizar un análisis de costo mediante el método de valor ganado, ya que proporciona los parámetros necesarios para su análisis.

## **CAPÍTULO 5. Caso de Estudio**

### **5.1. Introducción**

Mediante un caso de estudio se ejemplificará la metodología propuesta más adelante, sin embargo no se debe esperar el mismo desempeño para todos los proyectos, ya que cada uno de ellos es diferente, por lo que a pesar de utilizar una misma metodología los riesgos en cada proyecto son diferentes y se deben manejar de acuerdo al escenario existente.

Además se pretende mostrar la aplicación de la programación dinámica para llevar a cabo un eficiente control del proyecto únicamente en su etapa de ingeniería, mediante la conjunción de la estructura de desglose de trabajo, el análisis de riesgos con el software Primavera PERTmaster y el parámetro de control conocido como valor ganado.

### **5.2. Presentación y descripción del caso de estudio**

Se empleó como caso de estudio la realización de la etapa de ingeniería de una planta de producción de ácido nítrico 60% en peso con una producción de 280 toneladas por día, mediante el método de presión simple.

#### **5.2.1. Descripción del producto**

El ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ) es un ácido fuerte y un poderoso agente oxidante, muy importante en la industria debido a que posee un sinnúmero de aplicaciones en procesos de producción. Es un líquido incoloro a temperatura ambiente y presión atmosférica, es soluble en agua en todas las proporciones, ionizándose casi completamente y liberando calor por dilución. Esta solubilidad es la que determina los métodos de producción para la fabricación comercial de ácido nítrico.

Es un agente oxidante fuerte que ataca la mayoría de los metales como el mercurio, cobre y plata (no así al platino o al oro), teniendo la facultad de crear una capa en algunos metales como el hierro y el aluminio. Una de las propiedades físicas más importantes del ácido nítrico es la formación de un azeótropo con agua, lo que influye en las técnicas de producción de ácido nítrico concentrado o puro. Esto ocurre a 121.9°C para una concentración en peso de 68.4% de ácido nítrico a presión atmosférica.

El ácido nítrico es tóxico en el medio ambiente, dañando los ambientes acuáticos, al acumularse en los organismos que viven en ellos (la concentración debe ser menor a 72 ppm en agua dulce y menor a 330 ppm en agua salada). También puede alterar el equilibrio ecológico en aguas contaminadas, ya que puede solubilizar algunos minerales, impidiendo la vida vegetal. Se debe mantener alejado de sustancias reductoras, sustancias básicas, químicos orgánicos o combustibles ya que puede reaccionar violentamente con alguna de ellas.

El ácido nítrico que se producirá tendrá una concentración del 60%, ya que es el más demandado en el mercado, el cual presenta las siguientes propiedades:

**Tabla 5.1.** Propiedades físicas del ácido nítrico.<sup>62</sup>

| <b>Propiedades físicas</b> |                                |
|----------------------------|--------------------------------|
| <b>Masa molar</b>          | 63.01 g/mol                    |
| <b>Apariencia</b>          | Líquido incoloro o amarillento |
| <b>Densidad</b>            | 1,513 g/cm <sup>3</sup>        |
| <b>Punto de fusión</b>     | -42°C                          |
| <b>Punto de ebullición</b> | 83°C                           |
| <b>Presión de vapor</b>    | 62 mmHg                        |
| <b>pH</b>                  | 1.0                            |
| <b>Solubilidad</b>         | En agua                        |

<sup>62</sup> Datos tomados de la página Web <http://es.scribd.com/doc/97755071/Diseno-Planta-de-Acido-Nitrico>.

El ácido nítrico tiene usos comerciales como un agente de nitración, agente oxidante, disolvente, agente de activación del catalizador, y agente hidrolizante.

En relación a la producción mundial, un amplio porcentaje de todo el ácido nítrico producido se utiliza para la producción de nitrato de amonio especialmente para la fabricación de fertilizantes entre otras cosas como por ejemplo:

- **Abonos:** Para la fabricación de nitratos, los cuales se emplean como fertilizantes. Los abonos nitrogenados más consumidos son el nitrato de sodio ( $\text{NaNO}_3$ ) y el nitrato de potasio ( $\text{KNO}_3$ ).
- **Tintas:** Se utiliza para la fabricación de colorantes artificiales, requeridos para la industria fotográfica en grandes cantidades.
- **Explosivos:** Se emplean grandes cantidades para la elaboración de explosivos, tales como trinitrotolueno (TNT) y nitroglicerina principalmente.
- **Otros usos:** Fabricación de medicamentos y productos farmacéuticos; oxidante en cohetes de combustible líquido; en química como reactivo de laboratorio; para purificación de metales preciosos (oro, plata, platino) y baños de limpieza en la industria acerera; fabricación de fibras sintéticas (Nylon) y de resinas.

### 5.2.2. Descripción de la materia prima

La materia prima a partir de la cual se produce el ácido nítrico se conoce como amoníaco ( $\text{NH}_3$ ), es un gas incoloro soluble en agua, volátil y en solución acuosa se comporta alcalinamente, formando el ion  $\text{NH}_4^+$

Es importante mencionar que puede formar mezclas combustibles con aire en concentraciones entre 16-26% en volumen, en presencia de oxígeno (sobre 14%), las cuales pueden provocar explosión al estar contenido a presión .

**Tabla 5.2.** Propiedades físicas del amoníaco.<sup>63</sup>

| <b>Propiedades físicas</b>     |                                |
|--------------------------------|--------------------------------|
| Olor                           | Irritante, fuerte              |
| Masa molar                     | 17.03 g/mol                    |
| Densidad                       | 0.616 g/cm <sup>3</sup> a 15°C |
| Punto de congelamiento         | -77.7°C                        |
| Punto de ebullición            | -33.35°C                       |
| Calor de vaporización          | 327,4 cal/g a 1atm             |
| Temperatura crítica            | 132,4°C                        |
| Presión crítica                | 115,5 atm                      |
| Densidad crítica               | 0,235 g/cm <sup>3</sup>        |
| Viscosidad (líquido a -33,5°C) | 0,266 cp                       |
| Temperatura de descomposición  | 871.1C -982.2°C                |

### **5.2.3. Proceso de producción de ácido nítrico**

El método para la producción de ácido nítrico, consta principalmente de los siguientes pasos:

- Oxidación de amoníaco con aire en exceso en presencia de un catalizador de platino, obteniendo monóxido de nitrógeno.
- Oxidación del monóxido de nitrógeno a dióxido de nitrógeno.
- Absorción del gas en agua dando como resultado el ácido nítrico.

<sup>63</sup> Datos tomados de la página Web <http://es.scribd.com/doc/97755071/Diseno-Planta-de-Acido-Nitrico>.



### **5.2.3.1. Condiciones de operación**

#### **5.2.3.1.1. Temperatura**

Controlar la temperatura en el reactor es muy importante debido a que una temperatura baja entre 200°C y 400°C favorece la formación de productos indeseables (nitrógeno y óxido de nitrógeno (I)). Por sobre los 400°C la velocidad de reacción está determinada por la difusión del amoníaco en el catalizador. A mayores temperaturas, alrededor de los 900°C se favorece la formación de monóxido de nitrógeno, sin embargo, se incrementa la pérdida de catalizador por evaporación. Por lo tanto la temperatura óptima de operación en el reactor será de 800°C.

Las reacciones que ocurren durante el proceso son exotérmicas, lo que implica un enfriamiento en casi todas las etapas. Esto a su vez contribuye al aprovechamiento de la energía en el precalentamiento de reactivos, producción de vapor y en la impulsión de la turbina que mueve el compresor con la energía transportada por los gases de cola.

#### **5.2.3.1.2. Presión**

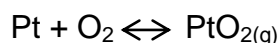
Una planta de ácido nítrico puede trabajar con la misma presión en la etapa de reacción y la de absorción (proceso de presión única) o con una presión media en la primera y alta en la segunda (proceso de doble presión).

En este caso, se emplea el proceso de presión única de aproximadamente 1000 kPa, ya que a pesar de que existen mayores pérdidas de catalizador, es posible recuperar un alto porcentaje de éste en los filtros para luego enviarlo a un proceso de reformación/regeneración a empresa especializada en la materia.

#### **5.2.3.1.3. Catalizador**

Está constituido por mallas muy finas de una aleación de platino/rodio (9:1), inicialmente el catalizador tiene baja porosidad, por lo que la transferencia de masa es muy baja. Después de unos días de operación, el platino se vuelve

más poroso y alcanza su máxima eficiencia. Si se detecta una disminución de la conversión, se debe a la contaminación o pérdida de platino. La contaminación es debido a óxidos de hierro, polvo del aire y en general a cualquier material que se deposite sobre su superficie. La pérdida de platino se puede deber a la abrasión mecánica o a la vaporización debida a la formación de  $\text{PtO}_{2(g)}$



Para que esto no suceda se debe mantener la temperatura en 800 [°C]. Z

### 5.2.3.2. Descripción del proceso

La química de la oxidación de amoníaco es simple, inicia con un solo compuesto puro, además de aire y agua, y termina con otro compuesto puro en solución acuosa, esencialmente sin subproductos. Dicho proceso se muestra en la tabla 5.3.

**Tabla 5.3.** Reacciones químicas para la oxidación de amoníaco.<sup>64</sup>

| No. Rxn | Reacción  | $\Delta H$ [kJ/mol] |
|---------|---|---------------------|
| 1       | $\text{NH}_{3(g)} + 2\text{O}_{2(g)} \leftrightarrow \text{HNO}_{3(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)}$             | -436.918            |
| 2       | $4\text{NH}_{3(g)} + 5\text{O}_{2(g)} \leftrightarrow 4\text{NO}_{(g)} + 6\text{H}_2\text{O}_{(l)}$             | -226.523            |
| 3       | $2\text{NO}_{(g)} + \text{O}_{2(g)} \leftrightarrow 2\text{NO}_{2(g)}$  | -57.108             |
| 4       | $2\text{NO}_{2(g)} \leftrightarrow \text{N}_2\text{O}_{4(g)}$   | -28.617             |
| 5       | $3\text{N}_2\text{O}_{4(g)} + 2\text{H}_2\text{O}_{(l)} \leftrightarrow 4\text{HNO}_{3(aq)} + 2\text{NO}_{(g)}$ | -15.747             |
| 6       | $3\text{NO}_{2(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \leftrightarrow 2\text{HNO}_{3(aq)} + \text{NO}_{(g)}$            | 58.672              |

En la tabla 5.3 se observan una serie de reacciones, la número uno es la reacción global para el proceso, la número dos es la oxidación de amoníaco con oxígeno a monóxido de nitrógeno, la cual es altamente exotérmica y ocurre sobre el catalizador de aleación 9:1 platino/rodio, la temperatura se eleva entre 900°C - 970 ° C.

<sup>64</sup> Tabla tomada del libro "Chemical engineering desing project a case study approach"/p.10.

Posteriormente en las reacciones tres y cuatro se llevan a cabo la oxidación adicional de monóxido de nitrógeno a dióxido de nitrógeno, y dióxido de nitrógeno a tetróxido de nitrógeno respectivamente, ambas reacciones son moderadamente exotérmicas.

Finalmente las reacciones cinco y seis son la absorción de los óxidos a base de nitrógeno en el agua para formar el producto de ácido nítrico, que consiste en enfriar los gases de reacción por debajo de su punto de rocío, de modo que una fase líquida de ácido nítrico débil se forme. Las reacciones son exotérmicas por lo que ocurre un aumento de temperatura. La formación de dos moles de ácido está acompañada por la formación de un mol de gas de monóxido de nitrógeno. Este monóxido de nitrógeno se debe reciclar en el proceso.

Generalmente cada una de estas etapas se lleva a cabo en unidades de proceso separadas.

### 5.2.4. Diagrama de flujo de proceso

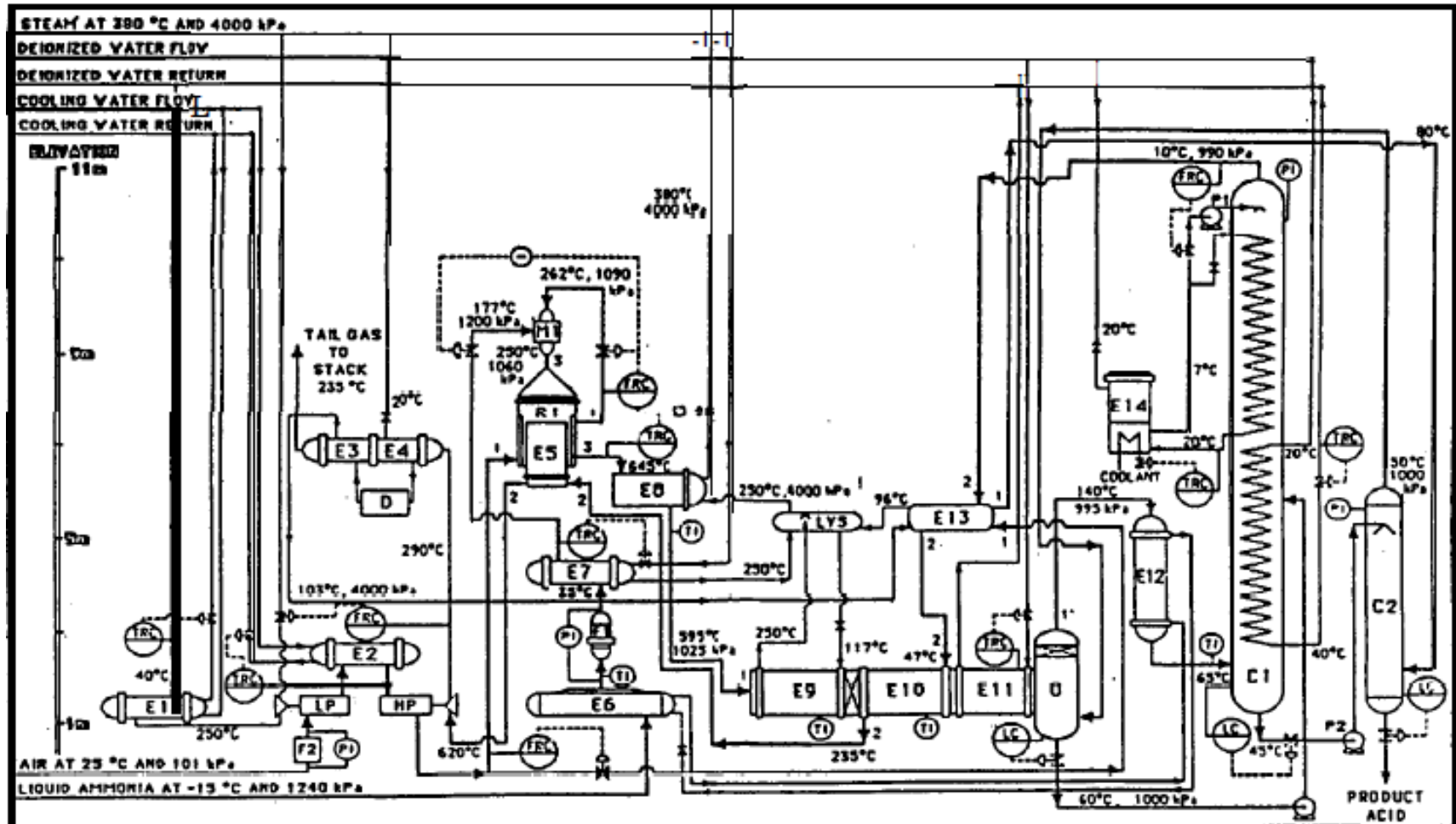


Figura 5.1 Diagrama de flujo de proceso para la planta de ácido nítrico.<sup>65</sup>

<sup>65</sup>. Figura tomada del libro "Chemical engineering desing project a case study approach"/p.55.

### **5.3. Metodología**

Una vez definidos los conceptos que conforman a la programación dinámica y una vez establecido el caso de estudio, se procede a aplicar dichos conocimientos con el fin de generar una propuesta para mejorar la planeación y el control de proyectos comenzando en primer lugar con la definición del alcance, dado que es la base de cualquier proyecto y es el documento del cual se obtiene la información necesaria para comenzar el mismo.

1. Ya definido el alcance del proyecto se lleva a cabo la evaluación del índice de alineación y la evaluación del índice de definición del proyecto, con el fin de saber si el equipo de proyecto tiene bien definida cada etapa y si caminan todos hacia el mismo objetivo. Una vez definidos brindan un panorama general del personal y sirven de parámetro para saber si el proyecto está bien definido y puede llevarse a cabo de manera correcta, o si está mal definido, tomar las acciones pertinentes antes de comenzar con el fin de que al equipo de trabajo le quede clara cada parte del proyecto. Dado que no es un objetivo de este trabajo, los ejemplos de cómo medir el índice de alineación e índice de definición se encuentran en los apéndices 1 y 2 respectivamente.

2. Ya que el equipo de trabajo tiene clara cada parte del proyecto, se comienza con la elaboración de la estructura de desglose de trabajo, con la cual se comprende aún mejor el alcance del proyecto y, una vez concluida, proporciona la línea base que es un parámetro fundamental en el control del proyecto.

3. Establecida la estructura de desglose de trabajo se procede con el análisis de riesgos asociados a cada una de las actividades. Para ello se genera una lista de los riesgos que pueden ocurrir según la experiencia de los expertos en cada una de las diferentes disciplinas y se le asignan valores numéricos de acuerdo a la matriz de probabilidad e impacto que se puede observar en el capítulo 2 (Tabla 2.2). Una vez asignados cada uno de los valores de riesgo se procede a hacer una tabla de jerarquización, con la cual se obtiene una lista de las actividades

ordenadas desde la de mayor hasta la de menor impacto en el proyecto. Con esta tabla se obtienen los diferentes escenarios que se introducen posteriormente en el software Primavera Pertmaster.

Cuando se cuenta con los diferentes escenarios<sup>66</sup>, se procede al análisis de los riesgos en el software Primavera Pertmaster, donde se obtiene para cada caso una fecha de término y un costo estimado al finalizar, en caso de que los riesgos asociados a ese escenario se presenten en el proyecto. Dicho software se basa en la simulación Monte-Carlo y de este modo, las actividades altamente sensibles pueden ser descubiertas y sirven como umbral de acción durante el control de proyecto.

4. Finalmente con el análisis de riesgo se procede a realizar un par de ejemplos, el primero cuando el proyecto ya comenzó y se presenta el riesgo de mayor impacto, y otro donde se presenta una serie de riesgos bajos en actividades de la ruta crítica a lo largo del proyecto, generando a su vez retrasos y sobrecostos. Esto con el fin de analizar el valor ganado y poder tomar acciones correctivas para mitigar el impacto en el tiempo y tratar de mitigar el impacto en el costo ocasionado por los riesgos ocurridos a lo largo del proyecto.

---

<sup>66</sup> Los escenarios se obtienen de la tabla de jerarquización y se pueden observar en el apéndice 3

## 5.4. Resultados

### 5.4.1. Estructura de desglose de trabajo<sup>67</sup>, diagrama de Gantt y costo<sup>68</sup> por actividad (Inicial)

De acuerdo a la metodología establecida, el primer paso y parte fundamental del trabajo es la creación de la estructura de desglose de trabajo para generar la línea base que sirve como referencia para el análisis del proyecto. En la tabla 5.4 se muestran las actividades de la WBS original, la duración total del proyecto y de cada una de las actividades, el comienzo y el fin, así como predecesores y recursos correspondientes a cada una de ellas.

**Tabla 5.4.** Estructura de desglose de trabajo para la planta de producción de ácido nítrico.

| EDT              | Nombre de tarea                              | Duración        | Comienzo            | Fin                 | Predecesores | Recursos | Costo          |
|------------------|--|-----------------|---------------------|---------------------|--------------|----------|----------------|
| <b>1</b>         | <b>PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ÁCIDO NÍTRICO</b> | <b>270 días</b> | <b>vie 10/08/12</b> | <b>jue 22/08/13</b> |              |          | \$2,760,000.00 |
| <b>1.3</b>       | <b>ETAPA 1</b>                               | <b>115 días</b> | <b>lun 13/08/12</b> | <b>vie 18/01/13</b> | <b>2,3</b>   |          | \$246,400.00   |
| <b>1.3.1</b>     | <b>INGENIERÍA CONCEPTUAL</b>                 | <b>115 días</b> | <b>lun 13/08/12</b> | <b>vie 18/01/13</b> |              |          | \$246,400.00   |
| <b>1.3.1.1</b>   | <b>ESTUDIOS DE MERCADO</b>                   | <b>20 días</b>  | <b>lun 13/08/12</b> | <b>vie 07/09/12</b> | <b>2,3</b>   |          | \$32,000.00    |
| 1.3.1.1.1        | <b>DESCRIPCIÓN GENERAL</b>                   | 3 días          | lun 13/08/12        | mié15/08/12         | 2,3          | A        | \$4,800.00     |
| 1.3.1.1.2        | <b>USOS Y APLICACIONES</b>                   | 3 días          | jue 16/08/12        | lun 20/08/12        | 7            | A        | \$4,800.00     |
| 1.3.1.1.3        | <b>ANÁLISIS DEL MERCADO GLOBAL</b>           | 3 días          | mar 21/08/12        | jue 23/08/12        | 8            | A        | \$4,800.00     |
| 1.3.1.1.4        | <b>ANÁLISIS DE LA OFERTA</b>                 | 3 días          | vie 24/08/12        | mar 28/08/12        | 9            | A        | \$4,800.00     |
| 1.3.1.1.5        | <b>ANÁLISIS DE LA DEMANDA</b>                | 3 días          | Mié29/08/12         | vie 31/08/12        | 10           | A        | \$4,800.00     |
| 1.3.1.1.6        | <b>EVALUACIÓN DEL MERCADO</b>                | 3 días          | lun 03/09/12        | mié 05/09/12        | 11           | A        | \$4,800.00     |
| 1.3.1.1.7        | <b>ESTUDIO PRECIOS Y COMERCIALIZACIÓN</b>    | 2 días          | jue 06/09/12        | vie 07/09/12        | 12           | A        | \$3,200.00     |
| <b>1.3.1.2</b>   | <b>SELECCIÓN DE UBICACIÓN DE LA PLANTA</b>   | <b>15 días</b>  | <b>lun 10/09/12</b> | <b>vie 28/09/12</b> | <b>6</b>     |          | \$24,000.00    |
| 1.3.1.2.1        | <b>SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS</b>             | 5 días          | lun 10/09/12        | vie 14/09/12        | 6            | C        | \$8,000.00     |
| 1.3.1.2.2        | <b>EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS</b>            | 5 días          | lun 17/09/12        | vie 21/09/12        | 15           | C        | \$8,000.00     |
| <b>1.3.1.2.3</b> | <b>SELECCIÓN DE UBICACIÓN DE LA PLANTA</b>   | <b>5 días</b>   | <b>lun 24/09/12</b> | <b>vie 28/09/12</b> | <b>16</b>    | <b>C</b> | \$8,000.00     |

<sup>67</sup> La duración de la WBS base, se apoyó de los tiempos máximo y mínimo obtenidos a partir de las estructuras de desglose de trabajo del apéndice 4.

<sup>68</sup> Los costos totales están calculados en relación a las horas-hombre trabajadas y con un costo por hora de \$200.00 M.N. Trabajando solamente de lunes a viernes y con una jornada laboral de 8 horas.

|                  |  |                |                     |                     |           |                |                    |
|------------------|--|----------------|---------------------|---------------------|-----------|----------------|--------------------|
| <b>1.3.1.3</b>   | <b>SELECCIÓN DE LA TECNOLOGÍA</b>                                      | <b>26 días</b> | <b>lun 10/09/12</b> | <b>lun 15/10/12</b> | <b>6</b>  |                | \$41,600.00        |
| <b>1.3.1.3.1</b> | <b>BUSQUEDA DE ALTERNATIVAS</b>  | <b>7 días</b>  | <b>lun 10/09/12</b> | <b>mar18/09/12</b>  | <b>6</b>  |                | \$11,200.00        |
| 1.3.1.3.1.1      | PROCESO DE DOBLE PRESIÓN   | 3.5 días       | lun 10/09/12        | jue 13/09/12        | 6         | D              | \$5,600.00         |
| 1.3.1.3.1.2      | PROCESO DE PRESIÓN SIMPLE  | 3.5 días       | jue 13/09/12        | mar 18/09/12        | 20        | D              | \$5,600.00         |
| <b>1.3.1.3.2</b> | <b>ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS</b>  | <b>5 días</b>  | <b>mié 19/09/12</b> | <b>mar25/09/12</b>  | <b>19</b> |                | \$8,000.00         |
| 1.3.1.3.2.1      | DIAGRAMAS DE FLUJO DE CADA PROCESO                                     | 2 días         | mié 19/09/12        | jue 20/09/12        | 19        | D              | \$3,200.00         |
| 1.3.1.3.2.2      | CUMPLIMIENTO DEL ALCANCE   | 1 día          | vie 21/09/12        | vie 21/09/12        | 23        | D              | \$1,600.00         |
| 1.3.1.3.2.3      | VENTAJAS Y DESVENTAJAS   | 2 días         | lun 24/09/12        | mar 25/09/12        | 24        | D              | \$3,200.00         |
| <b>1.3.1.3.3</b> | <b>EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DEL PROCESO</b>                              | <b>14 días</b> | <b>mié 26/09/12</b> | <b>lun 15/10/12</b> | <b>22</b> |                | \$22,400.00        |
| 1.3.1.3.3.1      | EVALUACIÓN TÉCNICA   | 6 días         | mié 26/09/12        | mié 03/10/12        | 22        | D              | \$9,600.00         |
| 1.3.1.3.3.2      | COSTOS DE OPERACIÓN  | 2 días         | jue 04/10/12        | vie 05/10/12        | 27        | D              | \$3,200.00         |
| 1.3.1.3.3.3      | SELECCIÓN DEL PROCESO  | 6 días         | lun 08/10/12        | lun 15/10/12        | 28        | D              | \$9,600.00         |
| <b>1.3.1.4</b>   | <b>ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS</b>                                   | <b>80 días</b> | <b>lun 01/10/12</b> | <b>vie 18/01/13</b> | <b>14</b> |                | \$128,000.00       |
| 1.3.1.4.1        | MUESTREO   | 15 días        | lun 01/10/12        | vie 19/10/12        | 14        | EXTERNO        | \$24,000.00        |
| 1.3.1.4.2        | PRUEBAS DE LABORATORIO   | 30 días        | lun 22/10/12        | vie 30/11/12        | 31        | EXTERNO        | \$48,000.00        |
| <b>1.3.1.4.3</b> | <b>PRESENTACIÓN DE RESULTADOS</b>                                      | <b>15 días</b> | <b>lun 03/12/12</b> | <b>vie 21/12/12</b> | <b>32</b> | <b>EXTERNO</b> | <b>\$24,000.00</b> |
| 1.3.1.4.4        | PLANO TOPOGRÁFICO  | 20 días        | lun 24/12/12        | vie 18/01/13        | 33        | EXTERNO        | \$32,000.00        |
| <b>1.3.1.5</b>   | <b>ESTUDIO DE VIABILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA</b>                         | <b>13 días</b> | <b>mar16/10/12</b>  | <b>jue 01/11/12</b> | <b>18</b> |                | \$20,800.00        |
| 1.3.1.5.1        | ESTIMADOS PRELIMINARES DE COSTO  | 6 días         | mar 16/10/12        | mar23/10/12         | 18        |                | \$9,600.00         |
| 1.3.1.5.1.1      | DETERMINAR COSTO DE MATERIAS PRIMAS                                    | 1 día          | mar 16/10/12        | mar 16/10/12        | 18        | B              | \$1,600.00         |
| 1.3.1.5.1.2      | DETERMINAR PRECIO DE VENTA ACTUAL                                      | 1 día          | mié 17/10/12        | mié 17/10/12        | 37        | B              | \$1,600.00         |
| 1.3.1.5.1.3      | CANTIDAD DE MATERIA PRIMA NECESARIA                                    | 1 día          | jue 18/10/12        | jue 18/10/12        | 38        | B              | \$1,600.00         |
| 1.3.1.5.1.4      | ESTABLECER MERCADO DEL PRODUCTO: LOCAL Y EXTERIOR                      | 1 día          | vie 19/10/12        | vie 19/10/12        | 39        | B              | \$1,600.00         |
| 1.3.1.5.1.5      | OBTENER COSTOS DE PLANTAS DEL MISMO PRODUCTO O SIMILARES               | 1 día          | lun 22/10/12        | lun 22/10/12        | 40        | B              | \$1,600.00         |
| 1.3.1.5.1.6      | DETALLAR LOS COSTOS ANUALES (MATERIA PRIMA, COSTOS DE OPERACIÓN, ETC.) | 1 día          | mar 23/10/12        | mar 23/10/12        | 41        | B              | \$1,600.00         |
| 1.3.1.5.2        | ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD   | 7 días         | mié 24/10/12        | jue 01/11/12        |           |                | \$11,200.00        |
| 1.3.1.5.2.1      | TASA DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN                                   | 2 días         | mié 24/10/12        | jue 25/10/12        | 36        | B              | \$3,200.00         |
| 1.3.1.5.2.2      | TASA INTERNA DE RETORNO  | 2 días         | vie 26/10/12        | lun 29/10/12        | 44        | B              | \$3,200.00         |



|                  |   |                 |                     |                     |             |   |                |
|------------------|---|-----------------|---------------------|---------------------|-------------|---|----------------|
| 1.3.1.5.2.3      | VALOR PRESENTE NETO                           | 2 días          | mar 30/10/12        | mié 31/10/12        | 45          | B | \$3,200.00     |
| 1.3.1.5.2.4      | PUNTO DE EQUILIBRIO                           | 1 día           | jue 01/11/12        | jue 01/11/12        | 46          | B | \$1,600.00     |
| <b>1.4</b>       | <b>ETAPA 2</b>                                | <b>210 días</b> | <b>vie 02/11/12</b> | <b>jue 22/08/13</b> |             |   | \$2,513,600.00 |
| <b>1.4.1</b>     | <b>INGENIERÍA BÁSICA</b>                      | <b>101 días</b> | <b>vie 02/11/12</b> | <b>vie 22/03/13</b> | <b>35</b>   |   | \$646,400.00   |
| <b>1.4.1.1</b>   | <b>INGENIERÍA DE PROCESO</b>                  | <b>101 días</b> | <b>vie 02/11/12</b> | <b>vie 22/03/13</b> | <b>35</b>   |   | \$646,400.00   |
| <b>1.4.1.1.1</b> | <b>BASES DE DISEÑO</b>                        | <b>5 días</b>   | <b>vie 02/11/12</b> | <b>jue 08/11/12</b> | <b>35</b>   | E | \$8,000.00     |
| <b>1.4.1.1.2</b> | <b>CRITERIOS DE DISEÑO</b>                    | <b>5 días</b>   | <b>vie 09/11/12</b> | <b>jue 15/11/12</b> | <b>51</b>   | E | \$8,000.00     |
| <b>1.4.1.1.3</b> | <b>DESCRIPCIÓN DEL PROCESO</b>                | <b>30 días</b>  | <b>vie 16/11/12</b> | <b>jue 27/12/12</b> | <b>52</b>   | E | \$48,000.00    |
| <b>1.4.1.1.4</b> | <b>DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO</b>           | <b>30 días</b>  | <b>vie 16/11/12</b> | <b>jue 27/12/12</b> | <b>53CC</b> | B | \$48,000.00    |
| <b>1.4.1.1.5</b> | <b>BALANCES DE MATERIA Y ENERGÍA</b>          | <b>30 días</b>  | <b>vie 16/11/12</b> | <b>jue 27/12/12</b> | <b>54CC</b> | A | \$48,000.00    |
| <b>1.4.1.1.6</b> | <b>MEMORIA DE CALCULO DE EQUIPOS</b>          | <b>19 días</b>  | <b>vie 28/12/12</b> | <b>mié 23/01/13</b> |             |   | \$96,000.00    |
| 1.4.1.1.6.1      | VAPORIZADOR DE AMONIACO                       | 4 días          | vie 28/12/12        | mié 02/01/13        | 54          | B | \$6,400.00     |
| 1.4.1.1.6.2      | SOBRECALENTADOR DE AMONIACO                   | 5 días          | jue 03/01/13        | mié 09/01/13        | 57,54       | B | \$8,000.00     |
| 1.4.1.1.6.3      | COMPRESORES DE AIRE                           | 3 días          | jue 10/01/13        | lun 14/01/13        | 58,54       | B | \$4,800.00     |
| 1.4.1.1.6.4      | MEZCLADOR DE ALIMENTACIÓN AL REACTOR          | 3 días          | mar 15/01/13        | jue 17/01/13        | 59,54       | B | \$4,800.00     |
| 1.4.1.1.6.5      | REACTOR                                       | 7 días          | vie 28/12/12        | lun 07/01/13        | 54          | F | \$11,200.00    |
| 1.4.1.1.6.6      | SOBRECALENTADOR DE VAPOR                      | 3 días          | mar 08/01/13        | jue 10/01/13        | 61,54       | F | \$4,800.00     |
| 1.4.1.1.6.7      | CALDERA DE CALOR RESIDUAL                     | 3 días          | vie 11/01/13        | mar 15/01/13        | 62,54       | F | \$4,800.00     |
| 1.4.1.1.6.8      | FILTRO DE PLATINO                             | 3 días          | mié 16/01/13        | vie 18/01/13        | 63,54       | F | \$4,800.00     |
| 1.4.1.1.6.9      | PRECALENTADOR GAS DE COLA                     | 3 días          | lun 21/01/13        | mié 23/01/13        | 64,54       | F | \$4,800.00     |
| 1.4.1.1.6.10     | UNIDAD DE OXIDACIÓN                           | 3 días          | vie 28/12/12        | mar 01/01/13        | 54          | G | \$4,800.00     |
| 1.4.1.1.6.11     | ENFRIADOR/CONDENSADOR                         | 3 días          | mié 02/01/13        | vie 04/01/13        | 66,54       | G | \$4,800.00     |
| 1.4.1.1.6.12     | REFRIGERADOR SECUNDARIO                       | 3 días          | lun 07/01/13        | mié 09/01/13        | 67,54       | G | \$4,800.00     |
| 1.4.1.1.6.13     | ABSORBEDOR                                    | 4 días          | jue 10/01/13        | mar 15/01/13        | 68,54       | G | \$6,400.00     |
| 1.4.1.1.6.14     | COLUMNA DE BLANQUEO                           | 4 días          | vie 28/12/12        | mié 02/01/13        | 54          | E | \$6,400.00     |
| 1.4.1.1.6.15     | SEPARADOR LÍQUIDO-VAPOR                       | 3 días          | jue 03/01/13        | lun 07/01/13        | 70,54       | E | \$4,800.00     |
| 1.4.1.1.6.16     | CALENTADOR GAS DE COLA                        | 3 días          | mar 08/01/13        | jue 10/01/13        | 71,54       | E | \$4,800.00     |
| 1.4.1.1.6.17     | UNIDAD DE REFRIGERACIÓN                       | 3 días          | vie 11/01/13        | mar 15/01/13        | 72,54       | E | \$4,800.00     |
| <b>1.4.1.1.7</b> | <b>DIAGRAMA DE TUBERIAS E INSTRUMENTACIÓN</b> | <b>30 días</b>  | <b>vie 28/12/12</b> | <b>jue 07/02/13</b> | <b>54</b>   | J | \$48,000.00    |
| <b>1.4.1.1.8</b> | <b>BALANCE DE SERVICIOS AUXILIARES</b>        | <b>20 días</b>  | <b>vie 28/12/12</b> | <b>jue 24/01/13</b> | <b>54</b>   | L | \$32,000.00    |
| <b>1.4.1.1.9</b> | <b>LISTA DE EQUIPOS</b>                       | <b>2 días</b>   | <b>jue 24/01/13</b> | <b>vie 25/01/13</b> |             |   | \$3,200.00     |

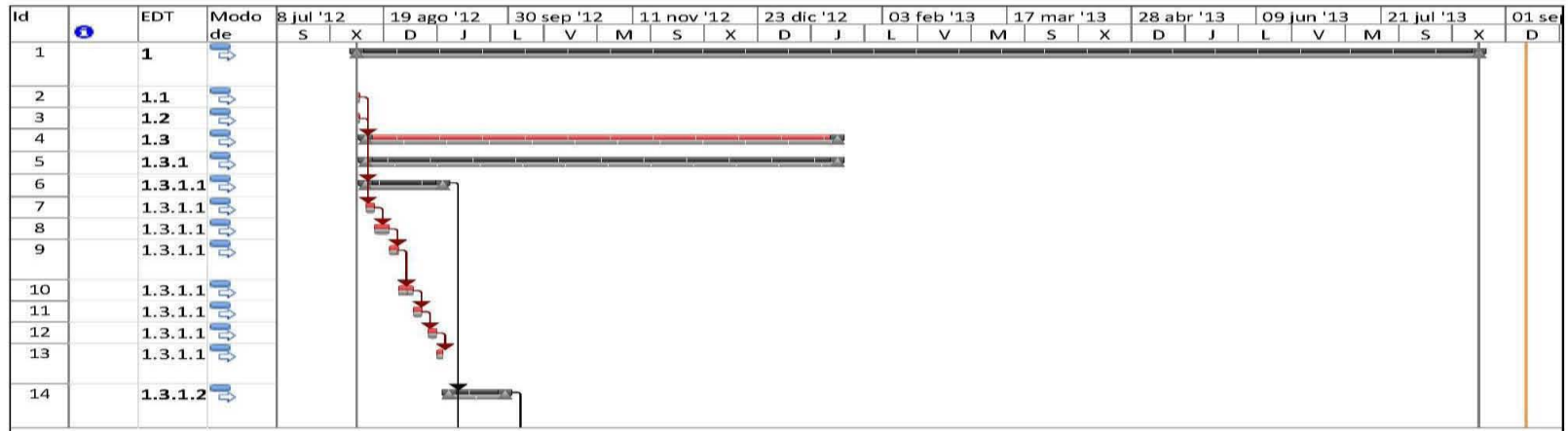
|                   |  |                |                     |                     |              |   |              |
|-------------------|--|----------------|---------------------|---------------------|--------------|---|--------------|
| 1.4.1.1.9.1       | <b>LISTA DE EQUIPOS</b>                    | 2 días         | jue 24/01/13        | vie 25/01/13        | 56           | H | \$3,200.00   |
| <b>1.4.1.1.10</b> | <b>HOJAS DE DATOS</b>                      | <b>20 días</b> | <b>jue 24/01/13</b> | <b>mié 20/02/13</b> | <b>56</b>    |   | \$107,200.00 |
| 1.4.1.1.10.1      | VAPORIZADOR DE AMONIACO                    | 4 días         | jue 24/01/13        | mar 29/01/13        | 57           | D | \$6,400.00   |
| 1.4.1.1.10.2      | SOBRECALENTADOR DE AMONIACO                | 4 días         | mié 30/01/13        | lun 04/02/13        | 58,79        | D | \$6,400.00   |
| 1.4.1.1.10.3      | COMPRESORES DE AIRE                        | 4 días         | mar 05/02/13        | vie 08/02/13        | 59,80        | D | \$6,400.00   |
| 1.4.1.1.10.4      | MEZCLADOR DE ALIMENTACIÓN AL REACTOR       | 4 días         | lun 11/02/13        | jue 14/02/13        | 60,81        | D | \$6,400.00   |
| 1.4.1.1.10.5      | REACTOR                                    | 5 días         | jue 24/01/13        | mié 30/01/13        | 61           | B | \$8,000.00   |
| 1.4.1.1.10.6      | SOBRECALENTADOR DE VAPOR                   | 4 días         | jue 31/01/13        | mar 05/02/13        | 62,83        | B | \$6,400.00   |
| 1.4.1.1.10.7      | CALDERA DE CALOR RESIDUAL                  | 4 días         | mié 06/02/13        | lun 11/02/13        | 63,84        | B | \$6,400.00   |
| 1.4.1.1.10.8      | FILTRO DE PLATINO                          | 2 días         | mar 12/02/13        | mié 13/02/13        | 64,85        | B | \$3,200.00   |
| 1.4.1.1.10.9      | PRECALENTADOR GAS DE COLA                  | 4 días         | jue 24/01/13        | mar 29/01/13        | 65           | I | \$6,400.00   |
| 1.4.1.1.10.10     | UNIDAD DE OXIDACIÓN                        | 4 días         | mié 30/01/13        | lun 04/02/13        | 66,87        | I | \$6,400.00   |
| 1.4.1.1.10.11     | ENFRIADOR/CONDENSADOR                      | 4 días         | mar 05/02/13        | vie 08/02/13        | 67,88        | I | \$6,400.00   |
| 1.4.1.1.10.12     | REFRIGERADOR SECUNDARIO                    | 4 días         | lun 11/02/13        | jue 14/02/13        | 68,89        | I | \$6,400.00   |
| 1.4.1.1.10.13     | ABSORBEDOR                                 | 4 días         | jue 24/01/13        | mar 29/01/13        | 69           | A | \$6,400.00   |
| 1.4.1.1.10.14     | COLUMNA DE BLANQUEO                        | 4 días         | mié 30/01/13        | lun 04/02/13        | 70,91        | A | \$6,400.00   |
| 1.4.1.1.10.15     | SEPARADOR LÍQUIDO-VAPOR                    | 4 días         | mar 05/02/13        | vie 08/02/13        | 71,92        | A | \$6,400.00   |
| 1.4.1.1.10.16     | CALENTADOR GAS                             | 4 días         | lun 11/02/13        | jue 14/02/13        | 72,93        | A | \$6,400.00   |
| 1.4.1.1.10.17     | UNIDAD DE REFRIGERACIÓN                    | 4 días         | vie 15/02/13        | mié 20/02/13        | 73,94        | A | \$6,400.00   |
| <b>1.4.1.1.11</b> | <b>DIAGRAMA DE SERVICIOS AUXILIARES</b>    | <b>10 días</b> | <b>vie 25/01/13</b> | <b>jue 07/02/13</b> | <b>75</b>    | L | \$16,000.00  |
| <b>1.4.1.1.12</b> | <b>PLANO DE ARREGLO GENERAL DE EQUIPO</b>  | <b>20 días</b> | <b>lun 28/01/13</b> | <b>vie 22/02/13</b> | <b>76</b>    | H | \$32,000.00  |
| <b>1.4.1.1.13</b> | <b>FILOSOFIA DE OPERACIÓN</b>              | <b>30 días</b> | <b>mar 05/02/13</b> | <b>lun 18/03/13</b> | <b>93CC</b>  | C | \$48,000.00  |
| <b>1.4.1.1.14</b> | <b>SISTEMAS DE DESFOGUE</b>                | <b>15 días</b> | <b>vie 08/02/13</b> | <b>jue 28/02/13</b> | <b>74</b>    | J | \$24,000.00  |
| <b>1.4.1.1.15</b> | <b>SISTEMA DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES</b> | <b>15 días</b> | <b>vie 08/02/13</b> | <b>jue 28/02/13</b> | <b>74</b>    |   | \$48,000.00  |
| 1.4.1.1.15.1      | FOSA RECOLECTORA DE DRENAJE                | 15 días        | vie 08/02/13        | jue 28/02/13        | 74           | L | \$24,000.00  |
| 1.4.1.1.15.2      | SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA             | 15 días        | vie 08/02/13        | jue 28/02/13        | 74           | K | \$24,000.00  |
| <b>1.4.1.1.16</b> | <b>PLANO DE LOCALIZACIÓN GENERAL</b>       | <b>20 días</b> | <b>lun 25/02/13</b> | <b>vie 22/03/13</b> | <b>54,97</b> |   | \$32,000.00  |
| 1.4.1.1.16.1      | REVISIÓN DE DIMENSIONES DE EQUIPOS         | 2 días         | lun 25/02/13        | mar 26/02/13        | 54,97        | E | \$3,200.00   |
| 1.4.1.1.16.2      | CRITERIOS DE SEPARACIÓN DE EQUIPOS         | 2 días         | mié 27/02/13        | jue 28/02/13        | 104          | E | \$3,200.00   |
| 1.4.1.1.16.3      | ALTERNATIVAS DE ARREGLO DE EQUIPOS         | 4 días         | vie 01/03/13        | mié 06/03/13        | 105          | E | \$6,400.00   |
| 1.4.1.1.16.4      | PLOT PLAN                                  | 12 días        | jue 07/03/13        | vie 22/03/13        | 106          | E | \$19,200.00  |

|                  |  |                 |                     |                     |           |      |                |
|------------------|--|-----------------|---------------------|---------------------|-----------|------|----------------|
| <b>1.4.2</b>     | <b>INGENIERÍA DE DETALLE</b>                           | <b>170 días</b> | <b>vie 28/12/12</b> | <b>jue 22/08/13</b> |           |      | \$1,867,200.00 |
| <b>1.4.2.1</b>   | <b>TUBERIAS</b>  | <b>90 días</b>  | <b>vie 08/02/13</b> | <b>jue 13/06/13</b> |           |      | \$192,000.00   |
| 1.4.2.1.1        | <b>ISOMÉTRICOS</b>                                     | 30 días         | vie 08/02/13        | jue 21/03/13        | 74        | TID  | \$48,000.00    |
| 1.4.2.1.2        | <b>LISTA DE MATERIALES</b>                             | 10 días         | vie 22/03/13        | jue 04/04/13        | 110       | TID  | \$16,000.00    |
| 1.4.2.1.3        | <b>DISEÑO DE TUBERÍA AEREA Y SUBTERRÁNEA</b>           | 30 días         | vie 22/03/13        | jue 02/05/13        | 110       | TID2 | \$48,000.00    |
| 1.4.2.1.4        | <b>ESTUDIO DE ANÁLISIS DE ESFUERZOS</b>                | 20 días         | vie 22/03/13        | jue 18/04/13        | 110       | TID3 | \$32,000.00    |
| 1.4.2.1.5        | <b>ESPECIFICACION DE TUBERIAS DE PROCESO</b>           | 30 días         | vie 03/05/13        | jue 13/06/13        | 112       | TID3 | \$48,000.00    |
| <b>1.4.2.2</b>   | <b>INGENIERÍA MECÁNICA</b>                             | <b>40 días</b>  | <b>jue 21/02/13</b> | <b>mié 17/04/13</b> | <b>78</b> |      | \$96,000.00    |
| 1.4.2.2.1        | <b>ESPECIFICACIONES DE EQUIPO DINÁMICO</b>             | 20 días         | jue 21/02/13        | mié 20/03/13        | 78        | IM   | \$32,000.00    |
| 1.4.2.2.2        | <b>ESPECIFICACIÓN DE RECIPIENTES</b>                   | 20 días         | jue 21/02/13        | mié 20/03/13        | 78        | IM2  | \$32,000.00    |
| 1.4.2.2.3        | <b>DIBUJOS DE RECIPIENTES</b>                          | 20 días         | jue 21/03/13        | mié 17/04/13        | 117       | IM2  | \$32,000.00    |
| <b>1.4.2.3</b>   | <b>ELECTRICO</b>                                       | <b>60 días</b>  | <b>vie 08/02/13</b> | <b>jue 02/05/13</b> |           |      | \$240,000.00   |
| 1.4.2.3.1        | <b>DIAGRAMAS UNIFILARES</b>                            | 30 días         | vie 08/02/13        | jue 21/03/13        | 74        | IE   | \$48,000.00    |
| 1.4.2.3.2        | <b>PLANO DE CLASIFICACIÓN DE ÁREAS</b>                 | 20 días         | lun 25/02/13        | vie 22/03/13        | 97        | IE2  | \$32,000.00    |
| 1.4.2.3.3        | <b>TIERRAS Y PARARAYOS</b>                             | 10 días         | lun 25/02/13        | vie 08/03/13        | 97        | IE3  | \$16,000.00    |
| 1.4.2.3.4        | <b>ESPECIFICACIÓN DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA</b>      | 30 días         | vie 22/03/13        | jue 02/05/13        | 120       | IE   | \$48,000.00    |
| 1.4.2.3.5        | <b>ESPECIFICACIÓN DEL CENTRO DE CONTROL DE MOTORES</b> | 30 días         | vie 22/03/13        | jue 02/05/13        | 120       | IE3  | \$48,000.00    |
| 1.4.2.3.6        | <b>LISTA DE MATERIALES</b>                             | 10 días         | lun 25/03/13        | vie 05/04/13        | 121       | IE2  | \$16,000.00    |
| 1.4.2.3.7        | <b>ALUMBRADO</b>                                       | 10 días         | lun 25/03/13        | vie 05/04/13        | 103       | IE4  | \$16,000.00    |
| 1.4.2.3.8        | <b>COMUNICACIONES</b>                                  | 10 días         | lun 08/04/13        | vie 19/04/13        | 126       | IE4  | \$16,000.00    |
| <b>1.4.2.4</b>   | <b>INSTRUMENTACIÓN</b>                                 | <b>75 días</b>  | <b>vie 08/02/13</b> | <b>jue 23/05/13</b> | <b>74</b> |      | \$360,000.00   |
| 1.4.2.4.1        | <b>LISTA DE INSTRUMENTOS</b>                           | 15 días         | vie 08/02/13        | jue 28/02/13        | 74        | INS  | \$24,000.00    |
| <b>1.4.2.4.2</b> | <b>MEDIDORES DE PRESIÓN</b>                            | <b>20 días</b>  | <b>vie 08/02/13</b> | <b>jue 07/03/13</b> |           |      | \$32,000.00    |
| 1.4.2.4.2.1      | HOJA DE DATOS DE MEDIDORES DE PRESIÓN                  | 10 días         | vie 08/02/13        | jue 21/02/13        | 74        | INS2 | \$16,000.00    |
| 1.4.2.4.2.2      | ESPECIFICACIONES DE MEDIDORES DE PRESIÓN               | 10 días         | vie 22/02/13        | jue 07/03/13        | 131       | INS2 | \$16,000.00    |
| <b>1.4.2.4.3</b> | <b>MEDIDORES DE FLUJO</b>                              | <b>20 días</b>  | <b>vie 08/02/13</b> | <b>jue 07/03/13</b> |           |      | \$32,000.00    |
| 1.4.2.4.3.1      | HOJA DE DATOS DE MEDIDORES DE FLUJO                    | 10 días         | vie 08/02/13        | jue 21/02/13        | 74        | INS3 | \$16,000.00    |
| 1.4.2.4.3.2      | ESPECIFICACIONES DE MEDIDORES DE FLUJO                 | 10 días         | vie 22/02/13        | jue 07/03/13        | 134       | INS3 | \$16,000.00    |
| <b>1.4.2.4.4</b> | <b>MEDIDORES DE TEMPERATURA</b>                        | <b>20 días</b>  | <b>vie 08/03/13</b> | <b>jue 04/04/13</b> |           |      | \$32,000.00    |
| 1.4.2.4.4.1      | HOJA DE DATOS DE MEDIDORES DE                          | 10 días         | vie 08/03/13        | jue 21/03/13        | 74,132    | INS2 | \$16,000.00    |

|                  |   |                |                     |                     |           |      |              |
|------------------|---|----------------|---------------------|---------------------|-----------|------|--------------|
|                  | TEMPERATURA                                     |                |                     |                     |           |      |              |
| 1.4.2.4.4.2      | ESPECIFICACIONES DE MEDIDORES DE TEMPERATURA    | 10 días        | vie 22/03/13        | jue 04/04/13        | 137       | INS2 | \$16,000.00  |
| <b>1.4.2.4.5</b> | <b>VÁLVULAS DE CONTROL</b>                      | <b>20 días</b> | <b>vie 08/03/13</b> | <b>jue 04/04/13</b> |           |      | \$32,000.00  |
| 1.4.2.4.5.1      | HOJAS DE DATOS DE VÁLVULAS DE CONTROL           | 10 días        | vie 08/03/13        | jue 21/03/13        | 74,135    | INS3 | \$16,000.00  |
| 1.4.2.4.5.2      | ESPECIFICACIONES DE VÁLVULAS DE CONTROL         | 10 días        | vie 22/03/13        | jue 04/04/13        | 140       | INS3 | \$16,000.00  |
| 1.4.2.4.6        | <b>FILOSOFÍA DE CONTROL</b>                     | 30 días        | vie 01/03/13        | jue 11/04/13        | 129       | INS  | \$48,000.00  |
| 1.4.2.4.7        | <b>PLANO DE LOCALIZACIÓN DE INSTRUMENTOS</b>    | 20 días        | vie 01/03/13        | jue 28/03/13        | 129       | INS4 | \$32,000.00  |
| 1.4.2.4.8        | <b>PLANOS DE RUTAS DE CONDUCCIÓN DE SEÑALES</b> | 20 días        | vie 29/03/13        | jue 25/04/13        | 143       | INS4 | \$32,000.00  |
| 1.4.2.4.9        | <b>DISCOS DE RUPTURA</b>                        | 15 días        | vie 05/04/13        | jue 25/04/13        | 141       | INS3 | \$24,000.00  |
| 1.4.2.4.10       | <b>DIAGRAMAS LÓGICOS DE CONTROL</b>             | 15 días        | vie 12/04/13        | jue 02/05/13        | 142       | INS  | \$24,000.00  |
| 1.4.2.4.11       | <b>LISTA DE MATERIALES</b>                      | 15 días        | vie 03/05/13        | jue 23/05/13        | 146       | INS  | \$24,000.00  |
| 1.4.2.4.12       | <b>SUMARIO DE ALARMAS</b>                       | 15 días        | vie 26/04/13        | jue 16/05/13        | 145       | INS4 | \$24,000.00  |
| <b>1.4.2.5</b>   | <b>INGENIERÍA CIVIL</b>                         | <b>94 días</b> | <b>lun 21/01/13</b> | <b>jue 30/05/13</b> |           |      | \$355,200.00 |
| 1.4.2.5.1        | <b>PREPARACIÓN DEL SITIO</b>                    | 20 días        | lun 21/01/13        | vie 15/02/13        | 34        | IC   | \$32,000.00  |
| <b>1.4.2.5.2</b> | <b>PLANO DE ESTRUCTURAS</b>                     | <b>30 días</b> | <b>jue 21/02/13</b> | <b>mié 03/04/13</b> | <b>78</b> |      | \$163,200.00 |
| 1.4.2.5.2.1      | VAPORIZADOR DE AMONIACO                         | 6 días         | jue 21/02/13        | jue 28/02/13        | 79        | IC2  | \$9,600.00   |
| 1.4.2.5.2.2      | SOBRECALENTADOR DE AMONIACO                     | 6 días         | vie 01/03/13        | vie 08/03/13        | 152,80    | IC2  | \$9,600.00   |
| 1.4.2.5.2.3      | COMPRESORES DE AIRE                             | 6 días         | lun 11/03/13        | lun 18/03/13        | 153,81    | IC2  | \$9,600.00   |
| 1.4.2.5.2.4      | MEZCLADOR DE ALIMENTACIÓN AL REACTOR            | 6 días         | mar 19/03/13        | mar 26/03/13        | 154,82    | IC2  | \$9,600.00   |
| 1.4.2.5.2.5      | REACTOR   | 6 días         | jue 21/02/13        | jue 28/02/13        | 83        | IC3  | \$9,600.00   |
| 1.4.2.5.2.6      | SOBRECALENTADOR DE VAPOR                        | 6 días         | vie 01/03/13        | vie 08/03/13        | 156,84    | IC3  | \$9,600.00   |
| 1.4.2.5.2.7      | CALDERA DE CALOR RESIDUAL                       | 6 días         | lun 11/03/13        | lun 18/03/13        | 157,85    | IC3  | \$9,600.00   |
| 1.4.2.5.2.8      | FILTRO DE PLATINO                               | 6 días         | mar 19/03/13        | mar 26/03/13        | 158,86    | IC3  | \$9,600.00   |
| 1.4.2.5.2.9      | PRECALENTADOR GAS DE COLA                       | 6 días         | jue 21/02/13        | jue 28/02/13        | 87        | IC4  | \$9,600.00   |
| 1.4.2.5.2.10     | UNIDAD DE OXIDACIÓN                             | 6 días         | vie 01/03/13        | vie 08/03/13        | 160,88    | IC4  | \$9,600.00   |
| 1.4.2.5.2.11     | ENFRIADOR/CONDENSADOR                           | 6 días         | lun 11/03/13        | lun 18/03/13        | 161,89    | IC4  | \$9,600.00   |
| 1.4.2.5.2.12     | REFRIGERADOR SECUNDARIO                         | 6 días         | mar 19/03/13        | mar 26/03/13        | 162,90    | IC4  | \$9,600.00   |
| 1.4.2.5.2.13     | ABSORBEDOR                                      | 6 días         | jue 21/02/13        | jue 28/02/13        | 91        | IC5  | \$9,600.00   |
| 1.4.2.5.2.14     | COLUMNA DE BLANQUEO                             | 6 días         | vie 01/03/13        | vie 08/03/13        | 164,92    | IC5  | \$9,600.00   |
| 1.4.2.5.2.15     | SEPARADOR LÍQUIDO-VAPOR                         | 6 días         | lun 11/03/13        | lun 18/03/13        | 165,93    | IC5  | \$9,600.00   |

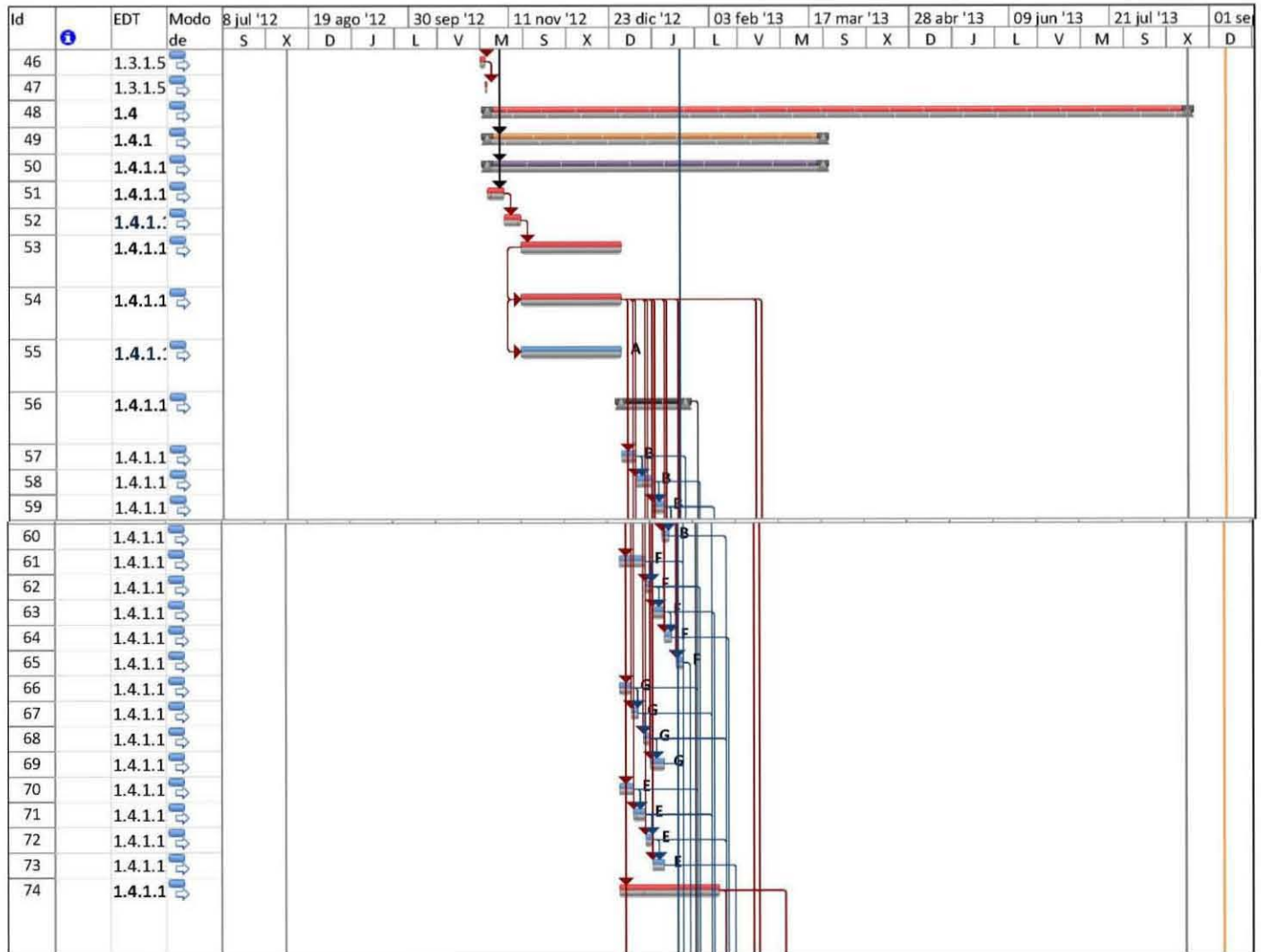
|                  |   |                 |                     |                     |        |      |              |
|------------------|---|-----------------|---------------------|---------------------|--------|------|--------------|
| 1.4.2.5.2.16     | CALENTADOR GAS DE COLA                          | 6 días          | mar 19/03/13        | mar 26/03/13        | 166,94 | IC5  | \$9,600.00   |
| 1.4.2.5.2.17     | UNIDAD DE REFRIGERACIÓN                         | 6 días          | mié 27/03/13        | mié 03/04/13        | 167,95 | IC5  | \$9,600.00   |
| 1.4.2.5.3        | <b>RACK DE TUBERÍAS</b>                         | 30 días         | lun 25/02/13        | vie 05/04/13        | 97     | IC   | \$48,000.00  |
| 1.4.2.5.4        | <b>LISTA DE MATERIALES</b>                      | 15 días         | jue 04/04/13        | mié 24/04/13        | 151    | IC2  | \$24,000.00  |
| 1.4.2.5.5        | <b>ESPECIFICACIONES DE ESTRUCTURAS</b>          | 15 días         | jue 04/04/13        | mié 24/04/13        | 151    | IC3  | \$24,000.00  |
| 1.4.2.5.6        | <b>PLANO DE PLATAFORMAS Y ESCALERAS</b>         | 20 días         | jue 18/04/13        | mié 15/05/13        | 118    | IC   | \$32,000.00  |
| 1.4.2.5.7        | <b>PLANO INSTALACIONES SUBTERRANEAS</b>         | 20 días         | vie 03/05/13        | jue 30/05/13        | 112    | IC3  | \$32,000.00  |
| <b>1.4.2.6</b>   | <b>ARQUITECTURA</b>                             | <b>85 días</b>  | <b>vie 26/04/13</b> | <b>jue 22/08/13</b> |        |      | \$136,000.00 |
| 1.4.2.6.1        | <b>DISEÑO ARQUITECTÓNICO</b>                    | 30 días         | vie 26/04/13        | jue 06/06/13        | 144    | ARQ1 | \$48,000.00  |
| 1.4.2.6.2        | <b>MODELOS TRIDIMENSIONALES</b>                 | 35 días         | vie 07/06/13        | jue 25/07/13        | 175    | ARQ1 | \$56,000.00  |
| 1.4.2.6.3        | <b>LISTA DE MATERIALES</b>                      | 20 días         | vie 26/07/13        | jue 22/08/13        | 176    | ARQ1 | \$32,000.00  |
| <b>1.4.2.7</b>   | <b>CONTROL AMBIENTAL</b>                        | <b>161 días</b> | <b>vie 28/12/12</b> | <b>vie 09/08/13</b> |        |      | \$320,000.00 |
| 1.4.2.7.1        | <b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b>             | 40 días         | vie 28/12/12        | jue 21/02/13        | 54     | AMB1 | \$64,000.00  |
| <b>1.4.2.7.2</b> | <b>MANIFIESTO DE IMPACTO AMBIENTAL</b>          | 40 días         | vie 22/02/13        | jue 18/04/13        | 179    |      | \$64,000.00  |
| 1.4.2.7.2.1      | DESCRIPCIÓN DEL DESARROLLO PROPUESTO            | 3 días          | vie 22/02/13        | mar 26/02/13        | 179    | AMB2 | \$4,800.00   |
| 1.4.2.7.2.2      | DESCRIPCIÓN DE LA ZONA LOCAL                    | 2 días          | mié 27/02/13        | jue 28/02/13        | 181    | AMB2 | \$3,200.00   |
| 1.4.2.7.2.3      | IMPACTOS POTENCIALES                            | 5 días          | vie 01/03/13        | jue 07/03/13        | 182    | AMB2 | \$8,000.00   |
| 1.4.2.7.2.4      | EXAMEN DE LOS EFECTOS EN LA ZONA                | 10 días         | vie 08/03/13        | jue 21/03/13        | 183    | AMB2 | \$16,000.00  |
| 1.4.2.7.2.5      | CONSULTAS Y OBJECIONES                          | 10 días         | vie 22/03/13        | jue 04/04/13        | 184    | AMB2 | \$16,000.00  |
| 1.4.2.7.2.6      | PERSPECTIVAS DE EMPLEO                          | 5 días          | vie 05/04/13        | jue 11/04/13        | 185    | AMB2 | \$8,000.00   |
| 1.4.2.7.2.7      | FACTORES AMBIENTALES                            | 5 días          | vie 12/04/13        | jue 18/04/13        | 186    | AMB2 | \$8,000.00   |
| 1.4.2.7.3        | <b>PLAN DE MANEJO DE MATERIALES PELIGROSOS</b>  | 30 días         | lun 25/02/13        | vie 05/04/13        | 74,97  | AMB  | \$48,000.00  |
| 1.4.2.7.4        | <b>LICENCIAS Y PERMISOS AMBIENTALES</b>         | 90 días         | lun 08/04/13        | vie 09/08/13        | 188    | AMB1 | \$144,000.00 |
| <b>1.4.2.8</b>   | <b>SEGURIDAD</b>                                | <b>105 días</b> | <b>vie 08/02/13</b> | <b>jue 04/07/13</b> |        |      | \$168,000.00 |
| 1.4.2.8.1        | <b>ANÁLISIS DE RIESGOS HAZOP</b>                | 40 días         | vie 08/02/13        | jue 04/04/13        | 74     | RI   | \$64,000.00  |
| 1.4.2.8.2        | <b>PLANO DE RED CONTRA INCENDIO</b>             | 30 días         | vie 05/04/13        | jue 16/05/13        | 191,97 | RI   | \$48,000.00  |
| 1.4.2.8.3        | <b>ESPECIFICACIÓN DE EQUIPO CONTRA INCENDIO</b> | 15 días         | vie 17/05/13        | jue 06/06/13        | 192    | RI2  | \$24,000.00  |
| 1.4.2.8.4        | <b>CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVIDAD</b>          | 10 días         | vie 07/06/13        | jue 20/06/13        | 193    | RI2  | \$16,000.00  |
| 1.4.2.8.5        | <b>SEGURO DE LA PLANTA</b>                      | 10 días         | vie 21/06/13        | jue 04/07/13        | 194    | RI2  | \$16,000.00  |

Enseguida se muestra el diagrama de Gantt para visualizar gráficamente dicha estructura de desglose de trabajo, así como la ruta crítica y línea base correspondiente al proyecto.



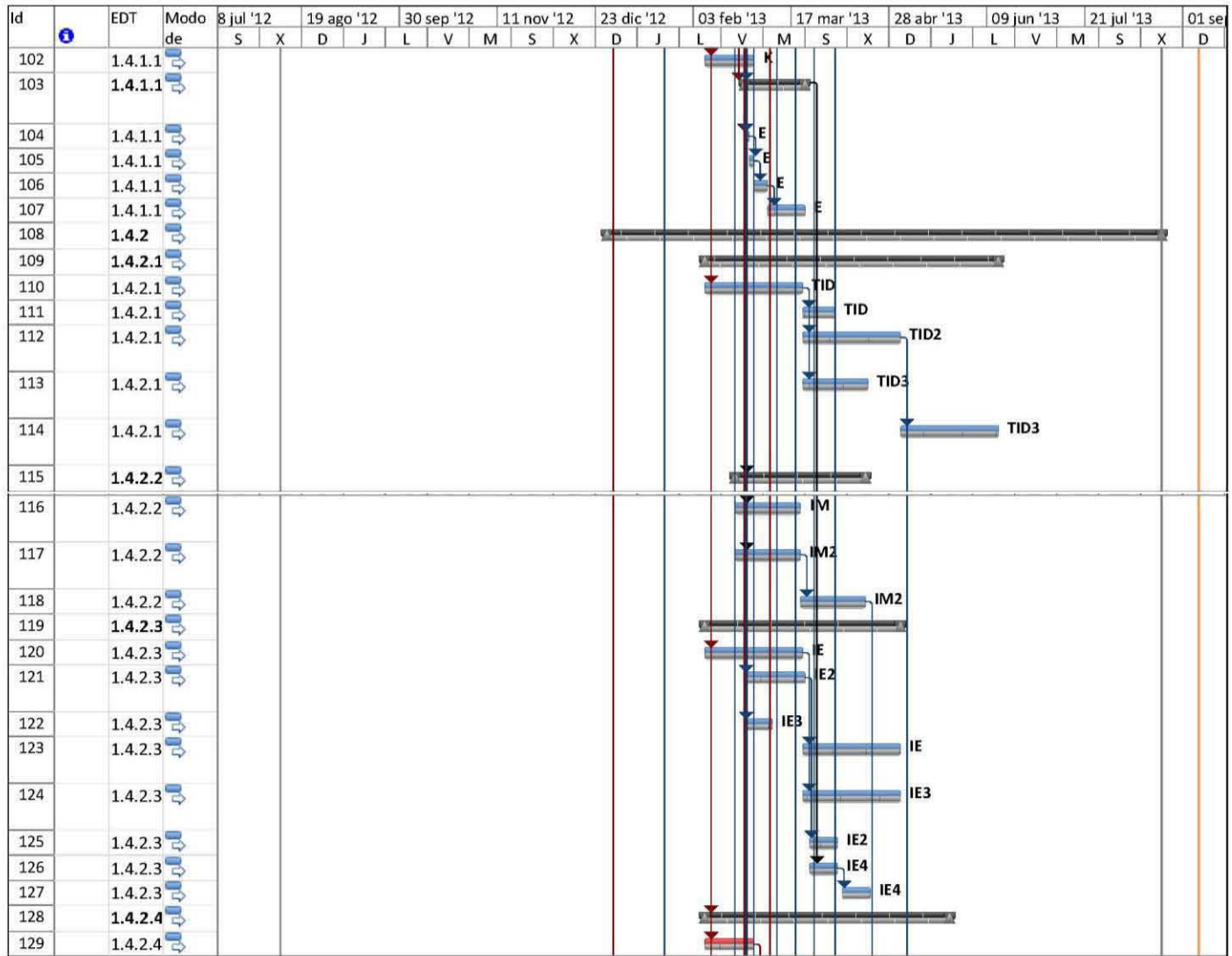
| Id | EDT     | Modo de | 8 jul '12 |   | 19 ago '12 |   | 30 sep '12 |   | 11 nov '12 |   | 23 dic '12 |   | 03 feb '13 |   | 17 mar '13 |   | 28 abr '13 |   | 09 jun '13 |   | 21 jul '13 |   | 01 sep |   |
|----|---------|---------|-----------|---|------------|---|------------|---|------------|---|------------|---|------------|---|------------|---|------------|---|------------|---|------------|---|--------|---|
|    |         |         | S         | X | D          | J | L          | V | M          | S | X          | D | J          | L | V          | M | S          | X | D          | J | L          | V | M      | S |
| 15 | 1.3.1.2 |         |           |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |        |   |
| 16 | 1.3.1.2 |         |           |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |        |   |
| 17 | 1.3.1.2 |         |           |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |        |   |
| 18 | 1.3.1.3 |         |           |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |        |   |
| 19 | 1.3.1.3 |         |           |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |        |   |
| 20 | 1.3.1.3 |         |           |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |        |   |
| 21 | 1.3.1.3 |         |           |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |        |   |
| 22 | 1.3.1.3 |         |           |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |        |   |
| 23 | 1.3.1.3 |         |           |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |        |   |
| 24 | 1.3.1.3 |         |           |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |        |   |
| 25 | 1.3.1.3 |         |           |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |        |   |
| 26 | 1.3.1.3 |         |           |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |        |   |
| 27 | 1.3.1.3 |         |           |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |        |   |
| 28 | 1.3.1.3 |         |           |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |        |   |
| 29 | 1.3.1.3 |         |           |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |        |   |
| 30 | 1.3.1.4 |         |           |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |        |   |
| 31 | 1.3.1.4 |         |           |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |        |   |
| 32 | 1.3.1.4 |         |           |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |        |   |
| 33 | 1.3.1.4 |         |           |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |        |   |
| 34 | 1.3.1.4 |         |           |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |        |   |
| 35 | 1.3.1.5 |         |           |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |        |   |
| 36 | 1.3.1.5 |         |           |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |        |   |
| 37 | 1.3.1.5 |         |           |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |        |   |
| 38 | 1.3.1.5 |         |           |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |        |   |
| 39 | 1.3.1.5 |         |           |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |        |   |
| 40 | 1.3.1.5 |         |           |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |        |   |
| 41 | 1.3.1.5 |         |           |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |        |   |
| 42 | 1.3.1.5 |         |           |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |        |   |
| 43 | 1.3.1.5 |         |           |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |        |   |
| 44 | 1.3.1.5 |         |           |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |        |   |
| 45 | 1.3.1.5 |         |           |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |        |   |

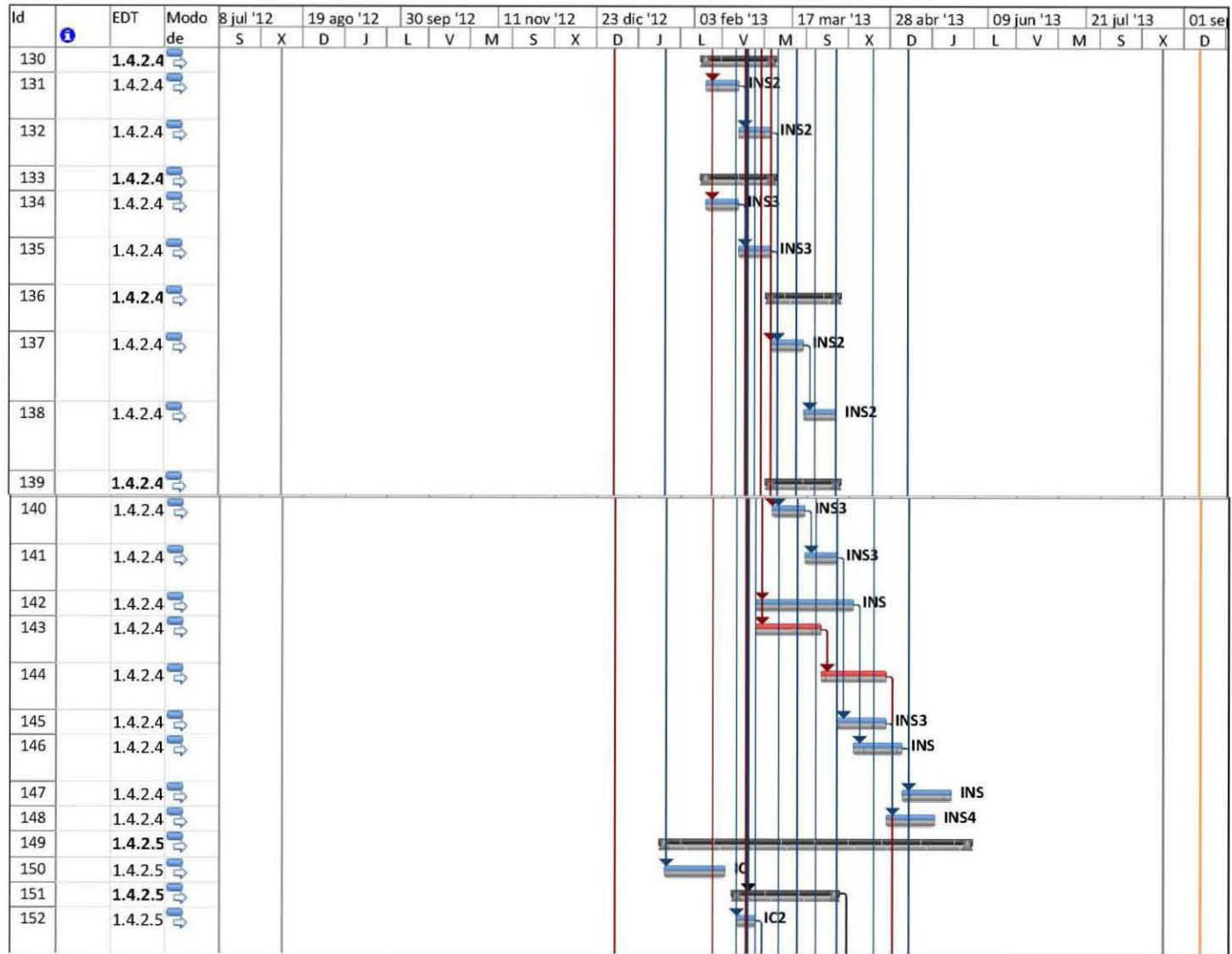


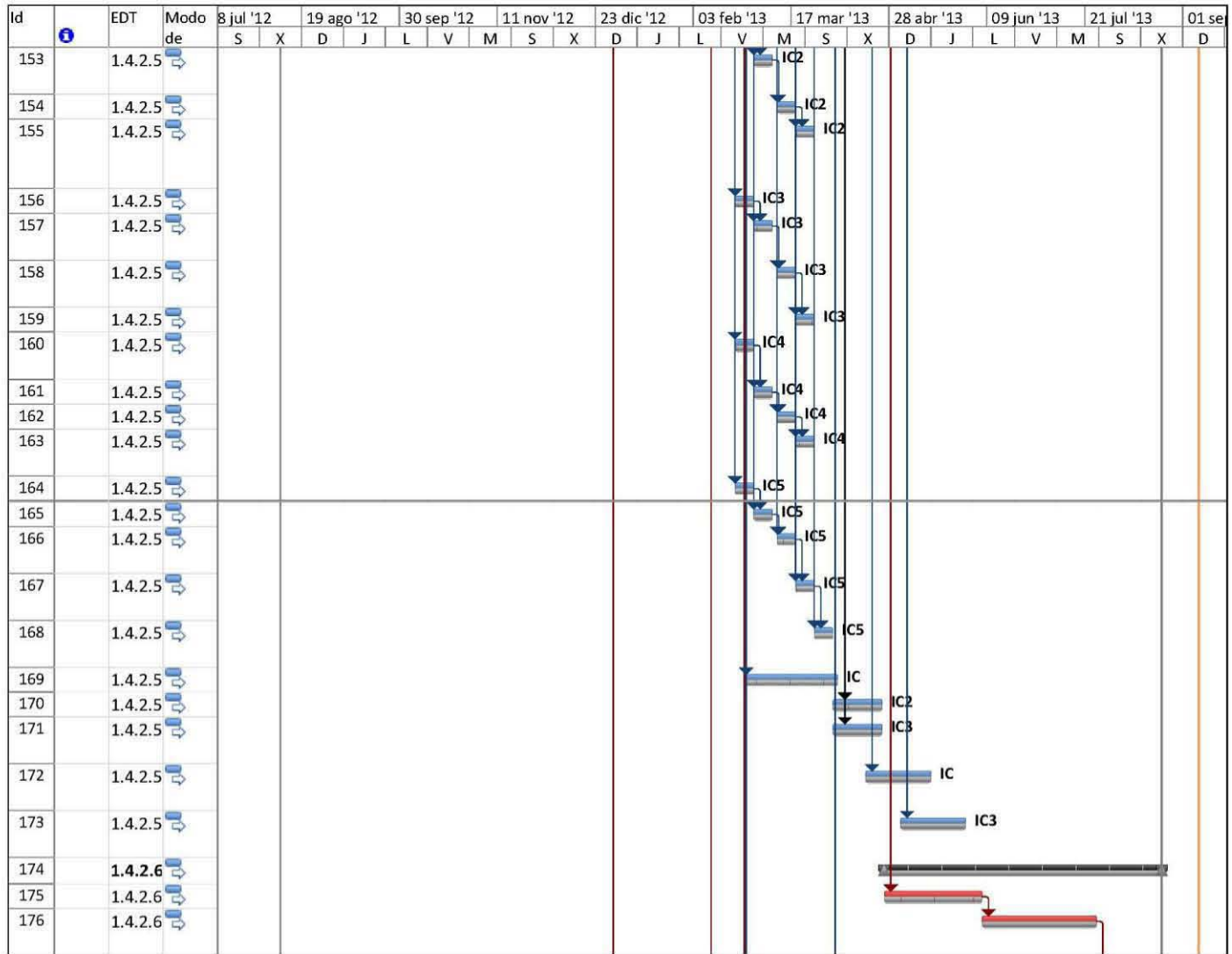


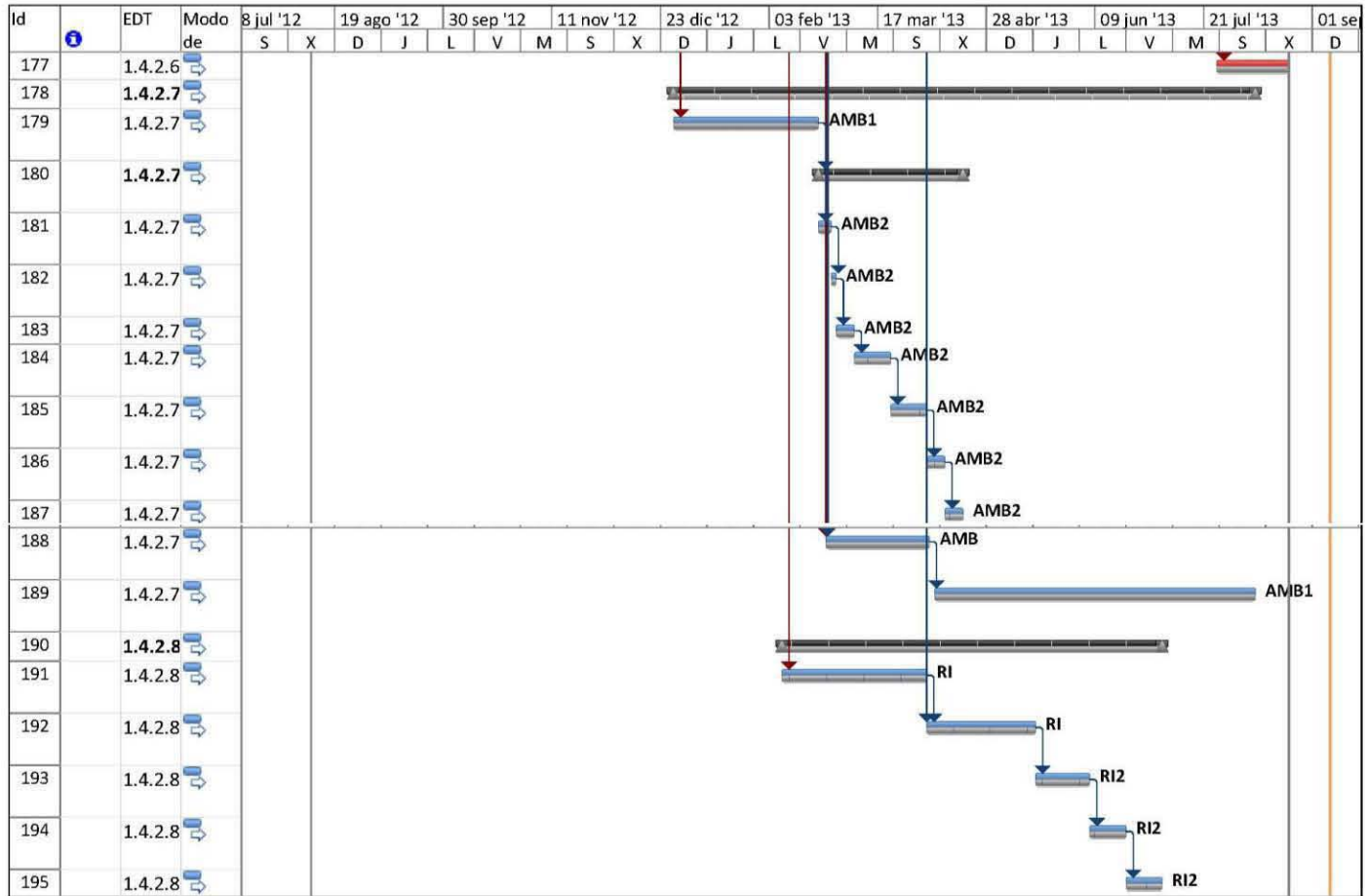


| Id  | EDT     | Modo de | 8 jul '12 |   | 19 ago '12 |   | 30 sep '12 |   | 11 nov '12 |   | 23 dic '12 |   | 03 feb '13 |   | 17 mar '13 |   | 28 abr '13 |   | 09 jun '13 |   | 21 jul '13 |   | 01 se |   |   |   |
|-----|---------|---------|-----------|---|------------|---|------------|---|------------|---|------------|---|------------|---|------------|---|------------|---|------------|---|------------|---|-------|---|---|---|
|     |         |         | S         | X | D          | J | L          | V | M          | S | X          | D | J          | L | V          | M | S          | X | D          | J | L          | V | M     | S | X | D |
| 75  | 1.4.1.1 | →       |           |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |       |   |   |   |
| 76  | 1.4.1.1 | →       |           |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |       |   |   |   |
| 77  | 1.4.1.1 | →       |           |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |       |   |   |   |
| 78  | 1.4.1.1 | →       |           |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |       |   |   |   |
| 79  | 1.4.1.1 | →       |           |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |       |   |   |   |
| 80  | 1.4.1.1 | →       |           |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |       |   |   |   |
| 81  | 1.4.1.1 | →       |           |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |       |   |   |   |
| 82  | 1.4.1.1 | →       |           |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |       |   |   |   |
| 83  | 1.4.1.1 | →       |           |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |       |   |   |   |
| 84  | 1.4.1.1 | →       |           |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |       |   |   |   |
| 85  | 1.4.1.1 | →       |           |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |       |   |   |   |
| 86  | 1.4.1.1 | →       |           |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |       |   |   |   |
| 87  | 1.4.1.1 | →       |           |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |       |   |   |   |
| 88  | 1.4.1.1 | →       |           |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |       |   |   |   |
| 89  | 1.4.1.1 | →       |           |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |       |   |   |   |
| 90  | 1.4.1.1 | →       |           |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |       |   |   |   |
| 91  | 1.4.1.1 | →       |           |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |       |   |   |   |
| 92  | 1.4.1.1 | →       |           |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |       |   |   |   |
| 93  | 1.4.1.1 | →       |           |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |       |   |   |   |
| 94  | 1.4.1.1 | →       |           |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |       |   |   |   |
| 95  | 1.4.1.1 | →       |           |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |       |   |   |   |
| 96  | 1.4.1.1 | →       |           |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |       |   |   |   |
| 97  | 1.4.1.1 | →       |           |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |       |   |   |   |
| 98  | 1.4.1.1 | →       |           |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |       |   |   |   |
| 99  | 1.4.1.1 | →       |           |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |       |   |   |   |
| 100 | 1.4.1.1 | →       |           |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |       |   |   |   |
| 101 | 1.4.1.1 | →       |           |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |            |   |       |   |   |   |









|  |                      |  |                           |  |
|--|----------------------|--|---------------------------|--|
| Proyecto: WBS Planta de Producc<br>Fecha: dom 08/09/13 | Tarea                |  | Informe de resumen manual |  |
|  | División             |  | Resumen manual            |  |
|  | Hito                 |  | Sólo el comienzo          |  |
|  | Resumen              |  | Sólo fin                  |  |
|  | Resumen del proyecto |  | Fecha límite              |  |
|  | Tareas externas      |  | Tareas críticas           |  |
|  | Hito externo         |  | División crítica          |  |
|  | Tarea inactiva       |  | Línea base                |  |
|  | Hito inactivo        |  | Hito de línea base        |  |
|  | Resumen inactivo     |  | Resumen de línea base     |  |
|  | Tarea manual         |  | Progreso                  |  |
|  | Sólo duración        |  |                           |  |

**Figura 5.2** Diagrama de Gantt del proyecto.<sup>69</sup>

La última parte de la figura 5.2 muestra la simbología para poder entender de forma completa el diagrama de Gantt. Y en general se puede observar que la barra roja nos indica las actividades de la ruta crítica que van a formar parte fundamental en el control del proyecto.

Después de realizar la estructura de desglose de trabajo, establecer la línea base, hacer el diagrama de Gantt y obtener los costos de cada una de las tareas, se procede a realizar el análisis de riesgo asociado a cada actividad.

<sup>69</sup> Diagrama de Gantt obtenido a partir del programa Microsoft Project, correspondiente a la estructura de desglose de trabajo presentada en la tabla 5.4

## 5.4.2. Resultado del análisis de riesgo

### 5.4.2.1. Identificación y evaluación de riesgos del proyecto

En base a una amplia lista de riesgos comunes identificados en proyectos, generada en la Torre de Ingeniería de la UNAM, se seleccionaron los riesgos aplicables al caso de estudio y se determinó la probabilidad e impacto de cada uno de ellos, los valores de probabilidad e impacto se obtienen a partir de la tabla 2.2.

**Tabla 5.5.** Clasificación general de los riesgos del proyecto.<sup>70</sup>

| 1    | INGENIERÍA   | Probabilidad | Impacto  | Riesgo |      |      |
|------|--|--------------|----------|--------|------|------|
| 1.01 | Concepción inapropiada del caso de negocio                 | Baja         | Bajo     | 0.3    | 0.1  | 0.03 |
| 1.02 | Deficiencias en las bases de usuario                       | Muy Alta     | Muy Alto | 0.9    | 0.8  | 0.72 |
| 1.03 | Datos inadecuados en las bases de diseño                   | Media        | Alto     | 0.5    | 0.4  | 0.20 |
| 1.04 | Inconsistencias en las bases de diseño                     | Baja         | Alto     | 0.3    | 0.4  | 0.12 |
| 1.05 | Información insuficiente                                   | Baja         | Alto     | 0.3    | 0.4  | 0.12 |
| 1.06 | Selección inadecuada del licenciador o firma de ingeniería | Muy Baja     | Bajo     | 0.1    | 0.1  | 0.01 |
| 1.07 | Cambio o precisiones en las bases de diseño                | Baja         | Muy Bajo | 0.3    | 0.05 | 0.02 |
| 1.08 | Cambios en los estándares de diseño                        | Baja         | Muy Bajo | 0.3    | 0.05 | 0.02 |
| 1.09 | Cambios en la normatividad técnica interna                 | Muy Baja     | Bajo     | 0.1    | 0.1  | 0.01 |
| 1.10 | Cambios en la normatividad técnica oficial                 | Baja         | Bajo     | 0.3    | 0.1  | 0.03 |
| 1.11 | Cambios en la tecnología aplicada                          | Baja         | Alto     | 0.3    | 0.4  | 0.12 |
| 1.12 | Incompatibilidad de tecnologías aplicadas                  | Media        | Alto     | 0.5    | 0.4  | 0.20 |
| 1.13 | Cambios de alcance durante FEL2                            | Media        | Muy Alto | 0.5    | 0.8  | 0.40 |
| 1.14 | Insuficiencia de personal calificado                       | Muy Baja     | Bajo     | 0.1    | 0.1  | 0.01 |

<sup>70</sup> Tabla adaptada al proyecto basada en la desarrollada en la Torre de Ingeniería de la UNAM.

|          |  |          |          |     |     |      |
|----------|--|----------|----------|-----|-----|------|
| 1.15     | Diseñadores inexpertos(contratistas)   | Baja     | Bajo     | 0.3 | 0.1 | 0.03 |
| 1.16     | Cambios en los líderes de especialidad de ingeniería                                     | Baja     | Alto     | 0.3 | 0.4 | 0.12 |
| 1.17     | Deficiencias en la supervisión/administración interna                                    | Media    | Medio    | 0.5 | 0.2 | 0.10 |
| 1.18     | Imprecisión en los diseños y especificaciones  | Baja     | Alto     | 0.3 | 0.4 | 0.12 |
| 1.19     | Incumplimiento de la ingeniería con las bases de diseño                                  | Baja     | Alto     | 0.3 | 0.4 | 0.12 |
| 1.20     | Incumplimiento de la ingeniería con las normas técnicas                                  | Muy Baja | Alto     | 0.1 | 0.4 | 0.04 |
| 1.21     | Errores de diseño  | Baja     | Alto     | 0.3 | 0.4 | 0.12 |
| 1.22     | Retrabajos   | Media    | Alto     | 0.5 | 0.4 | 0.20 |
| 1.23     | Oportunidades de optimización del diseño   | Media    | Alto     | 0.5 | 0.4 | 0.20 |
| 1.24     | Retrasos en trabajos de definición   | Baja     | Muy Alto | 0.3 | 0.8 | 0.24 |
| 1.25     | Plataformas de diseño inadecuadas  | Baja     | Alto     | 0.3 | 0.4 | 0.12 |
| 1.26     | Procesos de diseño inadecuados   | Baja     | Alto     | 0.3 | 0.4 | 0.12 |
| 1.27     | Especificaciones y/o dimensiones de equipos erróneos al no tener terminada la ingeniería | Alta     | Alto     | 0.7 | 0.4 | 0.28 |
| 1.28     | Retrasos en la Ingeniería  | Media    | Muy Alto | 0.5 | 0.8 | 0.40 |
| <b>2</b> | <b>EVENTOS DE LA NATURALEZA (ACTOS DE DIOS)</b>  |          |          |     |     |      |
| 2.01     | Tempestad  | Alta     | Medio    | 0.7 | 0.2 | 0.14 |
| 2.02     | Inundación   | Media    | Medio    | 0.5 | 0.2 | 0.10 |
| 2.03     | Huracán  | Baja     | Alto     | 0.3 | 0.4 | 0.12 |
| 2.04     | Sismos   | Media    | Medio    | 0.5 | 0.2 | 0.10 |
| <b>3</b> | <b>SEGURIDAD Y RIESGOS AMBIENTALES</b>   |          |          |     |     |      |
| 3.01     | Problemas ambientales  | Baja     | Bajo     | 0.3 | 0.1 | 0.03 |
| 3.02     | Falta de seguridad   | Muy Baja | Medio    | 0.1 | 0.2 | 0.02 |
| 3.03     | Contingencias  | Media    | Medio    | 0.5 | 0.2 | 0.10 |
| 3.04     | Cambios en las normas de seguridad   | Baja     | Bajo     | 0.3 | 0.1 | 0.03 |
| 3.05     | Accidentes discapacitantes   | Baja     | Bajo     | 0.3 | 0.1 | 0.03 |
| 3.06     | Indemnizaciones  | Baja     | Bajo     | 0.3 | 0.1 | 0.03 |
| 3.07     | Incumplimiento a normas de seguridad   | Baja     | Bajo     | 0.3 | 0.1 | 0.03 |
| 3.08     | Costos adicionales para el cumplimiento de las normas de seguridad                       | Muy Baja | Bajo     | 0.1 | 0.1 | 0.01 |
| 3.09     | Ajustes al diseño por cambios en la normatividad ambiental                               | Muy Baja | Bajo     | 0.1 | 0.1 | 0.01 |
| 3.10     | Accidentes por riesgo ocupacional (incapacitantes/discapacitantes)                       | Muy Baja | Bajo     | 0.1 | 0.1 | 0.01 |



| <b>4 POLÍTICO ECONÓMICO</b>         |  |          |          |     |      |      |
|-------------------------------------|--|----------|----------|-----|------|------|
| <b>4.01</b>                         | Cambios en el contrato   | Media    | Alto     | 0.5 | 0.4  | 0.20 |
| <b>4.02</b>                         | Falta de soporte financiero  | Media    | Muy Alto | 0.5 | 0.8  | 0.40 |
| <b>4.03</b>                         | Cambio de políticas de inversión                                       | Baja     | Bajo     | 0.3 | 0.1  | 0.03 |
| <b>4.04</b>                         | Retrasos en la asignación de recursos                                  | Media    | Alto     | 0.5 | 0.4  | 0.20 |
| <b>4.05</b>                         | Paridad de la moneda   | Alta     | Muy Bajo | 0.7 | 0.05 | 0.04 |
| <b>4.06</b>                         | Inflación  | Baja     | Bajo     | 0.3 | 0.1  | 0.03 |
| <b>4.07</b>                         | Cambio de políticas de impuestos                                       | Baja     | Muy Bajo | 0.3 | 0.05 | 0.02 |
| <b>4.08</b>                         | Quiebra de la empresa contratista                                      | Baja     | Medio    | 0.3 | 0.2  | 0.06 |
| <b>4.09</b>                         | Fusiones empresariales   | Muy Baja | Bajo     | 0.1 | 0.1  | 0.01 |
| <b>4.10</b>                         | Cambios en los niveles jerárquicos de decisión                         | Alta     | Medio    | 0.7 | 0.2  | 0.14 |
| <b>4.11</b>                         | Inestabilidad política   | Media    | Alto     | 0.5 | 0.4  | 0.20 |
| <b>4.12</b>                         | Inestabilidad económica  | Baja     | Bajo     | 0.3 | 0.1  | 0.03 |
| <b>4.13</b>                         | Afectación del mercado a la viabilidad del proyecto                    | Baja     | Alto     | 0.3 | 0.4  | 0.12 |
| <b>5 ADMINISTRACION DE PROYECTO</b> |  |          |          |     |      |      |
| <b>5.01</b>                         | Cambio de alcance  | Media    | Muy Alto | 0.5 | 0.8  | 0.40 |
| <b>5.02</b>                         | Insuficiente personal para la administración del proyecto              | Alta     | Alto     | 0.7 | 0.4  | 0.28 |
| <b>5.03</b>                         | Falta de experiencia en proyectos similares                            | Baja     | Medio    | 0.3 | 0.2  | 0.06 |
| <b>5.04</b>                         | Falta de entendimiento de responsabilidades de las partes involucradas | Media    | Medio    | 0.5 | 0.2  | 0.10 |
| <b>5.05</b>                         | Deficiencias en la planeación del proyecto                             | Baja     | Alto     | 0.3 | 0.4  | 0.12 |
| <b>5.06</b>                         | Falta de control de cambios del programa                               | Media    | Muy Alto | 0.5 | 0.8  | 0.40 |
| <b>5.07</b>                         | Errores en la estimación de recursos                                   | Media    | Alto     | 0.5 | 0.4  | 0.20 |
| <b>5.08</b>                         | Estimación de costos incorrecta  | Media    | Alto     | 0.5 | 0.4  | 0.20 |
| <b>5.09</b>                         | Falta de control del estimado de costos                                | Media    | Medio    | 0.5 | 0.2  | 0.10 |
| <b>5.10</b>                         | Deficiencias en el control técnico-administrativo                      | Alta     | Alto     | 0.7 | 0.4  | 0.28 |
| <b>5.11</b>                         | Cambios en los responsables de la administración del proyecto          | Baja     | Muy Alto | 0.3 | 0.8  | 0.24 |
| <b>5.12</b>                         | Estructura organizacional inadecuada                                   | Baja     | Bajo     | 0.3 | 0.1  | 0.03 |
| <b>5.13</b>                         | Conflictos de autoridad  | Baja     | Bajo     | 0.3 | 0.1  | 0.03 |
| <b>5.14</b>                         | Procedimientos de trabajo inadecuados                                  | Alta     | Alto     | 0.7 | 0.4  | 0.28 |
| <b>5.15</b>                         | Desorden documental  | Baja     | Alto     | 0.3 | 0.4  | 0.12 |

|             |   |       |          |     |     |      |
|-------------|---|-------|----------|-----|-----|------|
| <b>5.16</b> | Deficiencias en la distribución oportuna de documentos o información      | Media | Alto     | 0.5 | 0.4 | 0.20 |
| <b>5.17</b> | Burocracia administrativa   | Media | Medio    | 0.5 | 0.2 | 0.10 |
| <b>5.18</b> | Imprecisiones contractuales   | Media | Medio    | 0.5 | 0.2 | 0.10 |
| <b>5.19</b> | Cambios en los contratos  | Baja  | Medio    | 0.3 | 0.2 | 0.06 |
| <b>5.20</b> | Falta de oportunidad en la toma de decisiones                             | Baja  | Alto     | 0.3 | 0.4 | 0.12 |
| <b>5.21</b> | Manejo inadecuado de órdenes de cambio                                    | Baja  | Medio    | 0.3 | 0.2 | 0.06 |
| <b>5.22</b> | Manejo inadecuado de la relación Contratista - Dirección de proyecto      | Media | Alto     | 0.5 | 0.4 | 0.20 |
| <b>5.23</b> | Incompatibilidad de metas   | Baja  | Alto     | 0.3 | 0.4 | 0.12 |
| <b>5.24</b> | Administración del proyecto deficiente                                    | Media | Muy Alto | 0.5 | 0.8 | 0.40 |
| <b>5.25</b> | Subestimación de costos   | Media | Medio    | 0.5 | 0.2 | 0.10 |
| <b>5.26</b> | Incumplimiento de los planes de mitigación acordados con las contratistas | Alta  | Alto     | 0.7 | 0.4 | 0.28 |
| <b>5.27</b> | Selección de contratistas con baja capacidad financiera                   | Media | Muy Alto | 0.5 | 0.8 | 0.40 |
| <b>6</b>    | <b>LEGAL</b>  |       |          |     |     |      |
| <b>6.01</b> | Incumplimiento del contrato   | Alta  | Muy Alto | 0.7 | 0.8 | 0.56 |
| <b>6.02</b> | Sanciones internas  | Baja  | Medio    | 0.3 | 0.2 | 0.06 |
| <b>6.03</b> | Suspensión de actividades por el contratista                              | Media | Medio    | 0.5 | 0.2 | 0.10 |
| <b>6.04</b> | Controversias   | Media | Medio    | 0.5 | 0.2 | 0.10 |
| <b>6.05</b> | Mala interpretación y entendimiento del contrato                          | Baja  | Bajo     | 0.3 | 0.1 | 0.03 |
| <b>6.06</b> | Reclamos del contratista  | Baja  | Bajo     | 0.3 | 0.1 | 0.03 |
| <b>6.07</b> | Demandas  | Baja  | Bajo     | 0.3 | 0.1 | 0.03 |
| <b>7</b>    | <b>SOCIAL</b>   |       |          |     |     |      |
| <b>7.01</b> | Reclamaciones de la comunidad   | Baja  | Bajo     | 0.3 | 0.1 | 0.03 |
| <b>7.02</b> | Sabotaje  | Baja  | Alto     | 0.3 | 0.4 | 0.12 |
| <b>7.03</b> | Vandalismo  | Baja  | Bajo     | 0.3 | 0.1 | 0.03 |
| <b>7.04</b> | Terrorismo  | Baja  | Bajo     | 0.3 | 0.1 | 0.03 |

La tabla 5.5 muestra los riesgos que pueden ocurrir a lo largo del ciclo de vida del proyecto, además de la probabilidad, impacto y riesgo cuantificados de cada uno de ellos si es que se presentan.

#### 5.4.2.2. Tabla de jerarquización de riesgos

Una vez cuantificados los riesgos se procede a realizar la jerarquización de los mismos, del riesgo de mayor al riesgo de menor impacto en el proyecto, además de establecer los diferentes escenarios a analizar.

**Tabla 5.6.** Jerarquización de los riesgos asociados al proyecto.

|             |  |             |
|-------------|--|-------------|
| <b>1.02</b> | <b>Deficiencias en las bases de usuario</b>  | <b>0.72</b> |
| <b>6.01</b> | Incumplimiento del contrato  | <b>0.56</b> |
| <b>1.13</b> | Cambios de alcance durante FEL2  | <b>0.40</b> |
| <b>1.28</b> | Retrasos en la Ingeniería  | <b>0.40</b> |
| <b>4.02</b> | Falta de soporte financiero  | <b>0.40</b> |
| <b>5.01</b> | Cambio de alcance  | <b>0.40</b> |
| <b>5.06</b> | Falta de control de cambios del programa   | <b>0.40</b> |
| <b>5.24</b> | Administración del proyecto deficiente   | <b>0.40</b> |
| <b>5.27</b> | Selección de contratistas con baja capacidad financiera                                  | <b>0.40</b> |
| <b>1.27</b> | Especificaciones y/o dimensiones de equipos erróneos al no tener terminada la ingeniería | <b>0.28</b> |
| <b>5.02</b> | Insuficiente personal para la administración del proyecto                                | <b>0.28</b> |
| <b>5.10</b> | Deficiencias en el control técnico-administrativo  | <b>0.28</b> |
| <b>5.14</b> | Procedimientos de trabajo inadecuados  | <b>0.28</b> |
| <b>5.26</b> | Incumplimiento de los planes de mitigación acordados con las contratistas                | <b>0.28</b> |
| <b>1.24</b> | Retrasos en trabajos de definición   | <b>0.24</b> |
| <b>5.11</b> | Cambios en los responsables de la administración del proyecto                            | <b>0.24</b> |
| <b>1.03</b> | Datos inadecuados en las bases de diseño   | <b>0.20</b> |
| <b>1.12</b> | Incompatibilidad de tecnologías aplicadas  | <b>0.20</b> |
| <b>1.22</b> | Retrabajos   | <b>0.20</b> |
| <b>1.23</b> | Oportunidades de optimización del diseño   | <b>0.20</b> |
| <b>4.01</b> | Cambios en el contrato   | <b>0.20</b> |
| <b>4.04</b> | Retrasos en la asignación de recursos  | <b>0.20</b> |
| <b>4.11</b> | Inestabilidad política   | <b>0.20</b> |
| <b>5.07</b> | Errores en la estimación de recursos   | <b>0.20</b> |
| <b>5.08</b> | Estimación de costos incorrecta  | <b>0.20</b> |
| <b>5.16</b> | Deficiencias en la distribución oportuna de documentos o información                     | <b>0.20</b> |
| <b>5.22</b> | Manejo inadecuado de la relación Contratista - Dirección de proyecto                     | <b>0.20</b> |

|             |  |             |
|-------------|--|-------------|
| <b>2.01</b> | Tempestad  | <b>0.14</b> |
| <b>4.10</b> | Cambios en los niveles jerárquicos de decisión                         | <b>0.14</b> |
| <b>1.04</b> | Inconsistencias en las bases de diseño                                 | <b>0.12</b> |
| <b>1.05</b> | Información insuficiente   | <b>0.12</b> |
| <b>1.11</b> | Cambios en la tecnología aplicada                                      | <b>0.12</b> |
| <b>1.16</b> | Cambios en los líderes de especialidad de ingeniería                   | <b>0.12</b> |
| <b>1.18</b> | Imprecisión en los diseños y especificaciones                          | <b>0.12</b> |
| <b>1.19</b> | Incumplimiento de la ingeniería con las bases de diseño                | <b>0.12</b> |
| <b>1.21</b> | Errores de diseño  | <b>0.12</b> |
| <b>1.25</b> | Plataformas de diseño inadecuadas                                      | <b>0.12</b> |
| <b>1.26</b> | Procesos de diseño inadecuados   | <b>0.12</b> |
| <b>2.03</b> | Huracán  | <b>0.12</b> |
| <b>4.13</b> | Afectación del mercado a la viabilidad del proyecto                    | <b>0.12</b> |
| <b>5.05</b> | Deficiencias en la planeación del proyecto                             | <b>0.12</b> |
| <b>5.15</b> | Desorden documental  | <b>0.12</b> |
| <b>5.20</b> | Falta de oportunidad en la toma de decisiones                          | <b>0.12</b> |
| <b>5.23</b> | Incompatibilidad de metas  | <b>0.12</b> |
| <b>7.02</b> | Sabotaje   | <b>0.12</b> |
| <b>1.17</b> | Deficiencias en la supervisión/administración interna                  | <b>0.10</b> |
| <b>2.02</b> | Inundación   | <b>0.10</b> |
| <b>2.04</b> | Sismos   | <b>0.10</b> |
| <b>3.03</b> | Contingencias  | <b>0.10</b> |
| <b>5.04</b> | Falta de entendimiento de responsabilidades de las partes involucradas | <b>0.10</b> |
| <b>5.09</b> | Falta de control del estimado de costos                                | <b>0.10</b> |
| <b>5.17</b> | Burocracia administrativa  | <b>0.10</b> |
| <b>5.18</b> | Imprecisiones contractuales  | <b>0.10</b> |
| <b>5.25</b> | Subestimación de costos  | <b>0.10</b> |
| <b>6.03</b> | Suspensión de actividades por el contratista                           | <b>0.10</b> |
| <b>6.04</b> | Controversias  | <b>0.10</b> |
| <b>4.08</b> | Quiebra de la empresa contratista                                      | <b>0.06</b> |
| <b>5.03</b> | Falta de experiencia en proyectos similares                            | <b>0.06</b> |
| <b>5.19</b> | Cambios en los contratos   | <b>0.06</b> |
| <b>5.21</b> | Manejo inadecuado de órdenes de cambio                                 | <b>0.06</b> |
| <b>6.02</b> | Sanciones internas   | <b>0.06</b> |
| <b>1.20</b> | Incumplimiento de la ingeniería con las normas técnicas                | <b>0.04</b> |
| <b>4.05</b> | Paridad de la moneda   | <b>0.04</b> |
| <b>1.01</b> | Concepción inapropiada del caso de negocio                             | <b>0.03</b> |
| <b>1.10</b> | Cambios en la normatividad técnica oficial                             | <b>0.03</b> |
| <b>1.15</b> | Diseñadores inexpertos(contratistas)                                   | <b>0.03</b> |
| <b>3.01</b> | Problemas ambientales  | <b>0.03</b> |
| <b>3.04</b> | Cambios en las normas de seguridad                                     | <b>0.03</b> |
| <b>3.05</b> | Accidentes discapacitantes   | <b>0.03</b> |

|             |  |             |
|-------------|--|-------------|
| <b>3.06</b> | Indemizaciones   | <b>0.03</b> |
| <b>3.07</b> | Incumplimiento a normas de seguridad                               | <b>0.03</b> |
| <b>4.03</b> | Cambio de políticas de inversión                                   | <b>0.03</b> |
| <b>4.06</b> | Inflación  | <b>0.03</b> |
| <b>4.12</b> | Inestabilidad económica  | <b>0.03</b> |
| <b>5.12</b> | Estructura organizacional inadecuada                               | <b>0.03</b> |
| <b>5.13</b> | Conflictos de autoridad  | <b>0.03</b> |
| <b>6.05</b> | Mala interpretación y entendimiento del contrato                   | <b>0.03</b> |
| <b>6.06</b> | Reclamos del contratista   | <b>0.03</b> |
| <b>6.07</b> | Demandas   | <b>0.03</b> |
| <b>7.01</b> | Reclamaciones de la comunidad                                      | <b>0.03</b> |
| <b>7.03</b> | Vandalismo   | <b>0.03</b> |
| <b>7.04</b> | Terrorismo   | <b>0.03</b> |
| <b>3.02</b> | Falta de seguridad   | <b>0.02</b> |
| <b>1.07</b> | Cambio o precisiones en las bases de diseño                        | <b>0.02</b> |
| <b>1.08</b> | Cambios en los estándares de diseño                                | <b>0.02</b> |
| <b>4.07</b> | Cambio de políticas de impuestos                                   | <b>0.02</b> |
| <b>1.06</b> | Selección inadecuada del licenciador o firma de ingeniería         | <b>0.01</b> |
| <b>1.09</b> | Cambios en la normatividad técnica interna                         | <b>0.01</b> |
| <b>1.14</b> | Insuficiencia de personal calificado                               | <b>0.01</b> |
| <b>3.08</b> | Costos adicionales para el cumplimiento de las normas de seguridad | <b>0.01</b> |
| <b>3.09</b> | Ajustes al diseño por cambios en la normatividad ambiental         | <b>0.01</b> |
| <b>3.10</b> | Accidentes por riesgo ocupacional (incapacitantes/discapacitantes) | <b>0.01</b> |
| <b>4.09</b> | Fusiones empresariales   | <b>0.01</b> |

De acuerdo a la tabla 2.2 los riesgos de alto impacto en el proyecto son los que se encuentran en color rojo, los de mediano impacto en color amarillo y los de bajo impacto en color verde.

A partir de esta tabla de jerarquización se sacan los diferentes escenarios de riesgo a estudiar, en este caso dichos escenarios se encuentran en la tabla 5.7 y se obtienen a partir del siguiente análisis:

- El primer escenario es conocido como “optimista” y se presenta al considerar los riesgos de bajo y mediano impacto.
- El segundo escenario tiene lugar cuando ocurren los riesgos de bajo y mediano impacto y solo la mitad más baja de los riesgos de alto impacto.

- El tercer escenario es el “pesimista”, en él se considera que ocurren absolutamente todos los riesgos.
- El cuarto escenario se da cuando únicamente ocurren la mitad más baja de los riesgos de alto impacto.
- El quinto escenario solamente se presenta cuando ocurre la mitad más alta de los riesgos de alto impacto.
- Finalmente el sexto escenario es aquel en el que ocurren solamente los riesgos que por su alto impacto retrasan de manera grave el proyecto o lo paran completamente.

**Tabla 5.7.** Escenarios a estudiar en el programa Primavera Pertmaster.

| ESCENARIOS DE RIESGO A ESTUDIAR |     |     |
|---------------------------------|-----|-----|
| 1                               | 6%  | 6%  |
| 2                               | 6%  | 39% |
| 3                               | 6%  | 72% |
| 4                               | 39% | 39% |
| 5                               | 39% | 72% |
| 6                               | 72% | 72% |

Como se puede observar, los escenarios 1 y 3 son los más importantes ya que van a proporcionar los límites máximo y mínimo de ahorro o retraso de tiempo y costo del proyecto.

#### 5.4.2.3. Resultado de análisis cuantitativo de riesgo en Primavera Risk Analysis.

Después de haber identificado los escenarios de riesgo, se realizan las corridas para cada uno en el programa, para fines de este trabajo a continuación sólo se muestran los que resultan de mayor utilidad para el análisis, el resto de los escenarios se encuentran en el apéndice 6.

### 5.4.2.3.1. Escenario optimista

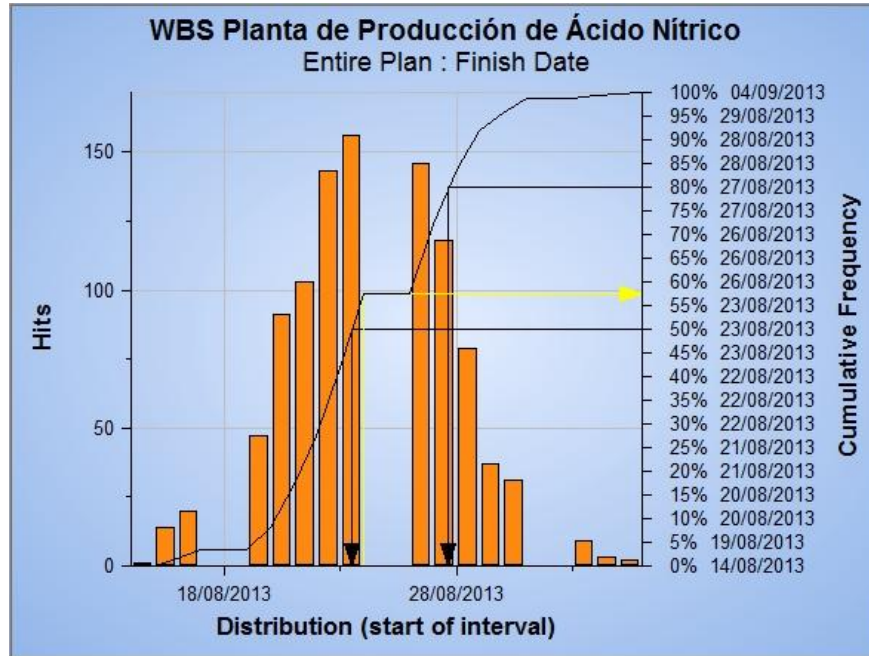


Figura 5.3 Distribución de fechas a lo largo del proyecto 6%-6%.

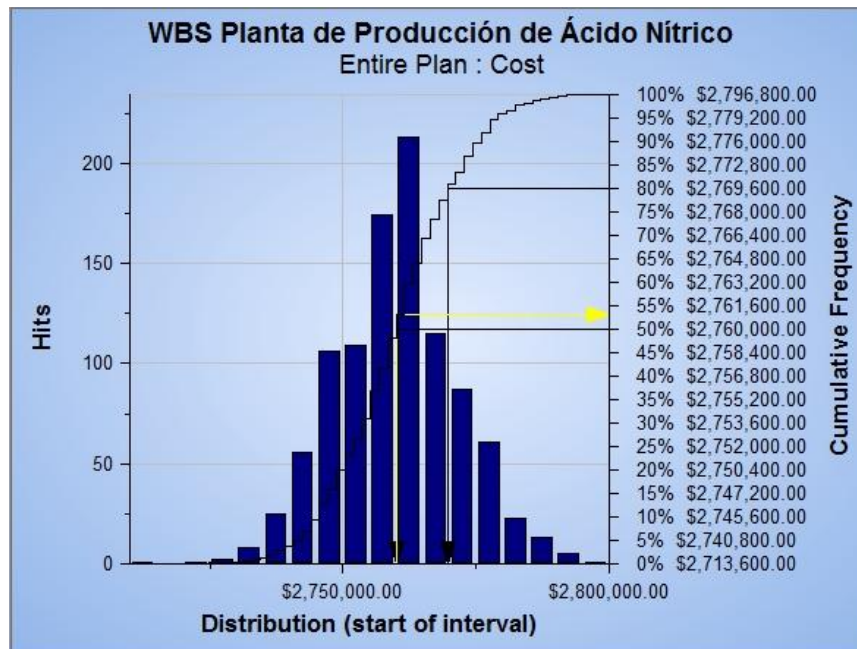


Figura 5.4 Distribución de costos del proyecto 6%-6%.

### 5.4.2.3.2. Escenario pesimista

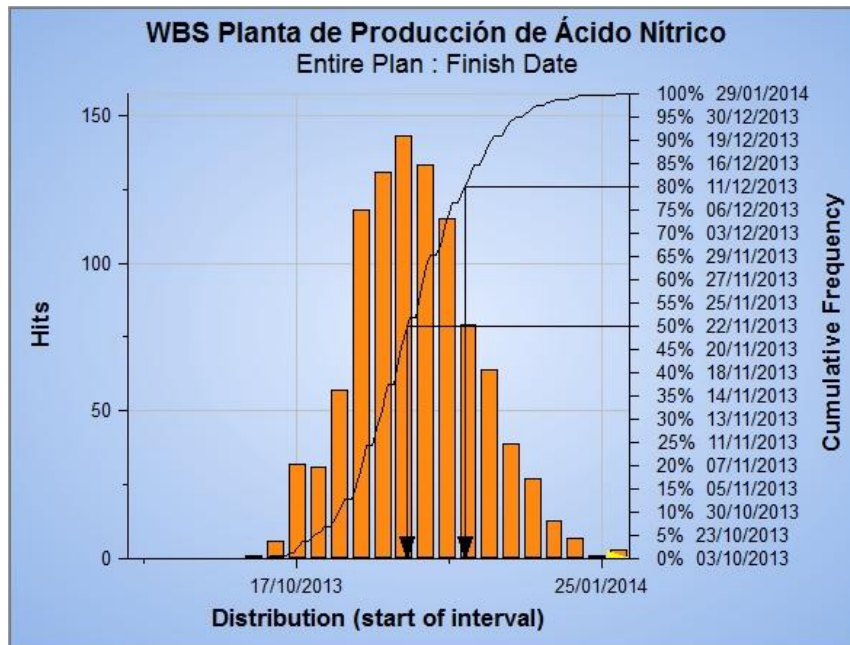


Figura 5.5 Distribución de fechas a lo largo del proyecto 6%-72%.

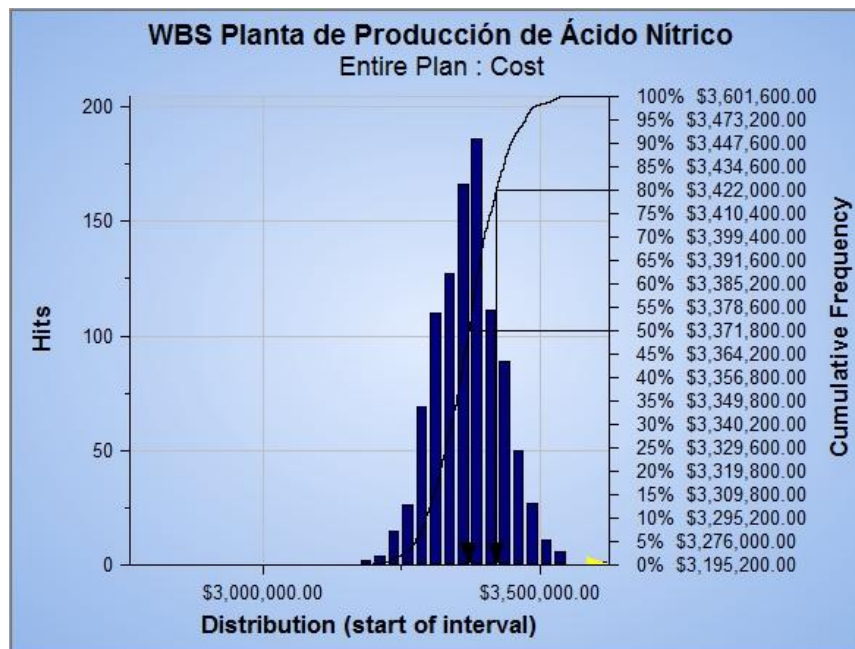


Figura 5.6 Distribución de costos del proyecto 6%-72%.



#### 5.4.2.4. Resumen de resultados del análisis cuantitativo de riesgos

**Tabla 5.8.** Resultados del análisis cuantitativo al 50% del proyecto.

| ESCENARIO | MIN | MAX | FECHA DE TERMINO ESPERADA | RETRASO DIAS | DURACION ESPERADA | % VARIACION | COSTO ESPERADO | VARIACION EN COSTO |
|-----------|-----|-----|---------------------------|--------------|-------------------|-------------|----------------|--------------------|
| 1         | 6%  | 6%  | 23-Aug-13                 | 1            | 271               | 0.37%       | \$2,760,000.00 | \$0.00             |
| 2         | 6%  | 39% | 8-Oct-13                  | 47           | 317               | 17.41%      | \$3,076,800.00 | \$ 316,800.00      |
| 3         | 6%  | 72% | 22-Nov-13                 | 92           | 362               | 34.07%      | \$3,371,800.00 | \$ 611,800.00      |
| 4         | 39% | 39% | 29-Aug-13                 | 7            | 277               | 2.59%       | \$2,761,400.00 | \$ 1,400.00        |
| 5         | 39% | 72% | 14-Oct-13                 | 53           | 323               | 19.63%      | \$3,054,200.00 | \$ 294,200.00      |
| 6         | 72% | 72% | 9-Sep-13                  | 18           | 288               | 6.67%       | \$2,761,400.00 | \$ 1,400.00        |

**Tabla 5.9.** Resultados del análisis cuantitativo al 100% del proyecto.

| ESCENARIO | MIN | MAX | FECHA DE TERMINO ESPERADA | RETRASO DIAS | DURACION ESPERADA | % VARIACION | COSTO ESPERADO | VARIACION EN COSTO |
|-----------|-----|-----|---------------------------|--------------|-------------------|-------------|----------------|--------------------|
| 1         | 6%  | 6%  | 4-Sep-13                  | 13           | 283               | 4.81%       | \$2,796,800.00 | \$ 36,800.00       |
| 2         | 6%  | 39% | 19-Nov-13                 | 89           | 359               | 32.96%      | \$3,206,400.00 | \$ 446,400.00      |
| 3         | 6%  | 72% | 29-Jan-14                 | 160          | 430               | 59.26%      | \$3,601,600.00 | \$ 841,600.00      |
| 4         | 39% | 39% | 25-Oct-13                 | 64           | 334               | 23.70%      | \$2,952,400.00 | \$ 192,400.00      |
| 5         | 39% | 72% | 9-Jan-14                  | 140          | 410               | 51.85%      | \$3,347,600.00 | \$ 587,600.00      |
| 6         | 72% | 72% | 24-Dec-13                 | 124          | 394               | 45.93%      | \$3,109,400.00 | \$ 349,400.00      |

Partiendo de los resultados anteriores, se ejemplificará la metodología con dos casos distintos en los que ya se lleva a cabo la ejecución del proyecto y en cada uno de ellos, se presentan por diferentes situaciones, determinados riesgos.

### 5.4.3. Caso 1

Este caso ilustra un escenario durante la ejecución del proyecto donde se simula la siguiente situación:

- Se presentan riesgos en actividades de la ruta crítica, los cuales generan en el proyecto un impacto de tiempo y costo.
- Las actividades afectadas son elegidas al azar dentro de las actividades pertenecientes a la ruta crítica.
- El retraso en las actividades críticas afectadas se presenta debido a riesgos de mediano y bajo impacto.<sup>71</sup>
- Los retrasos en las tareas son estimados a partir de las fechas límites arrojadas por el análisis de riesgo. (Tabla 5).

---

<sup>71</sup> Los riesgos de mediano y bajo impacto no se especifican debido a que no es relevante, ya que lo que se busca es analizar el impacto en el cronograma y el costo.

#### 5.4.3.1. Estructura de desglose de trabajo y diagrama de Gantt (Caso 1)

Tabla 5.10. Estructura de desglose de trabajo representativa caso 1.

| EDT              | Nombre de tarea                              | Duración        | Comienzo            | Fin                 | Predecesores | Recursos |
|------------------|--|-----------------|---------------------|---------------------|--------------|----------|
| <b>1</b>         | <b>PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ÁCIDO NÍTRICO</b> | <b>282 días</b> | <b>vie 10/08/12</b> | <b>lun 09/09/13</b> |              |          |
| <b>1.1</b>       | <b>DEFINICIÓN DEL PROBLEMA</b>               | <b>1 día</b>    | <b>vie 10/08/12</b> | <b>vie 10/08/12</b> |              |          |
| <b>1.2</b>       | <b>DEFINICIÓN DE ALCANCE</b>                 | <b>1 día</b>    | <b>vie 10/08/12</b> | <b>vie 10/08/12</b> |              |          |
| <b>1.3</b>       | <b>ETAPA 1</b>                               | <b>126 días</b> | <b>lun 13/08/12</b> | <b>lun 04/02/13</b> | <b>2,3</b>   |          |
| <b>1.3.1</b>     | <b>INGENIERÍA CONCEPTUAL</b>                 | <b>126 días</b> | <b>lun 13/08/12</b> | <b>lun 04/02/13</b> |              |          |
| <b>1.3.1.1</b>   | <b>ESTUDIOS DE MERCADO</b>                   | <b>21 días</b>  | <b>lun 13/08/12</b> | <b>lun 10/09/12</b> | <b>2,3</b>   |          |
| 1.3.1.1.1        | DESCRIPCIÓN GENERAL                          | 3 días          | lun 13/08/12        | mié 15/08/12        | 2,3          | A        |
| 1.3.1.1.2        | USOS Y APLICACIONES                          | 4 días          | jue 16/08/12        | mar 21/08/12        | 7            | A        |
| 1.3.1.1.3        | ANÁLISIS DEL MERCADO GLOBAL                  | 3 días          | mié 22/08/12        | vie 24/08/12        | 8            | A        |
| 1.3.1.1.4        | ANÁLISIS DE LA OFERTA                        | 3 días          | lun 27/08/12        | mié 29/08/12        | 9            | A        |
| 1.3.1.1.5        | ANÁLISIS DE LA DEMANDA                       | 3 días          | jue 30/08/12        | lun 03/09/12        | 10           | A        |
| 1.3.1.1.6        | EVALUACIÓN DEL MERCADO                       | 3 días          | mar 04/09/12        | jue 06/09/12        | 11           | A        |
| 1.3.1.1.7        | ESTUDIO PRECIOS Y COMERCIALIZACIÓN           | 2 días          | vie 07/09/12        | lun 10/09/12        | 12           | A        |
| <b>1.3.1.2</b>   | <b>SELECCIÓN DE UBICACIÓN DE LA PLANTA</b>   | <b>15 días</b>  | <b>mar 11/09/12</b> | <b>lun 01/10/12</b> | <b>6</b>     |          |
| 1.3.1.2.1        | SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS                    | 5 días          | mar 11/09/12        | lun 17/09/12        | 6            | C        |
| 1.3.1.2.2        | EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS                   | 5 días          | mar 18/09/12        | lun 24/09/12        | 15           | C        |
| <b>1.3.1.2.3</b> | <b>SELECCIÓN DE UBICACIÓN DE LA PLANTA</b>   | <b>5 días</b>   | <b>mar 25/09/12</b> | <b>lun 01/10/12</b> | <b>16</b>    | <b>C</b> |
| <b>1.3.1.3</b>   | <b>SELECCIÓN DE LA TECNOLOGÍA</b>            | <b>30 días</b>  | <b>mar 11/09/12</b> | <b>lun 22/10/12</b> | <b>6</b>     |          |
| <b>1.3.1.3.1</b> | <b>BUSQUEDA DE ALTERNATIVAS</b>              | <b>9 días</b>   | <b>mar 11/09/12</b> | <b>vie 21/09/12</b> | <b>6</b>     |          |
| 1.3.1.3.1.1      | PROCESO DE DOBLE PRESIÓN                     | 4.5 días        | mar 11/09/12        | lun 17/09/12        | 6            | D        |
| 1.3.1.3.1.2      | PROCESO DE PRESIÓN SIMPLE                    | 4.5 días        | lun 17/09/12        | vie 21/09/12        | 20           | D        |
| <b>1.3.1.3.2</b> | <b>ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS</b>              | <b>5 días</b>   | <b>lun 24/09/12</b> | <b>vie 28/09/12</b> | <b>19</b>    |          |
| 1.3.1.3.2.1      | DIAGRAMAS DE FLUJO DE CADA PROCESO           | 2 días          | lun 24/09/12        | mar 25/09/12        | 19           | D        |
| 1.3.1.3.2.2      | CUMPLIMIENTO DEL ALCANCE                     | 1 día           | mié 26/09/12        | mié 26/09/12        | 23           | D        |

|                  |   |                 |                     |                     |           |         |
|------------------|---|-----------------|---------------------|---------------------|-----------|---------|
| 1.3.1.3.2.3      | VENTAJAS Y DESVENTAJAS  | 2 días          | jue 27/09/12        | vie 28/09/12        | 24        | D       |
| <b>1.3.1.3.3</b> | <b>EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DEL PROCESO</b>                                 | <b>16 días</b>  | <b>lun 01/10/12</b> | <b>lun 22/10/12</b> | <b>22</b> |         |
| 1.3.1.3.3.1      | EVALUACIÓN TÉCNICA  | 6 días          | lun 01/10/12        | lun 08/10/12        | 22        | D       |
| 1.3.1.3.3.2      | COSTOS DE OPERACIÓN   | 2 días          | mar 09/10/12        | mié 10/10/12        | 27        | D       |
| 1.3.1.3.3.3      | SELECCIÓN DEL PROCESO   | 8 días          | jue 11/10/12        | lun 22/10/12        | 28        | D       |
| <b>1.3.1.4</b>   | <b>ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS</b>                                      | <b>90 días</b>  | <b>mar 02/10/12</b> | <b>lun 04/02/13</b> | <b>14</b> |         |
| 1.3.1.4.1        | <b>MUESTREO</b>   | 20 días         | mar 02/10/12        | lun 29/10/12        | 14        | EXTERNO |
| 1.3.1.4.2        | <b>PRUEBAS DE LABORATORIO</b>   | 35 días         | mar 30/10/12        | lun 17/12/12        | 31        | EXTERNO |
| <b>1.3.1.4.3</b> | <b>PRESENTACIÓN DE RESULTADOS</b>   | 15 días         | mar 18/12/12        | lun 07/01/13        | 32        | EXTERNO |
| 1.3.1.4.4        | <b>PLANO TOPOGRÁFICO</b>  | 20 días         | mar 08/01/13        | lun 04/02/13        | 33        | EXTERNO |
| <b>1.3.1.5</b>   | <b>ESTUDIO DE VIABILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA</b>                            | <b>13 días</b>  | <b>mar 23/10/12</b> | <b>jue 08/11/12</b> | <b>18</b> |         |
| 1.3.1.5.1        | <b>ESTIMADOS PRELIMINARES DE COSTO</b>                                    | <b>6 días</b>   | <b>mar 23/10/12</b> | <b>mar 30/10/12</b> | <b>18</b> |         |
| 1.3.1.5.1.1      | DETERMINAR COSTO DE MATERIAS PRIMAS                                       | 1 día           | mar 23/10/12        | mar 23/10/12        | 18        | B       |
| 1.3.1.5.1.2      | DETERMINAR PRECIO DE VENTA ACTUAL   | 1 día           | mié 24/10/12        | mié 24/10/12        | 37        | B       |
| 1.3.1.5.1.3      | CANTIDAD DE MATERIA PRIMA NECESARIA                                       | 1 día           | jue 25/10/12        | jue 25/10/12        | 38        | B       |
| 1.3.1.5.1.4      | ESTABLECER MERCADO DEL PRODUCTO:<br>LOCAL Y EXTERIOR                      | 1 día           | vie 26/10/12        | vie 26/10/12        | 39        | B       |
| 1.3.1.5.1.5      | OBTENER COSTOS DE PLANTAS DEL MISMO<br>PRODUCTO O SIMILARES               | 1 día           | lun 29/10/12        | lun 29/10/12        | 40        | B       |
| 1.3.1.5.1.6      | DETALLAR LOS COSTOS ANUALES (MATERIA<br>PRIMA, COSTOS DE OPERACIÓN, ETC.) | 1 día           | mar 30/10/12        | mar 30/10/12        | 41        | B       |
| 1.3.1.5.2        | <b>ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD</b>   | <b>7 días</b>   | <b>mié 31/10/12</b> | <b>jue 08/11/12</b> |           |         |
| 1.3.1.5.2.1      | TASA DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN                                      | 2 días          | mié 31/10/12        | jue 01/11/12        | 36        | B       |
| 1.3.1.5.2.2      | TASA INTERNA DE RETORNO   | 2 días          | vie 02/11/12        | lun 05/11/12        | 44        | B       |
| 1.3.1.5.2.3      | VALOR PRESENTE NETO   | 2 días          | mar 06/11/12        | mié 07/11/12        | 45        | B       |
| 1.3.1.5.2.4      | PUNTO DE EQUILIBRIO   | 1 día           | jue 08/11/12        | jue 08/11/12        | 46        | B       |
| <b>1.4</b>       | <b>ETAPA 2</b>  | <b>217 días</b> | <b>vie 09/11/12</b> | <b>lun 09/09/13</b> |           |         |
| <b>1.4.1</b>     | <b>INGENIERÍA BÁSICA</b>  | <b>108 días</b> | <b>vie 09/11/12</b> | <b>mar 09/04/13</b> | <b>35</b> |         |

|                  |   |                 |                     |                     |             |          |
|------------------|---|-----------------|---------------------|---------------------|-------------|----------|
| <b>1.4.1.1</b>   | <b>INGENIERÍA DE PROCESO</b>                  | <b>108 días</b> | <b>vie 09/11/12</b> | <b>mar 09/04/13</b> | <b>35</b>   |          |
| <b>1.4.1.1.1</b> | <b>BASES DE DISEÑO</b>                        | <b>7 días</b>   | <b>vie 09/11/12</b> | <b>lun 19/11/12</b> | <b>35</b>   | <b>E</b> |
| <b>1.4.1.1.2</b> | <b>CRITERIOS DE DISEÑO</b>                    | <b>5 días</b>   | <b>mar 20/11/12</b> | <b>lun 26/11/12</b> | <b>51</b>   | <b>E</b> |
| <b>1.4.1.1.3</b> | <b>DESCRIPCIÓN DEL PROCESO</b>                | <b>35 días</b>  | <b>mar 27/11/12</b> | <b>lun 14/01/13</b> | <b>52</b>   | <b>E</b> |
| <b>1.4.1.1.4</b> | <b>DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO</b>           | <b>35 días</b>  | <b>mar 27/11/12</b> | <b>lun 14/01/13</b> | <b>53CC</b> | <b>B</b> |
| <b>1.4.1.1.5</b> | <b>BALANCES DE MATERIA Y ENERGÍA</b>          | <b>35 días</b>  | <b>mar 27/11/12</b> | <b>lun 14/01/13</b> | <b>54CC</b> | <b>A</b> |
| <b>1.4.1.1.6</b> | <b>MEMORIA DE CALCULO DE EQUIPOS</b>          | <b>19 días</b>  | <b>mar 15/01/13</b> | <b>vie 08/02/13</b> |             |          |
| 1.4.1.1.6.1      | <b>VAPORIZADOR DE AMONIACO</b>                | 4 días          | mar 15/01/13        | vie 18/01/13        | 54          | B        |
| 1.4.1.1.6.2      | <b>SOBRECIENTADOR DE AMONIACO</b>             | 5 días          | lun 21/01/13        | vie 25/01/13        | 57,54       | B        |
| 1.4.1.1.6.3      | <b>COMPRESORES DE AIRE</b>                    | 3 días          | lun 28/01/13        | mié 30/01/13        | 58,54       | B        |
| 1.4.1.1.6.4      | <b>MEZCLADOR DE ALIMENTACIÓN AL REACTOR</b>   | 3 días          | jue 31/01/13        | lun 04/02/13        | 59,54       | B        |
| 1.4.1.1.6.5      | <b>REACTOR</b>                                | 7 días          | mar 15/01/13        | mié 23/01/13        | 54          | F        |
| 1.4.1.1.6.6      | <b>SOBRECIENTADOR DE VAPOR</b>                | 3 días          | jue 24/01/13        | lun 28/01/13        | 61,54       | F        |
| 1.4.1.1.6.7      | <b>CALDERA DE CALOR RESIDUAL</b>              | 3 días          | mar 29/01/13        | jue 31/01/13        | 62,54       | F        |
| 1.4.1.1.6.8      | <b>FILTRO DE PLATINO</b>                      | 3 días          | vie 01/02/13        | mar 05/02/13        | 63,54       | F        |
| 1.4.1.1.6.9      | <b>PRECALENTADOR GAS DE COLA</b>              | 3 días          | mié 06/02/13        | vie 08/02/13        | 64,54       | F        |
| 1.4.1.1.6.10     | <b>UNIDAD DE OXIDACIÓN</b>                    | 3 días          | mar 15/01/13        | jue 17/01/13        | 54          | G        |
| 1.4.1.1.6.11     | <b>ENFRIADOR/CONDENSADOR</b>                  | 3 días          | vie 18/01/13        | mar 22/01/13        | 66,54       | G        |
| 1.4.1.1.6.12     | <b>REFRIGERADOR SECUNDARIO</b>                | 3 días          | mié 23/01/13        | vie 25/01/13        | 67,54       | G        |
| 1.4.1.1.6.13     | <b>ABSORBEDOR</b>                             | 4 días          | lun 28/01/13        | jue 31/01/13        | 68,54       | G        |
| 1.4.1.1.6.14     | <b>COLUMNA DE BLANQUEO</b>                    | 4 días          | mar 15/01/13        | vie 18/01/13        | 54          | E        |
| 1.4.1.1.6.15     | <b>SEPARADOR LÍQUIDO-VAPOR</b>                | 3 días          | lun 21/01/13        | mié 23/01/13        | 70,54       | E        |
| 1.4.1.1.6.16     | <b>CALENTADOR GAS DE COLA</b>                 | 3 días          | jue 24/01/13        | lun 28/01/13        | 71,54       | E        |
| 1.4.1.1.6.17     | <b>UNIDAD DE REFRIGERACIÓN</b>                | 3 días          | mar 29/01/13        | jue 31/01/13        | 72,54       | E        |
| <b>1.4.1.1.7</b> | <b>DIAGRAMA DE TUBERIAS E INSTRUMENTACIÓN</b> | <b>30 días</b>  | <b>mar 15/01/13</b> | <b>lun 25/02/13</b> | <b>54</b>   | <b>J</b> |
| <b>1.4.1.1.8</b> | <b>BALANCE DE SERVICIOS AUXILIARES</b>        | <b>20 días</b>  | <b>mar 15/01/13</b> | <b>lun 11/02/13</b> | <b>54</b>   | <b>L</b> |
| <b>1.4.1.1.9</b> | <b>LISTA DE EQUIPOS</b>                       | <b>2 días</b>   | <b>lun 11/02/13</b> | <b>mar 12/02/13</b> |             |          |

|                   |  |                |                     |                     |              |          |
|-------------------|--|----------------|---------------------|---------------------|--------------|----------|
| 1.4.1.1.9.1       | LISTA DE EQUIPOS                           | 2 días         | lun 11/02/13        | mar 12/02/13        | 56           | H        |
| <b>1.4.1.1.10</b> | <b>HOJAS DE DATOS</b>                      | <b>20 días</b> | <b>lun 11/02/13</b> | <b>vie 08/03/13</b> | <b>56</b>    |          |
| 1.4.1.1.10.1      | VAPORIZADOR DE AMONIACO                    | 4 días         | lun 11/02/13        | jue 14/02/13        | 57           | D        |
| 1.4.1.1.10.2      | SOBRECIENTADOR DE AMONIACO                 | 4 días         | vie 15/02/13        | mié 20/02/13        | 58,79        | D        |
| 1.4.1.1.10.3      | COMPRESORES DE AIRE                        | 4 días         | jue 21/02/13        | mar 26/02/13        | 59,80        | D        |
| 1.4.1.1.10.4      | MEZCLADOR DE ALIMENTACIÓN AL REACTOR       | 4 días         | mié 27/02/13        | lun 04/03/13        | 60,81        | D        |
| 1.4.1.1.10.5      | REACTOR                                    | 5 días         | lun 11/02/13        | vie 15/02/13        | 61           | B        |
| 1.4.1.1.10.6      | SOBRECIENTADOR DE VAPOR                    | 4 días         | lun 18/02/13        | jue 21/02/13        | 62,83        | B        |
| 1.4.1.1.10.7      | CALDERA DE CALOR RESIDUAL                  | 4 días         | vie 22/02/13        | mié 27/02/13        | 63,84        | B        |
| 1.4.1.1.10.8      | FILTRO DE PLATINO                          | 2 días         | jue 28/02/13        | vie 01/03/13        | 64,85        | B        |
| 1.4.1.1.10.9      | PRECALENTADOR GAS DE COLA                  | 4 días         | lun 11/02/13        | jue 14/02/13        | 65           | I        |
| 1.4.1.1.10.10     | UNIDAD DE OXIDACIÓN                        | 4 días         | vie 15/02/13        | mié 20/02/13        | 66,87        | I        |
| 1.4.1.1.10.11     | ENFRIADOR/CONDENSADOR                      | 4 días         | jue 21/02/13        | mar 26/02/13        | 67,88        | I        |
| 1.4.1.1.10.12     | REFRIGERADOR SECUNDARIO                    | 4 días         | mié 27/02/13        | lun 04/03/13        | 68,89        | I        |
| 1.4.1.1.10.13     | ABSORBEDOR                                 | 4 días         | lun 11/02/13        | jue 14/02/13        | 69           | A        |
| 1.4.1.1.10.14     | COLUMNA DE BLANQUEO                        | 4 días         | vie 15/02/13        | mié 20/02/13        | 70,91        | A        |
| 1.4.1.1.10.15     | SEPARADOR LÍQUIDO-VAPOR                    | 4 días         | jue 21/02/13        | mar 26/02/13        | 71,92        | A        |
| 1.4.1.1.10.16     | CALENTADOR GAS                             | 4 días         | mié 27/02/13        | lun 04/03/13        | 72,93        | A        |
| 1.4.1.1.10.17     | UNIDAD DE REFRIGERACIÓN                    | 4 días         | mar 05/03/13        | vie 08/03/13        | 73,94        | A        |
| <b>1.4.1.1.11</b> | <b>DIAGRAMA DE SERVICIOS AUXILIARES</b>    | <b>10 días</b> | <b>mar 12/02/13</b> | <b>lun 25/02/13</b> | <b>75</b>    | <b>L</b> |
| <b>1.4.1.1.12</b> | <b>PLANO DE ARREGLO GENERAL DE EQUIPO</b>  | <b>20 días</b> | <b>mié 13/02/13</b> | <b>mar 12/03/13</b> | <b>76</b>    | <b>H</b> |
| <b>1.4.1.1.13</b> | <b>FILOSOFIA DE OPERACIÓN</b>              | <b>30 días</b> | <b>jue 21/02/13</b> | <b>mié 03/04/13</b> | <b>93CC</b>  | <b>C</b> |
| <b>1.4.1.1.14</b> | <b>SISTEMAS DE DESFOGUE</b>                | <b>15 días</b> | <b>mar 26/02/13</b> | <b>lun 18/03/13</b> | <b>74</b>    | <b>J</b> |
| <b>1.4.1.1.15</b> | <b>SISTEMA DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES</b> | <b>15 días</b> | <b>mar 26/02/13</b> | <b>lun 18/03/13</b> | <b>74</b>    |          |
| 1.4.1.1.15.1      | FOSA RECOLECTORA DE DRENAJE                | 15 días        | mar 26/02/13        | lun 18/03/13        | 74           | L        |
| 1.4.1.1.15.2      | SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA             | 15 días        | mar 26/02/13        | lun 18/03/13        | 74           | K        |
| <b>1.4.1.1.16</b> | <b>PLANO DE LOCALIZACIÓN GENERAL</b>       | <b>20 días</b> | <b>mié 13/03/13</b> | <b>mar 09/04/13</b> | <b>54,97</b> |          |
| 1.4.1.1.16.1      | REVISIÓN DE DIMENSIONES DE EQUIPOS         | 2 días         | mié 13/03/13        | jue 14/03/13        | 54,97        | E        |

|                  |  |                 |                     |                     |           |      |
|------------------|--|-----------------|---------------------|---------------------|-----------|------|
| 1.4.1.1.16.2     | <b>CRITERIOS DE SEPARACIÓN DE EQUIPOS</b>              | 2 días          | vie 15/03/13        | lun 18/03/13        | 104       | E    |
| 1.4.1.1.16.3     | <b>ALTERNATIVAS DE ARREGLO DE EQUIPOS</b>              | 4 días          | mar 19/03/13        | vie 22/03/13        | 105       | E    |
| 1.4.1.1.16.4     | <b>PLOT PLAN</b>                                       | 12 días         | lun 25/03/13        | mar 09/04/13        | 106       | E    |
| <b>1.4.2</b>     | <b>INGENIERÍA DE DETALLE</b>                           | <b>170 días</b> | <b>mar 15/01/13</b> | <b>lun 09/09/13</b> |           |      |
| <b>1.4.2.1</b>   | <b>TUBERIAS</b>  | <b>90 días</b>  | <b>mar 26/02/13</b> | <b>lun 01/07/13</b> |           |      |
| 1.4.2.1.1        | <b>ISOMÉTRICOS</b>                                     | 30 días         | mar 26/02/13        | lun 08/04/13        | 74        | TID  |
| 1.4.2.1.2        | <b>LISTA DE MATERIALES</b>                             | 10 días         | mar 09/04/13        | lun 22/04/13        | 110       | TID  |
| 1.4.2.1.3        | <b>DISEÑO DE TUBERÍA AEREA Y SUBTERRÁNEA</b>           | 30 días         | mar 09/04/13        | lun 20/05/13        | 110       | TID2 |
| 1.4.2.1.4        | <b>ESTUDIO DE ANÁLISIS DE ESFUERZOS</b>                | 20 días         | mar 09/04/13        | lun 06/05/13        | 110       | TID3 |
| 1.4.2.1.5        | <b>ESPECIFICACION DE TUBERIAS DE PROCESO</b>           | 30 días         | mar 21/05/13        | lun 01/07/13        | 112       | TID3 |
| <b>1.4.2.2</b>   | <b>INGENIERÍA MECÁNICA</b>                             | <b>40 días</b>  | <b>lun 11/03/13</b> | <b>vie 03/05/13</b> | <b>78</b> |      |
| 1.4.2.2.1        | <b>ESPECIFICACIONES DE EQUIPO DINÁMICO</b>             | 20 días         | lun 11/03/13        | vie 05/04/13        | 78        | IM   |
| 1.4.2.2.2        | <b>ESPECIFICACIÓN DE RECIPIENTES</b>                   | 20 días         | lun 11/03/13        | vie 05/04/13        | 78        | IM2  |
| 1.4.2.2.3        | <b>DIBUJOS DE RECIPIENTES</b>                          | 20 días         | lun 08/04/13        | vie 03/05/13        | 117       | IM2  |
| <b>1.4.2.3</b>   | <b>ELECTRICO</b>                                       | <b>60 días</b>  | <b>mar 26/02/13</b> | <b>lun 20/05/13</b> |           |      |
| 1.4.2.3.1        | <b>DIAGRAMAS UNIFILARES</b>                            | 30 días         | mar 26/02/13        | lun 08/04/13        | 74        | IE   |
| 1.4.2.3.2        | <b>PLANO DE CLASIFICACIÓN DE ÁREAS</b>                 | 20 días         | mié 13/03/13        | mar 09/04/13        | 97        | IE2  |
| 1.4.2.3.3        | <b>TIERRAS Y PARARAYOS</b>                             | 10 días         | mié 13/03/13        | mar 26/03/13        | 97        | IE3  |
| 1.4.2.3.4        | <b>ESPECIFICACIÓN DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA</b>      | 30 días         | mar 09/04/13        | lun 20/05/13        | 120       | IE   |
| 1.4.2.3.5        | <b>ESPECIFICACIÓN DEL CENTRO DE CONTROL DE MOTORES</b> | 30 días         | mar 09/04/13        | lun 20/05/13        | 120       | IE3  |
| 1.4.2.3.6        | <b>LISTA DE MATERIALES</b>                             | 10 días         | mié 10/04/13        | mar 23/04/13        | 121       | IE2  |
| 1.4.2.3.7        | <b>ALUMBRADO</b>                                       | 10 días         | mié 10/04/13        | mar 23/04/13        | 103       | IE4  |
| 1.4.2.3.8        | <b>COMUNICACIONES</b>                                  | 10 días         | mié 24/04/13        | mar 07/05/13        | 126       | IE4  |
| <b>1.4.2.4</b>   | <b>INSTRUMENTACIÓN</b>                                 | <b>75 días</b>  | <b>mar 26/02/13</b> | <b>lun 10/06/13</b> | <b>74</b> |      |
| 1.4.2.4.1        | <b>LISTA DE INSTRUMENTOS</b>                           | 15 días         | mar 26/02/13        | lun 18/03/13        | 74        | INS  |
| <b>1.4.2.4.2</b> | <b>MEDIDORES DE PRESIÓN</b>                            | <b>20 días</b>  | <b>mar 26/02/13</b> | <b>lun 25/03/13</b> |           |      |
| 1.4.2.4.2.1      | <b>HOJA DE DATOS DE MEDIDORES DE PRESIÓN</b>           | 10 días         | mar 26/02/13        | lun 11/03/13        | 74        | INS2 |

|                  |   |                |                     |                     |           |      |
|------------------|---|----------------|---------------------|---------------------|-----------|------|
| 1.4.2.4.2.2      | ESPECIFICACIONES DE MEDIDORES DE PRESIÓN        | 10 días        | mar 12/03/13        | lun 25/03/13        | 131       | INS2 |
| <b>1.4.2.4.3</b> | <b>MEDIDORES DE FLUJO</b>                       | <b>20 días</b> | <b>mar 26/02/13</b> | <b>lun 25/03/13</b> |           |      |
| 1.4.2.4.3.1      | HOJA DE DATOS DE MEDIDORES DE FLUJO             | 10 días        | mar 26/02/13        | lun 11/03/13        | 74        | INS3 |
| 1.4.2.4.3.2      | ESPECIFICACIONES DE MEDIDORES DE FLUJO          | 10 días        | mar 12/03/13        | lun 25/03/13        | 134       | INS3 |
| <b>1.4.2.4.4</b> | <b>MEDIDORES DE TEMPERATURA</b>                 | <b>20 días</b> | <b>mar 26/03/13</b> | <b>lun 22/04/13</b> |           |      |
| 1.4.2.4.4.1      | HOJA DE DATOS DE MEDIDORES DE TEMPERATURA       | 10 días        | mar 26/03/13        | lun 08/04/13        | 74,132    | INS2 |
| 1.4.2.4.4.2      | ESPECIFICACIONES DE MEDIDORES DE TEMPERATURA    | 10 días        | mar 09/04/13        | lun 22/04/13        | 137       | INS2 |
| <b>1.4.2.4.5</b> | <b>VÁLVULAS DE CONTROL</b>                      | <b>20 días</b> | <b>mar 26/03/13</b> | <b>lun 22/04/13</b> |           |      |
| 1.4.2.4.5.1      | HOJAS DE DATOS DE VÁLVULAS DE CONTROL           | 10 días        | mar 26/03/13        | lun 08/04/13        | 74,135    | INS3 |
| 1.4.2.4.5.2      | ESPECIFICACIONES DE VÁLVULAS DE CONTROL         | 10 días        | mar 09/04/13        | lun 22/04/13        | 140       | INS3 |
| 1.4.2.4.6        | <b>FILOSOFÍA DE CONTROL</b>                     | 30 días        | mar 19/03/13        | lun 29/04/13        | 129       | INS  |
| 1.4.2.4.7        | <b>PLANO DE LOCALIZACIÓN DE INSTRUMENTOS</b>    | 20 días        | mar 19/03/13        | lun 15/04/13        | 129       | INS4 |
| 1.4.2.4.8        | <b>PLANOS DE RUTAS DE CONDUCCIÓN DE SEÑALES</b> | 20 días        | mar 16/04/13        | lun 13/05/13        | 143       | INS4 |
| 1.4.2.4.9        | <b>DISCOS DE RUPTURA</b>                        | 15 días        | mar 23/04/13        | lun 13/05/13        | 141       | INS3 |
| 1.4.2.4.10       | <b>DIAGRAMAS LÓGICOS DE CONTROL</b>             | 15 días        | mar 30/04/13        | lun 20/05/13        | 142       | INS  |
| 1.4.2.4.11       | <b>LISTA DE MATERIALES</b>                      | 15 días        | mar 21/05/13        | lun 10/06/13        | 146       | INS  |
| 1.4.2.4.12       | <b>SUMARIO DE ALARMAS</b>                       | 15 días        | mar 14/05/13        | lun 03/06/13        | 145       | INS4 |
| <b>1.4.2.5</b>   | <b>INGENIERÍA CIVIL</b>                         | <b>95 días</b> | <b>mar 05/02/13</b> | <b>lun 17/06/13</b> |           |      |
| 1.4.2.5.1        | <b>PREPARACIÓN DEL SITIO</b>                    | 20 días        | mar 05/02/13        | lun 04/03/13        | 34        | IC   |
| <b>1.4.2.5.2</b> | <b>PLANO DE ESTRUCTURAS</b>                     | <b>30 días</b> | <b>lun 11/03/13</b> | <b>vie 19/04/13</b> | <b>78</b> |      |
| 1.4.2.5.2.1      | VAPORIZADOR DE AMONIACO                         | 6 días         | lun 11/03/13        | lun 18/03/13        | 79        | IC2  |
| 1.4.2.5.2.2      | SOBRECALENTADOR DE AMONIACO                     | 6 días         | mar 19/03/13        | mar 26/03/13        | 152,80    | IC2  |
| 1.4.2.5.2.3      | COMPRESORES DE AIRE                             | 6 días         | mié 27/03/13        | mié 03/04/13        | 153,81    | IC2  |

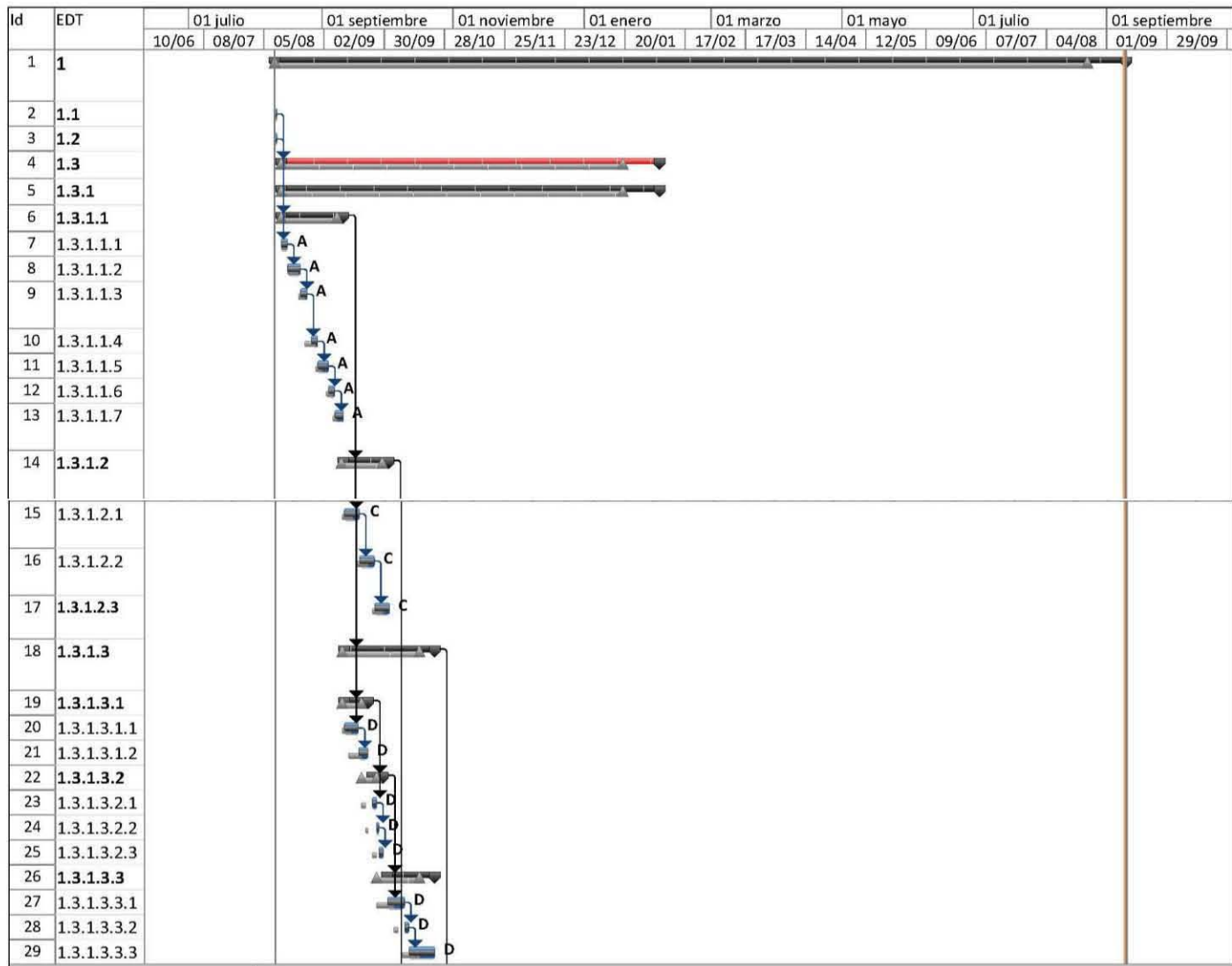


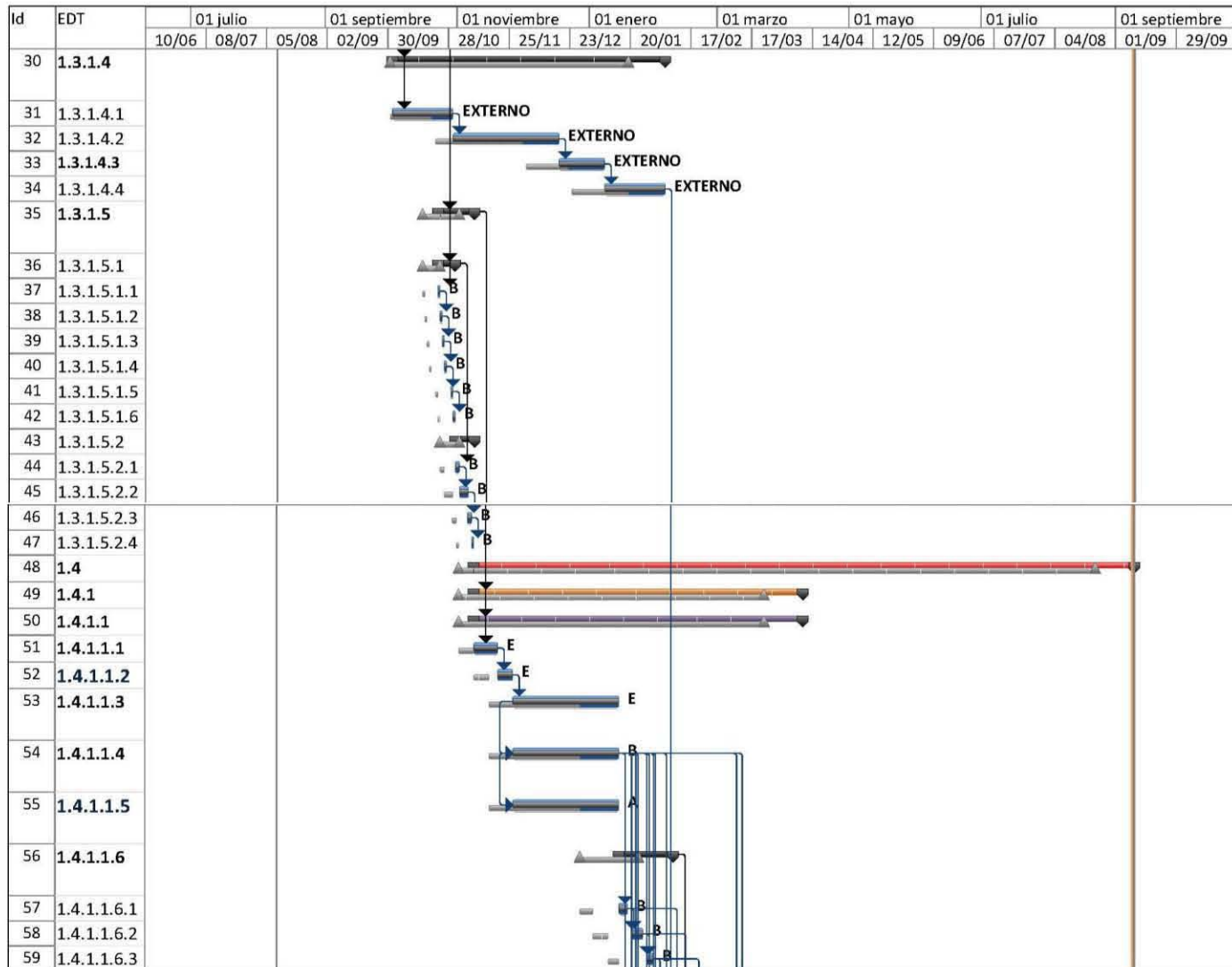
|                  |   |                 |                     |                     |        |      |
|------------------|---|-----------------|---------------------|---------------------|--------|------|
| 1.4.2.5.2.4      | MEZCLADOR DE ALIMENTACIÓN AL REACTOR    | 6 días          | jue 04/04/13        | jue 11/04/13        | 154,82 | IC2  |
| 1.4.2.5.2.5      | REACTOR                                 | 6 días          | lun 11/03/13        | lun 18/03/13        | 83     | IC3  |
| 1.4.2.5.2.6      | SOBRECIENTADOR DE VAPOR                 | 6 días          | mar 19/03/13        | mar 26/03/13        | 156,84 | IC3  |
| 1.4.2.5.2.7      | CALDERA DE CALOR RESIDUAL               | 6 días          | mié 27/03/13        | mié 03/04/13        | 157,85 | IC3  |
| 1.4.2.5.2.8      | FILTRO DE PLATINO                       | 6 días          | jue 04/04/13        | jue 11/04/13        | 158,86 | IC3  |
| 1.4.2.5.2.9      | PRECALENTADOR GAS DE COLA               | 6 días          | lun 11/03/13        | lun 18/03/13        | 87     | IC4  |
| 1.4.2.5.2.10     | UNIDAD DE OXIDACIÓN                     | 6 días          | mar 19/03/13        | mar 26/03/13        | 160,88 | IC4  |
| 1.4.2.5.2.11     | ENFRIADOR/CONDENSADOR                   | 6 días          | mié 27/03/13        | mié 03/04/13        | 161,89 | IC4  |
| 1.4.2.5.2.12     | REFRIGERADOR SECUNDARIO                 | 6 días          | jue 04/04/13        | jue 11/04/13        | 162,90 | IC4  |
| 1.4.2.5.2.13     | ABSORBEDOR                              | 6 días          | lun 11/03/13        | lun 18/03/13        | 91     | IC5  |
| 1.4.2.5.2.14     | COLUMNA DE BLANQUEO                     | 6 días          | mar 19/03/13        | mar 26/03/13        | 164,92 | IC5  |
| 1.4.2.5.2.15     | SEPARADOR LÍQUIDO-VAPOR                 | 6 días          | mié 27/03/13        | mié 03/04/13        | 165,93 | IC5  |
| 1.4.2.5.2.16     | CALENTADOR GAS DE COLA                  | 6 días          | jue 04/04/13        | jue 11/04/13        | 166,94 | IC5  |
| 1.4.2.5.2.17     | UNIDAD DE REFRIGERACIÓN                 | 6 días          | vie 12/04/13        | vie 19/04/13        | 167,95 | IC5  |
| 1.4.2.5.3        | <b>RACK DE TUBERÍAS</b>                 | 30 días         | mié 13/03/13        | mar 23/04/13        | 97     | IC   |
| 1.4.2.5.4        | <b>LISTA DE MATERIALES</b>              | 15 días         | lun 22/04/13        | vie 10/05/13        | 151    | IC2  |
| 1.4.2.5.5        | <b>ESPECIFICACIONES DE ESTRUCTURAS</b>  | 15 días         | lun 22/04/13        | vie 10/05/13        | 151    | IC3  |
| 1.4.2.5.6        | <b>PLANO DE PLATAFORMAS Y ESCALERAS</b> | 20 días         | lun 06/05/13        | vie 31/05/13        | 118    | IC   |
| 1.4.2.5.7        | <b>PLANO INSTALACIONES SUBTERRANEAS</b> | 20 días         | mar 21/05/13        | lun 17/06/13        | 112    | IC3  |
| <b>1.4.2.6</b>   | <b>ARQUITECTURA</b>                     | <b>85 días</b>  | <b>mar 14/05/13</b> | <b>lun 09/09/13</b> |        |      |
| 1.4.2.6.1        | <b>DISEÑO ARQUITECTÓNICO</b>            | 30 días         | mar 14/05/13        | lun 24/06/13        | 144    | ARQ1 |
| 1.4.2.6.2        | <b>MODELOS TRIDIMENSIONALES</b>         | 35 días         | mar 25/06/13        | lun 12/08/13        | 175    | ARQ1 |
| 1.4.2.6.3        | <b>LISTA DE MATERIALES</b>              | 20 días         | mar 13/08/13        | lun 09/09/13        | 176    | ARQ1 |
| <b>1.4.2.7</b>   | <b>CONTROL AMBIENTAL</b>                | <b>161 días</b> | <b>mar 15/01/13</b> | <b>mar 27/08/13</b> |        |      |
| 1.4.2.7.1        | <b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b>     | 40 días         | mar 15/01/13        | lun 11/03/13        | 54     | AMB1 |
| <b>1.4.2.7.2</b> | <b>MANIFIESTO DE IMPACTO AMBIENTAL</b>  | 40 días         | mar 12/03/13        | lun 06/05/13        | 179    |      |
| 1.4.2.7.2.1      | DESCRIPCIÓN DEL DESARROLLO PROPUESTO    | 3 días          | mar 12/03/13        | jue 14/03/13        | 179    | AMB2 |
| 1.4.2.7.2.2      | DESCRIPCIÓN DE LA ZONA LOCAL            | 2 días          | vie 15/03/13        | lun 18/03/13        | 181    | AMB2 |

|                |   |                 |                     |                     |        |      |
|----------------|---|-----------------|---------------------|---------------------|--------|------|
| 1.4.2.7.2.3    | IMPACTOS POTENCIALES                            | 5 días          | mar 19/03/13        | lun 25/03/13        | 182    | AMB2 |
| 1.4.2.7.2.4    | EXAMEN DE LOS EFECTOS EN LA ZONA                | 10 días         | mar 26/03/13        | lun 08/04/13        | 183    | AMB2 |
| 1.4.2.7.2.5    | CONSULTAS Y OBJECIONES                          | 10 días         | mar 09/04/13        | lun 22/04/13        | 184    | AMB2 |
| 1.4.2.7.2.6    | PERSPECTIVAS DE EMPLEO                          | 5 días          | mar 23/04/13        | lun 29/04/13        | 185    | AMB2 |
| 1.4.2.7.2.7    | FACTORES AMBIENTALES                            | 5 días          | mar 30/04/13        | lun 06/05/13        | 186    | AMB2 |
| 1.4.2.7.3      | <b>PLAN DE MANEJO DE MATERIALES PELIGROSOS</b>  | 30 días         | mié 13/03/13        | mar 23/04/13        | 74,97  | AMB  |
| 1.4.2.7.4      | <b>LICENCIAS Y PERMISOS AMBIENTALES</b>         | 90 días         | mié 24/04/13        | mar 27/08/13        | 188    | AMB1 |
| <b>1.4.2.8</b> | <b>SEGURIDAD</b>                                | <b>105 días</b> | <b>mar 26/02/13</b> | <b>lun 22/07/13</b> |        |      |
| 1.4.2.8.1      | <b>ANÁLISIS DE RIESGOS HAZOP</b>                | 40 días         | mar 26/02/13        | lun 22/04/13        | 74     | RI   |
| 1.4.2.8.2      | <b>PLANO DE RED CONTRA INCENDIO</b>             | 30 días         | mar 23/04/13        | lun 03/06/13        | 191,97 | RI   |
| 1.4.2.8.3      | <b>ESPECIFICACIÓN DE EQUIPO CONTRA INCENDIO</b> | 15 días         | mar 04/06/13        | lun 24/06/13        | 192    | RI2  |
| 1.4.2.8.4      | <b>CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVIDAD</b>          | 10 días         | mar 25/06/13        | lun 08/07/13        | 193    | RI2  |
| 1.4.2.8.5      | <b>SEGURO DE LA PLANTA</b>                      | 10 días         | mar 09/07/13        | lun 22/07/13        | 194    | RI2  |

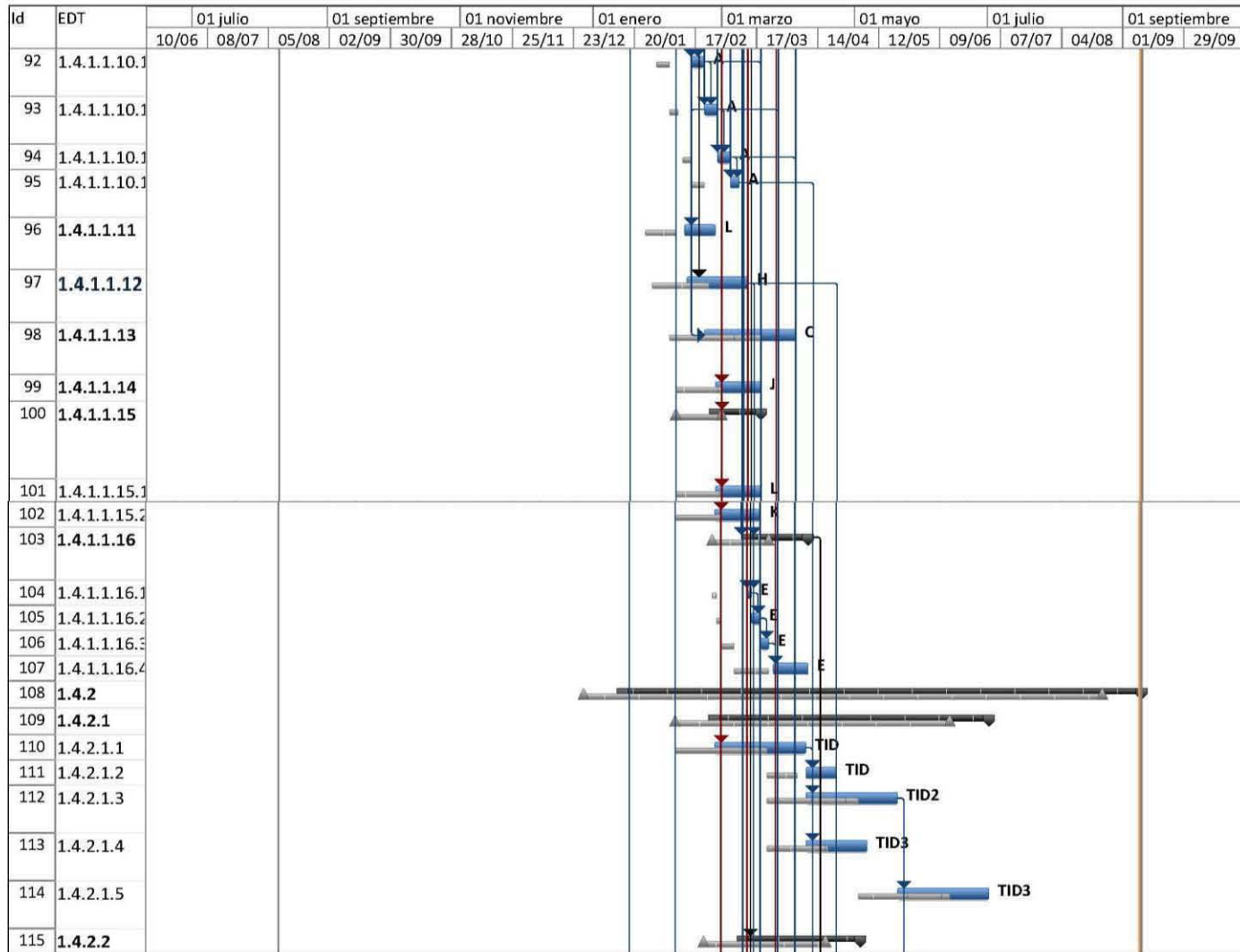
En la tabla 5.10 se encuentran marcadas las actividades afectadas por riesgos, propiciando un retraso en todo el proyecto de 12 días, aunque el diagrama de tuberías e instrumentación lleva un atraso de 5 días, lo que podría generar con ello un atraso total de 17 días.

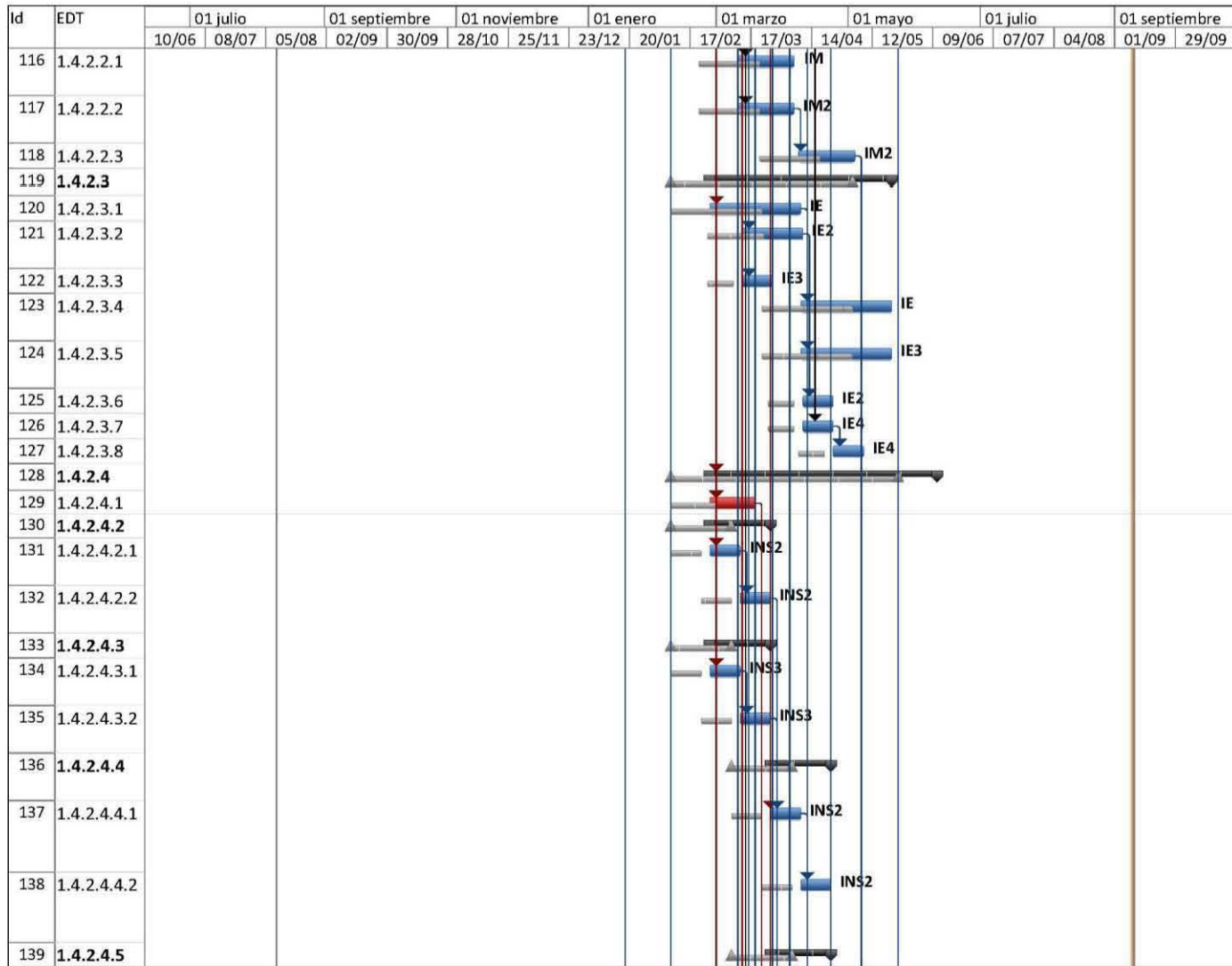
Enseguida se muestra el diagrama de Gantt para visualizar gráficamente la estructura de desglose de trabajo anterior, así como el desfase de la línea base correspondiente a cada tarea afectada del proyecto.

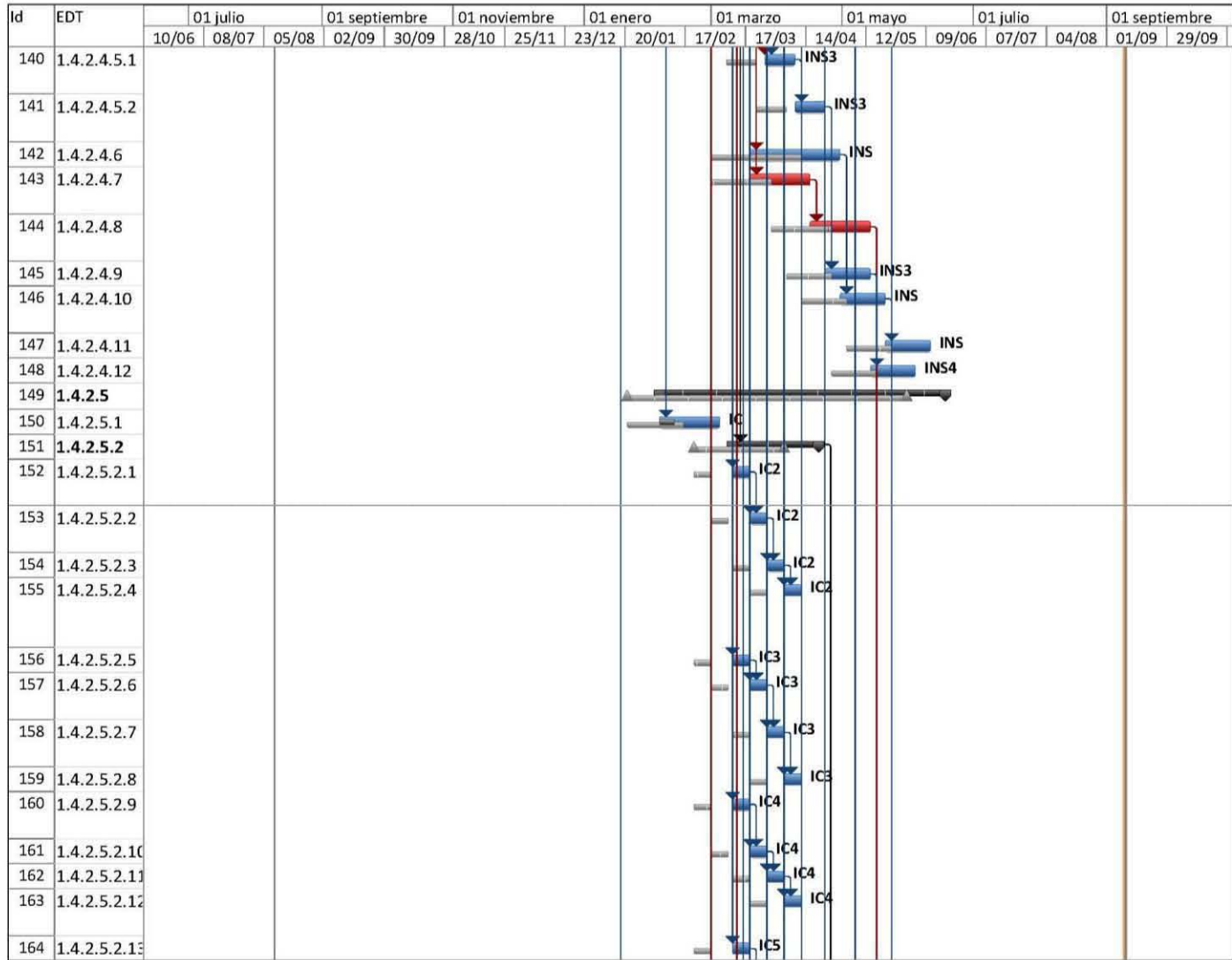




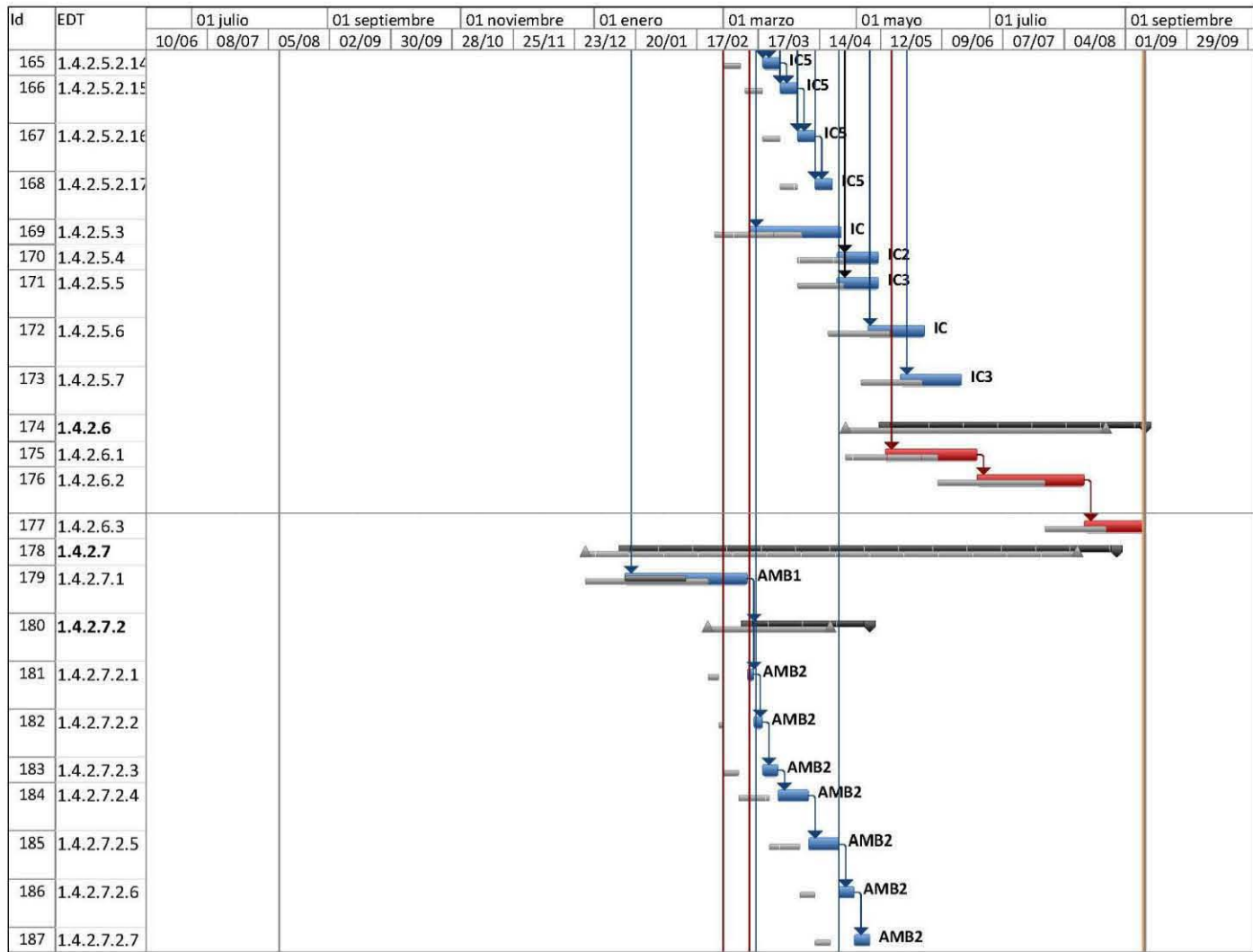
| Id | EDT               | 01 julio |       | 01 septiembre |       | 01 noviembre |       | 01 enero |       | 01 marzo |       | 01 mayo |       | 01 julio |       | 01 septiembre |       |       |       |
|----|-------------------|----------|-------|---------------|-------|--------------|-------|----------|-------|----------|-------|---------|-------|----------|-------|---------------|-------|-------|-------|
|    |                   | 10/06    | 08/07 | 05/08         | 02/09 | 30/09        | 28/10 | 25/11    | 23/12 | 20/01    | 17/02 | 17/03   | 14/04 | 12/05    | 09/06 | 07/07         | 04/08 | 01/09 | 29/09 |
| 60 | 1.4.1.1.6.4       |          |       |               |       |              |       |          |       |          |       |         |       |          |       |               |       |       |       |
| 61 | 1.4.1.1.6.5       |          |       |               |       |              |       |          |       |          |       |         |       |          |       |               |       |       |       |
| 62 | 1.4.1.1.6.6       |          |       |               |       |              |       |          |       |          |       |         |       |          |       |               |       |       |       |
| 63 | 1.4.1.1.6.7       |          |       |               |       |              |       |          |       |          |       |         |       |          |       |               |       |       |       |
| 64 | 1.4.1.1.6.8       |          |       |               |       |              |       |          |       |          |       |         |       |          |       |               |       |       |       |
| 65 | 1.4.1.1.6.9       |          |       |               |       |              |       |          |       |          |       |         |       |          |       |               |       |       |       |
| 66 | 1.4.1.1.6.10      |          |       |               |       |              |       |          |       |          |       |         |       |          |       |               |       |       |       |
| 67 | 1.4.1.1.6.11      |          |       |               |       |              |       |          |       |          |       |         |       |          |       |               |       |       |       |
| 68 | 1.4.1.1.6.12      |          |       |               |       |              |       |          |       |          |       |         |       |          |       |               |       |       |       |
| 69 | 1.4.1.1.6.13      |          |       |               |       |              |       |          |       |          |       |         |       |          |       |               |       |       |       |
| 70 | 1.4.1.1.6.14      |          |       |               |       |              |       |          |       |          |       |         |       |          |       |               |       |       |       |
| 71 | 1.4.1.1.6.15      |          |       |               |       |              |       |          |       |          |       |         |       |          |       |               |       |       |       |
| 72 | 1.4.1.1.6.16      |          |       |               |       |              |       |          |       |          |       |         |       |          |       |               |       |       |       |
| 73 | 1.4.1.1.6.17      |          |       |               |       |              |       |          |       |          |       |         |       |          |       |               |       |       |       |
| 74 | <b>1.4.1.1.7</b>  |          |       |               |       |              |       |          |       |          |       |         |       |          |       |               |       |       |       |
| 75 | <b>1.4.1.1.8</b>  |          |       |               |       |              |       |          |       |          |       |         |       |          |       |               |       |       |       |
| 76 | <b>1.4.1.1.9</b>  |          |       |               |       |              |       |          |       |          |       |         |       |          |       |               |       |       |       |
| 77 | 1.4.1.1.9.1       |          |       |               |       |              |       |          |       |          |       |         |       |          |       |               |       |       |       |
| 78 | <b>1.4.1.1.10</b> |          |       |               |       |              |       |          |       |          |       |         |       |          |       |               |       |       |       |
| 79 | 1.4.1.1.10.1      |          |       |               |       |              |       |          |       |          |       |         |       |          |       |               |       |       |       |
| 80 | 1.4.1.1.10.2      |          |       |               |       |              |       |          |       |          |       |         |       |          |       |               |       |       |       |
| 81 | 1.4.1.1.10.3      |          |       |               |       |              |       |          |       |          |       |         |       |          |       |               |       |       |       |
| 82 | 1.4.1.1.10.4      |          |       |               |       |              |       |          |       |          |       |         |       |          |       |               |       |       |       |
| 83 | 1.4.1.1.10.5      |          |       |               |       |              |       |          |       |          |       |         |       |          |       |               |       |       |       |
| 84 | 1.4.1.1.10.6      |          |       |               |       |              |       |          |       |          |       |         |       |          |       |               |       |       |       |
| 85 | 1.4.1.1.10.7      |          |       |               |       |              |       |          |       |          |       |         |       |          |       |               |       |       |       |
| 86 | 1.4.1.1.10.8      |          |       |               |       |              |       |          |       |          |       |         |       |          |       |               |       |       |       |
| 87 | 1.4.1.1.10.9      |          |       |               |       |              |       |          |       |          |       |         |       |          |       |               |       |       |       |
| 88 | 1.4.1.1.10.1      |          |       |               |       |              |       |          |       |          |       |         |       |          |       |               |       |       |       |
| 89 | 1.4.1.1.10.1      |          |       |               |       |              |       |          |       |          |       |         |       |          |       |               |       |       |       |
| 90 | 1.4.1.1.10.1      |          |       |               |       |              |       |          |       |          |       |         |       |          |       |               |       |       |       |
| 91 | 1.4.1.1.10.1      |          |       |               |       |              |       |          |       |          |       |         |       |          |       |               |       |       |       |











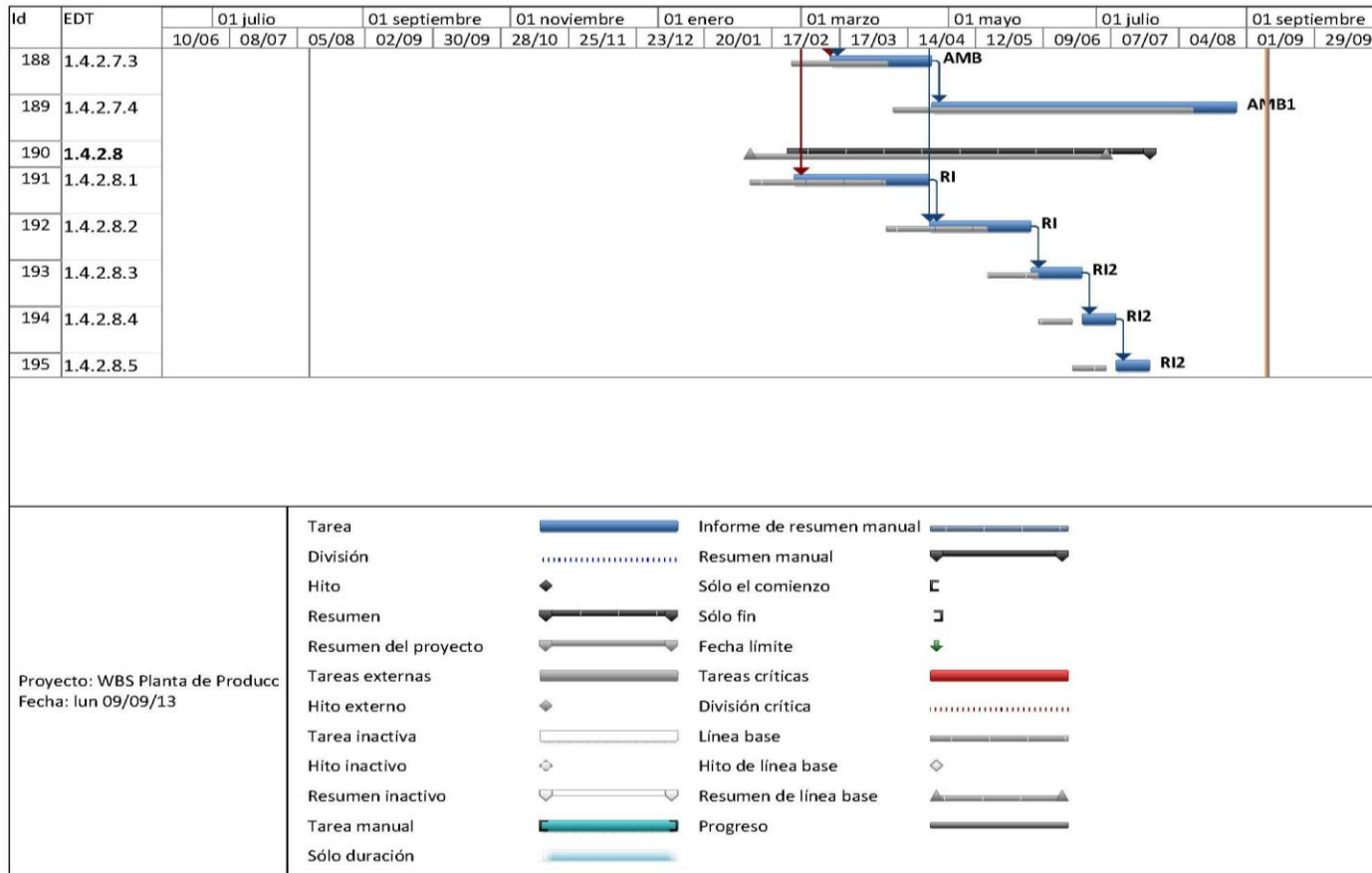


Figura 5.7 Diagrama de Gantt del proyecto.<sup>72</sup>

<sup>72</sup> Diagrama de Gantt obtenido a partir del programa Microsoft Project, correspondiente a la estructura de desglose de trabajo presentada en la tabla 5.10

### 5.4.3.2. Resultados del análisis de los parámetros del método del valor ganado.

**Tabla 5.11.** Parámetros necesarios para análisis de valor ganado.

| Nombre de tarea                              | Costo planeado(BCWS)   | Costo real (ACWP)    | Valor Ganado(BCWP)   | Variación del costo  | % completado   | CPI         | SPI         |
|--|------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------|-------------|-------------|
| <b>PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ÁCIDO NÍTRICO</b> | <b>\$ 2,760,000.00</b> | <b>\$ 657,600.00</b> | <b>\$ 598,400.00</b> | <b>-\$ 59,200.00</b> | <b>24.00%</b>  | <b>0.91</b> | <b>0.22</b> |
| <b>ETAPA 1</b>                               | <b>\$ 246,400.00</b>   | <b>\$ 270,400.00</b> | <b>\$ 246,400.00</b> | <b>-\$ 24,000.00</b> | <b>100.00%</b> | <b>0.91</b> | <b>1.00</b> |
| <b>INGENIERÍA CONCEPTUAL</b>                 | <b>\$ 246,400.00</b>   | <b>\$ 270,400.00</b> | <b>\$ 246,400.00</b> | <b>-\$ 24,000.00</b> | <b>100.00%</b> | <b>0.91</b> | <b>1.00</b> |
| <b>ESTUDIOS DE MERCADO</b>                   | <b>\$ 32,000.00</b>    | <b>\$ 33,600.00</b>  | <b>\$ 32,000.00</b>  | <b>-\$ 1,600.00</b>  | <b>100.00%</b> | <b>0.95</b> | <b>1.00</b> |
| DESCRIPCIÓN GENERAL                          | \$ 4,800.00            | \$ 4,800.00          | \$ 4,800.00          | \$ -                 | 100.00%        | 1.00        | 1.00        |
| USOS Y APLICACIONES                          | \$ 4,800.00            | \$ 6,400.00          | \$ 4,800.00          | -\$ 1,600.00         | 100.00%        | 0.75        | 1.00        |
| ANÁLISIS DEL MERCADO GLOBAL                  | \$ 4,800.00            | \$ 4,800.00          | \$ 4,800.00          | \$ -                 | 100.00%        | 1.00        | 1.00        |
| ANÁLISIS DE LA OFERTA                        | \$ 4,800.00            | \$ 4,800.00          | \$ 4,800.00          | \$ -                 | 100.00%        | 1.00        | 1.00        |
| ANÁLISIS DE LA DEMANDA                       | \$ 4,800.00            | \$ 4,800.00          | \$ 4,800.00          | \$ -                 | 100.00%        | 1.00        | 1.00        |
| EVALUACIÓN DEL MERCADO                       | \$ 4,800.00            | \$ 4,800.00          | \$ 4,800.00          | \$ -                 | 100.00%        | 1.00        | 1.00        |
| ESTUDIO PRECIOS Y COMERCIALIZACIÓN           | \$ 3,200.00            | \$ 3,200.00          | \$ 3,200.00          | \$ -                 | 100.00%        | 1.00        | 1.00        |
| <b>SELECCIÓN DE UBICACIÓN DE LA PLANTA</b>   | <b>\$ 24,000.00</b>    | <b>\$ 24,000.00</b>  | <b>\$ 24,000.00</b>  | <b>\$ -</b>          | <b>100.00%</b> | <b>1.00</b> | <b>1.00</b> |
| SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS                    | \$ 8,000.00            | \$ 8,000.00          | \$ 8,000.00          | \$ -                 | 100.00%        | 1.00        | 1.00        |
| EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS                   | \$ 8,000.00            | \$ 8,000.00          | \$ 8,000.00          | \$ -                 | 100.00%        | 1.00        | 1.00        |
| SELECCIÓN DE UBICACIÓN DE LA PLANTA          | \$ 8,000.00            | \$ 8,000.00          | \$ 8,000.00          | \$ -                 | 100.00%        | 1.00        | 1.00        |
| <b>SELECCIÓN DE LA TECNOLOGÍA</b>            | <b>\$ 41,600.00</b>    | <b>\$ 48,000.00</b>  | <b>\$ 41,600.00</b>  | <b>-\$ 6,400.00</b>  | <b>100.00%</b> | <b>0.87</b> | <b>1.00</b> |
| BUSQUEDA DE ALTERNATIVAS                     | \$ 11,200.00           | \$ 14,400.00         | \$ 11,200.00         | -\$ 3,200.00         | 100.00%        | 0.78        | 1.00        |
| PROCESO DE DOBLE PRESIÓN                     | \$ 5,600.00            | \$ 7,200.00          | \$ 5,600.00          | -\$ 1,600.00         | 100.00%        | 0.78        | 1.00        |
| PROCESO DE PRESIÓN SIMPLE                    | \$ 5,600.00            | \$ 7,200.00          | \$ 5,600.00          | -\$ 1,600.00         | 100.00%        | 0.78        | 1.00        |
| ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS                     | \$ 8,000.00            | \$ 8,000.00          | \$ 8,000.00          | \$ -                 | 100.00%        | 1.00        | 1.00        |
| DIAGRAMAS DE FLUJO DE CADA PROCESO           | \$ 3,200.00            | \$ 3,200.00          | \$ 3,200.00          | \$ -                 | 100.00%        | 1.00        | 1.00        |
| CUMPLIMIENTO DEL ALCANCE                     | \$ 1,600.00            | \$ 1,600.00          | \$ 1,600.00          | \$ -                 | 100.00%        | 1.00        | 1.00        |
| VENTAJAS Y DESVENTAJAS                       | \$ 3,200.00            | \$ 3,200.00          | \$ 3,200.00          | \$ -                 | 100.00%        | 1.00        | 1.00        |
| EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DEL PROCESO           | \$ 22,400.00           | \$ 25,600.00         | \$ 22,400.00         | -\$ 3,200.00         | 100.00%        | 0.88        | 1.00        |
| EVALUACIÓN TÉCNICA                           | \$ 9,600.00            | \$ 9,600.00          | \$ 9,600.00          | \$ -                 | 100.00%        | 1.00        | 1.00        |
| COSTOS DE OPERACIÓN                          | \$ 3,200.00            | \$ 3,200.00          | \$ 3,200.00          | \$ -                 | 100.00%        | 1.00        | 1.00        |
| SELECCIÓN DEL PROCESO                        | \$ 9,600.00            | \$ 12,800.00         | \$ 9,600.00          | -\$ 3,200.00         | 100.00%        | 0.75        | 1.00        |
| <b>ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS</b>         | <b>\$ 128,000.00</b>   | <b>\$ 144,000.00</b> | <b>\$ 128,000.00</b> | <b>-\$ 16,000.00</b> | <b>100.00%</b> | <b>0.89</b> | <b>1.00</b> |
| MUESTREO                                     | \$ 24,000.00           | \$ 32,000.00         | \$ 24,000.00         | -\$ 8,000.00         | 100.00%        | 0.75        | 1.00        |

|  |                        |                      |                      |                      |                |             |             |
|--|------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------|-------------|-------------|
| PRUEBAS DE LABORATORIO   | \$ 48,000.00           | \$ 56,000.00         | \$ 48,000.00         | -\$ 8,000.00         | 100.00%        | 0.86        | 1.00        |
| PRESENTACIÓN DE RESULTADOS   | \$ 24,000.00           | \$ 24,000.00         | \$ 24,000.00         | \$ -                 | 100.00%        | 1.00        | 1.00        |
| PLANO TOPOGRÁFICO  | \$ 32,000.00           | \$ 32,000.00         | \$ 32,000.00         | \$ -                 | 100.00%        | 1.00        | 1.00        |
| <b>ESTUDIO DE VIABILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA</b>                         | <b>\$ 20,800.00</b>    | <b>\$ 20,800.00</b>  | <b>\$ 20,800.00</b>  | <b>\$ -</b>          | <b>100.00%</b> | <b>1.00</b> | <b>1.00</b> |
| ESTIMADOS PRELIMINARES DE COSTO  | \$ 9,600.00            | \$ 9,600.00          | \$ 9,600.00          | \$ -                 | 100.00%        | 1.00        | 1.00        |
| DETERMINAR COSTO DE MATERIAS PRIMAS                                    | \$ 1,600.00            | \$ 1,600.00          | \$ 1,600.00          | \$ -                 | 100.00%        | 1.00        | 1.00        |
| DETERMINAR PRECIO DE VENTA ACTUAL                                      | \$ 1,600.00            | \$ 1,600.00          | \$ 1,600.00          | \$ -                 | 100.00%        | 1.00        | 1.00        |
| CANTIDAD DE MATERIA PRIMA NECESARIA                                    | \$ 1,600.00            | \$ 1,600.00          | \$ 1,600.00          | \$ -                 | 100.00%        | 1.00        | 1.00        |
| ESTABLECER MERCADO DEL PRODUCTO: LOCAL Y EXTERIOR                      | \$ 1,600.00            | \$ 1,600.00          | \$ 1,600.00          | \$ -                 | 100.00%        | 1.00        | 1.00        |
| OBTENER COSTOS DE PLANTAS DEL MISMO PRODUCTO O SIMILARES               | \$ 1,600.00            | \$ 1,600.00          | \$ 1,600.00          | \$ -                 | 100.00%        | 1.00        | 1.00        |
| DETALLAR LOS COSTOS ANUALES (MATERIA PRIMA, COSTOS DE OPERACIÓN, ETC.) | \$ 1,600.00            | \$ 1,600.00          | \$ 1,600.00          | \$ -                 | 100.00%        | 1.00        | 1.00        |
| ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD   | \$ 11,200.00           | \$ 11,200.00         | \$ 11,200.00         | \$ -                 | 100.00%        | 1.00        | 1.00        |
| TASA DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN                                   | \$ 3,200.00            | \$ 3,200.00          | \$ 3,200.00          | \$ -                 | 100.00%        | 1.00        | 1.00        |
| TASA INTERNA DE RETORNO  | \$ 3,200.00            | \$ 3,200.00          | \$ 3,200.00          | \$ -                 | 100.00%        | 1.00        | 1.00        |
| VALOR PRESENTE NETO  | \$ 3,200.00            | \$ 3,200.00          | \$ 3,200.00          | \$ -                 | 100.00%        | 1.00        | 1.00        |
| PUNTO DE EQUILIBRIO  | \$ 1,600.00            | \$ 1,600.00          | \$ 1,600.00          | \$ -                 | 100.00%        | 1.00        | 1.00        |
| <b>ETAPA 2</b>   | <b>\$ 2,513,600.00</b> | <b>\$ 387,200.00</b> | <b>\$ 352,000.00</b> | <b>-\$ 35,200.00</b> | <b>16.00%</b>  | <b>0.91</b> | <b>0.14</b> |
| <b>INGENIERÍA BÁSICA</b>   | <b>\$ 646,400.00</b>   | <b>\$ 347,200.00</b> | <b>\$ 312,000.00</b> | <b>-\$ 35,200.00</b> | <b>54.00%</b>  | <b>0.90</b> | <b>0.48</b> |
| <b>INGENIERÍA DE PROCESO</b>   | <b>\$ 646,400.00</b>   | <b>\$ 347,200.00</b> | <b>\$ 312,000.00</b> | <b>-\$ 35,200.00</b> | <b>54.00%</b>  | <b>0.90</b> | <b>0.48</b> |
| BASES DE DISEÑO  | \$ 8,000.00            | \$ 11,200.00         | \$ 8,000.00          | -\$ 3,200.00         | 100.00%        | 0.71        | 1.00        |
| CRITERIOS DE DISEÑO  | \$ 8,000.00            | \$ 8,000.00          | \$ 8,000.00          | \$ -                 | 100.00%        | 1.00        | 1.00        |
| DESCRIPCIÓN DEL PROCESO  | \$ 48,000.00           | \$ 56,000.00         | \$ 48,000.00         | -\$ 8,000.00         | 100.00%        | 0.86        | 1.00        |
| DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO   | \$ 48,000.00           | \$ 56,000.00         | \$ 48,000.00         | -\$ 8,000.00         | 100.00%        | 0.86        | 1.00        |
| BALANCES DE MATERIA Y ENERGÍA  | \$ 48,000.00           | \$ 56,000.00         | \$ 48,000.00         | -\$ 8,000.00         | 100.00%        | 0.86        | 1.00        |
| MEMORIA DE CALCULO DE EQUIPOS  | \$ 96,000.00           | \$ 96,000.00         | \$ 96,000.00         | \$ -                 | 100.00%        | 1.00        | 1.00        |
| VAPORIZADOR DE AMONIACO  | \$ 6,400.00            | \$ 6,400.00          | \$ 6,400.00          | \$ -                 | 100.00%        | 1.00        | 1.00        |
| SOBRECALENTADOR DE AMONIACO  | \$ 8,000.00            | \$ 8,000.00          | \$ 8,000.00          | \$ -                 | 100.00%        | 1.00        | 1.00        |
| COMPRESORES DE AIRE  | \$ 4,800.00            | \$ 4,800.00          | \$ 4,800.00          | \$ -                 | 100.00%        | 1.00        | 1.00        |
| MEZCLADOR DE ALIMENTACIÓN AL REACTOR                                   | \$ 4,800.00            | \$ 4,800.00          | \$ 4,800.00          | \$ -                 | 100.00%        | 1.00        | 1.00        |
| REACTOR  | \$ 11,200.00           | \$ 11,200.00         | \$ 11,200.00         | \$ -                 | 100.00%        | 1.00        | 1.00        |
| SOBRECALENTADOR DE VAPOR   | \$ 4,800.00            | \$ 4,800.00          | \$ 4,800.00          | \$ -                 | 100.00%        | 1.00        | 1.00        |
| CALDERA DE CALOR RESIDUAL  | \$ 4,800.00            | \$ 4,800.00          | \$ 4,800.00          | \$ -                 | 100.00%        | 1.00        | 1.00        |
| FILTRO DE PLATINO  | \$ 4,800.00            | \$ 4,800.00          | \$ 4,800.00          | \$ -                 | 100.00%        | 1.00        | 1.00        |
| PRECALENTADOR GAS DE COLA  | \$ 4,800.00            | \$ 4,800.00          | \$ 4,800.00          | \$ -                 | 100.00%        | 1.00        | 1.00        |
| UNIDAD DE OXIDACIÓN  | \$ 4,800.00            | \$ 4,800.00          | \$ 4,800.00          | \$ -                 | 100.00%        | 1.00        | 1.00        |
| ENFRIADOR/CONDENSADOR  | \$ 4,800.00            | \$ 4,800.00          | \$ 4,800.00          | \$ -                 | 100.00%        | 1.00        | 1.00        |

|  |               |              |              |              |         |      |      |
|--|---------------|--------------|--------------|--------------|---------|------|------|
| REFRIGERADOR SECUNDARIO                | \$ 4,800.00   | \$ 4,800.0   | \$ 4,800.00  | \$ -         | 100.00% | 1.00 | 1.00 |
| ABSORBEDOR                             | \$ 6,400.00   | \$ 6,400.00  | \$ 6,400.00  | \$ -         | 100.00% | 1.00 | 1.00 |
| COLUMNA DE BLANQUEO                    | \$ 6,400.00   | \$ 6,400.00  | \$ 6,400.00  | \$ -         | 100.00% | 1.00 | 1.00 |
| SEPARADOR LÍQUIDO-VAPOR                | \$ 4,800.00   | \$ 4,800.00  | \$ 4,800.00  | \$ -         | 100.00% | 1.00 | 1.00 |
| CALENTADOR GAS DE COLA                 | \$ 4,800.00   | \$ 4,800.00  | \$ 4,800.00  | \$ -         | 100.00% | 1.00 | 1.00 |
| UNIDAD DE REFRIGERACIÓN                | \$ 4,800.00   | \$ 4,800.00  | \$ 4,800.00  | \$ -         | 100.00% | 1.00 | 1.00 |
| DIAGRAMA DE TUBERIAS E INSTRUMENTACIÓN | \$ 48,000.00  | \$ 32,000.00 | \$ 24,000.00 | -\$ 8,000.00 | 50.00%  | 0.75 | 0.50 |
| BALANCE DE SERVICIOS AUXILIARES        | \$ 32,000.00  | \$ 32,000.00 | \$ 32,000.00 | \$ -         | 100.00% | 1.00 | 1.00 |
| LISTA DE EQUIPOS                       | \$ 3,200.00   | \$ -         | \$ -         | \$ -         | 0.00%   | 0.00 | 0.00 |
| LISTA DE EQUIPOS                       | \$ 3,200.00   | \$ -         | \$ -         | \$ -         | 0.00%   | 0.00 | 0.00 |
| HOJAS DE DATOS                         | \$ 107,200.00 | \$ -         | \$ -         | \$ -         | 0.00%   | 0.00 | 0.00 |
| VAPORIZADOR DE AMONIACO                | \$ 6,400.00   | \$ -         | \$ -         | \$ -         | 0.00%   | 0.00 | 0.00 |
| SOBRECIENTADOR DE AMONIACO             | \$ 6,400.00   | \$ -         | \$ -         | \$ -         | 0.00%   | 0.00 | 0.00 |
| COMPRESORES DE AIRE                    | \$ 6,400.00   | \$ -         | \$ -         | \$ -         | 0.00%   | 0.00 | 0.00 |
| MEZCLADOR DE ALIMENTACIÓN AL REACTOR   | \$ 6,400.00   | \$ -         | \$ -         | \$ -         | 0.00%   | 0.00 | 0.00 |
| REACTOR                                | \$ 8,000.00   | \$ -         | \$ -         | \$ -         | 0.00%   | 0.00 | 0.00 |
| SOBRECIENTADOR DE VAPOR                | \$ 6,400.00   | \$ -         | \$ -         | \$ -         | 0.00%   | 0.00 | 0.00 |
| CALDERA DE CALOR RESIDUAL              | \$ 6,400.00   | \$ -         | \$ -         | \$ -         | 0.00%   | 0.00 | 0.00 |
| FILTRO DE PLATINO                      | \$ 3,200.00   | \$ -         | \$ -         | \$ -         | 0.00%   | 0.00 | 0.00 |
| PRECALENTADOR GAS DE COLA              | \$ 6,400.00   | \$ -         | \$ -         | \$ -         | 0.00%   | 0.00 | 0.00 |
| UNIDAD DE OXIDACIÓN                    | \$ 6,400.00   | \$ -         | \$ -         | \$ -         | 0.00%   | 0.00 | 0.00 |
| ENFRIADOR/CONDENSADOR                  | \$ 6,400.00   | \$ -         | \$ -         | \$ -         | 0.00%   | 0.00 | 0.00 |
| ABSORBEDOR                             | \$ 6,400.00   | \$ -         | \$ -         | \$ -         | 0.00%   | 0.00 | 0.00 |
| COLUMNA DE BLANQUEO                    | \$ 6,400.00   | \$ -         | \$ -         | \$ -         | 0.00%   | 0.00 | 0.00 |
| SEPARADOR LÍQUIDO-VAPOR                | \$ 6,400.00   | \$ -         | \$ -         | \$ -         | 0.00%   | 0.00 | 0.00 |
| CALENTADOR GAS                         | \$ 6,400.00   | \$ -         | \$ -         | \$ -         | 0.00%   | 0.00 | 0.00 |
| UNIDAD DE REFRIGERACIÓN                | \$ 6,400.00   | \$ -         | \$ -         | \$ -         | 0.00%   | 0.00 | 0.00 |
| DIAGRAMA DE SERVICIOS AUXILIARES       | \$ 16,000.00  | \$ -         | \$ -         | \$ -         | 0.00%   | 0.00 | 0.00 |
| PLANO DE ARREGLO GENERAL DE EQUIPO     | \$ 32,000.00  | \$ -         | \$ -         | \$ -         | 0.00%   | 0.00 | 0.00 |
| FILOSOFIA DE OPERACIÓN                 | \$ 48,000.00  | \$ -         | \$ -         | \$ -         | 0.00%   | 0.00 | 0.00 |
| SISTEMAS DE DESFOGUE                   | \$ 24,000.00  | \$ -         | \$ -         | \$ -         | 0.00%   | 0.00 | 0.00 |
| SISTEMA DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES    | \$ 48,000.00  | \$ -         | \$ -         | \$ -         | 0.00%   | 0.00 | 0.00 |
| FOSA RECOLECTORA DE DRENAJE            | \$ 24,000.00  | \$ -         | \$ -         | \$ -         | 0.00%   | 0.00 | 0.00 |
| SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA         | \$ 24,000.00  | \$ -         | \$ -         | \$ -         | 0.00%   | 0.00 | 0.00 |
| PLANO DE LOCALIZACIÓN GENERAL          | \$ 32,000.00  | \$ -         | \$ -         | \$ -         | 0.00%   | 0.00 | 0.00 |
| REVISIÓN DE DIMENSIONES DE EQUIPOS     | \$ 3,200.00   | \$ -         | \$ -         | \$ -         | 0.00%   | 0.00 | 0.00 |
| CRITERIOS DE SEPARACIÓN DE EQUIPOS     | \$ 3,200.00   | \$ -         | \$ -         | \$ -         | 0.00%   | 0.00 | 0.00 |
| ALTERNATIVAS DE ARREGLO DE EQUIPOS     | \$ 6,400.00   | \$ -         | \$ -         | \$ -         | 0.00%   | 0.00 | 0.00 |

|   |                        |                     |                     |             |              |             |             |
|---|------------------------|---------------------|---------------------|-------------|--------------|-------------|-------------|
| PLOT PLAN                                       | \$ 19,200.00           | \$ -                | \$ -                | \$ -        | 0.00%        | 0.00        | 0.00        |
| <b>INGENIERÍA DE DETALLE</b>                    | <b>\$ 1,867,200.00</b> | <b>\$ 40,000.00</b> | <b>\$ 40,000.00</b> | <b>\$ -</b> | <b>2.00%</b> | <b>1.00</b> | <b>0.02</b> |
| <b>TUBERIAS</b>                                 | <b>\$ 192,000.00</b>   | <b>\$ -</b>         | <b>\$ -</b>         | <b>\$ -</b> | <b>0.00%</b> | <b>0.00</b> | <b>0.00</b> |
| ISOMÉTRICOS                                     | \$ 48,000.00           | \$ -                | \$ -                | \$ -        | 0.00%        | 0.00        | 0.00        |
| LISTA DE MATERIALES                             | \$ 16,000.00           | \$ -                | \$ -                | \$ -        | 0.00%        | 0.00        | 0.00        |
| DISEÑO DE TUBERÍA AEREA Y SUBTERRÁNEA           | \$ 48,000.00           | \$ -                | \$ -                | \$ -        | 0.00%        | 0.00        | 0.00        |
| ESTUDIO DE ANÁLISIS DE ESFUERZOS                | \$ 32,000.00           | \$ -                | \$ -                | \$ -        | 0.00%        | 0.00        | 0.00        |
| ESPECIFICACION DE TUBERIAS DE PROCESO           | \$ 48,000.00           | \$ -                | \$ -                | \$ -        | 0.00%        | 0.00        | 0.00        |
| <b>INGENIERÍA MECÁNICA</b>                      | <b>\$ 96,000.00</b>    | <b>\$ -</b>         | <b>\$ -</b>         | <b>\$ -</b> | <b>0.00%</b> | <b>0.00</b> | <b>0.00</b> |
| ESPECIFICACIONES DE EQUIPO DINÁMICO             | \$ 32,000.00           | \$ -                | \$ -                | \$ -        | 0.00%        | 0.00        | 0.00        |
| ESPECIFICACIÓN DE RECIPIENTES                   | \$ 32,000.00           | \$ -                | \$ -                | \$ -        | 0.00%        | 0.00        | 0.00        |
| DIBUJOS DE RECIPIENTES                          | \$ 32,000.00           | \$ -                | \$ -                | \$ -        | 0.00%        | 0.00        | 0.00        |
| <b>ELECTRICO</b>                                | <b>\$ 240,000.00</b>   | <b>\$ -</b>         | <b>\$ -</b>         | <b>\$ -</b> | <b>0.00%</b> | <b>0.00</b> | <b>0.00</b> |
| DIAGRAMAS UNIFILARES                            | \$ 48,000.00           | \$ -                | \$ -                | \$ -        | 0.00%        | 0.00        | 0.00        |
| PLANO DE CLASIFICACIÓN DE ÁREAS                 | \$ 32,000.00           | \$ -                | \$ -                | \$ -        | 0.00%        | 0.00        | 0.00        |
| TIERRAS Y PARARAYOS                             | \$ 16,000.00           | \$ -                | \$ -                | \$ -        | 0.00%        | 0.00        | 0.00        |
| ESPECIFICACIÓN DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA      | \$ 48,000.00           | \$ -                | \$ -                | \$ -        | 0.00%        | 0.00        | 0.00        |
| ESPECIFICACIÓN DEL CENTRO DE CONTROL DE MOTORES | \$ 48,000.00           | \$ -                | \$ -                | \$ -        | 0.00%        | 0.00        | 0.00        |
| LISTA DE MATERIALES                             | \$ 16,000.00           | \$ -                | \$ -                | \$ -        | 0.00%        | 0.00        | 0.00        |
| ALUMBRADO                                       | \$ 16,000.00           | \$ -                | \$ -                | \$ -        | 0.00%        | 0.00        | 0.00        |
| COMUNICACIONES                                  | \$ 16,000.00           | \$ -                | \$ -                | \$ -        | 0.00%        | 0.00        | 0.00        |
| <b>INSTRUMENTACIÓN</b>                          | <b>\$ 360,000.00</b>   | <b>\$ -</b>         | <b>\$ -</b>         | <b>\$ -</b> | <b>0.00%</b> | <b>0.00</b> | <b>0.00</b> |
| LISTA DE INSTRUMENTOS                           | \$ 24,000.00           | \$ -                | \$ -                | \$ -        | 0.00%        | 0.00        | 0.00        |
| MEDIDORES DE PRESIÓN                            | \$ 32,000.00           | \$ -                | \$ -                | \$ -        | 0.00%        | 0.00        | 0.00        |
| HOJA DE DATOS DE MEDIDORES DE PRESIÓN           | \$ 16,000.00           | \$ -                | \$ -                | \$ -        | 0.00%        | 0.00        | 0.00        |
| ESPECIFICACIONES DE MEDIDORES DE PRESIÓN        | \$ 16,000.00           | \$ -                | \$ -                | \$ -        | 0.00%        | 0.00        | 0.00        |
| MEDIDORES DE FLUJO                              | \$ 32,000.00           | \$ -                | \$ -                | \$ -        | 0.00%        | 0.00        | 0.00        |
| HOJA DE DATOS DE MEDIDORES DE FLUJO             | \$ 16,000.00           | \$ -                | \$ -                | \$ -        | 0.00%        | 0.00        | 0.00        |
| ESPECIFICACIONES DE MEDIDORES DE FLUJO          | \$ 16,000.00           | \$ -                | \$ -                | \$ -        | 0.00%        | 0.00        | 0.00        |
| MEDIDORES DE TEMPERATURA                        | \$ 32,000.00           | \$ -                | \$ -                | \$ -        | 0.00%        | 0.00        | 0.00        |
| HOJA DE DATOS DE MEDIDORES DE TEMPERATURA       | \$ 16,000.00           | \$ -                | \$ -                | \$ -        | 0.00%        | 0.00        | 0.00        |
| ESPECIFICACIONES DE MEDIDORES DE TEMPERATURA    | \$ 16,000.00           | \$ -                | \$ -                | \$ -        | 0.00%        | 0.00        | 0.00        |
| VÁLVULAS DE CONTROL                             | \$ 32,000.00           | \$ -                | \$ -                | \$ -        | 0.00%        | 0.00        | 0.00        |
| HOJAS DE DATOS DE VÁLVULAS DE CONTROL           | \$ 16,000.00           | \$ -                | \$ -                | \$ -        | 0.00%        | 0.00        | 0.00        |
| ESPECIFICACIONES DE VÁLVULAS DE CONTROL         | \$ 16,000.00           | \$ -                | \$ -                | \$ -        | 0.00%        | 0.00        | 0.00        |
| FILOSOFÍA DE CONTROL                            | \$ 48,000.00           | \$ -                | \$ -                | \$ -        | 0.00%        | 0.00        | 0.00        |
| PLANO DE LOCALIZACIÓN DE INSTRUMENTOS           | \$ 32,000.00           | \$ -                | \$ -                | \$ -        | 0.00%        | 0.00        | 0.00        |
| PLANOS DE RUTAS DE CONDUCCIÓN DE SEÑALES        | \$ 32,000.00           | \$ -                | \$ -                | \$ -        | 0.00%        | 0.00        | 0.00        |

|                                      |                      |                     |                     |             |               |             |             |
|--------------------------------------|----------------------|---------------------|---------------------|-------------|---------------|-------------|-------------|
| DISCOS DE RUPTURA                    | \$ 24,000.00         | \$ -                | \$ -                | \$ -        | 0.00%         | 0.00        | 0.00        |
| DIAGRAMAS LÓGICOS DE CONTROL         | \$ 24,000.00         | \$ -                | \$ -                | \$ -        | 0.00%         | 0.00        | 0.00        |
| LISTA DE MATERIALES                  | \$ 24,000.00         | \$ -                | \$ -                | \$ -        | 0.00%         | 0.00        | 0.00        |
| SUMARIO DE ALARMAS                   | \$ 24,000.00         | \$ -                | \$ -                | \$ -        | 0.00%         | 0.00        | 0.00        |
| <b>INGENIERÍA CIVIL</b>              | <b>\$ 355,200.00</b> | <b>\$ 8,000.00</b>  | <b>\$ 8,000.00</b>  | <b>\$ -</b> | <b>2.00%</b>  | <b>1.00</b> | <b>0.02</b> |
| PREPARACIÓN DEL SITIO                | \$ 32,000.00         | \$ 8,000.00         | \$ 8,000.00         | \$ -        | 25.00%        | 1.00        | 0.25        |
| PLANO DE ESTRUCTURAS                 | \$ 163,200.00        | \$ -                | \$ -                | \$ -        | 0.00%         | 0.00        | 0.00        |
| VAPORIZADOR DE AMONIACO              | \$ 9,600.00          | \$ -                | \$ -                | \$ -        | 0.00%         | 0.00        | 0.00        |
| SOBRECIENTADOR DE AMONIACO           | \$ 9,600.00          | \$ -                | \$ -                | \$ -        | 0.00%         | 0.00        | 0.00        |
| COMPRESORES DE AIRE                  | \$ 9,600.00          | \$ -                | \$ -                | \$ -        | 0.00%         | 0.00        | 0.00        |
| MEZCLADOR DE ALIMENTACIÓN AL REACTOR | \$ 9,600.00          | \$ -                | \$ -                | \$ -        | 0.00%         | 0.00        | 0.00        |
| REACTOR                              | \$ 9,600.00          | \$ -                | \$ -                | \$ -        | 0.00%         | 0.00        | 0.00        |
| CALDERA DE CALOR RESIDUAL            | \$ 9,600.00          | \$ -                | \$ -                | \$ -        | 0.00%         | 0.00        | 0.00        |
| FILTRO DE PLATINO                    | \$ 9,600.00          | \$ -                | \$ -                | \$ -        | 0.00%         | 0.00        | 0.00        |
| PRECALENTADOR GAS DE COLA            | \$ 9,600.00          | \$ -                | \$ -                | \$ -        | 0.00%         | 0.00        | 0.00        |
| UNIDAD DE OXIDACIÓN                  | \$ 9,600.00          | \$ -                | \$ -                | \$ -        | 0.00%         | 0.00        | 0.00        |
| ENFRIADOR/CONDENSADOR                | \$ 9,600.00          | \$ -                | \$ -                | \$ -        | 0.00%         | 0.00        | 0.00        |
| REFRIGERADOR SECUNDARIO              | \$ 9,600.00          | \$ -                | \$ -                | \$ -        | 0.00%         | 0.00        | 0.00        |
| ABSORBEDOR                           | \$ 9,600.00          | \$ -                | \$ -                | \$ -        | 0.00%         | 0.00        | 0.00        |
| COLUMNA DE BLANQUEO                  | \$ 9,600.00          | \$ -                | \$ -                | \$ -        | 0.00%         | 0.00        | 0.00        |
| SEPARADOR LÍQUIDO-VAPOR              | \$ 9,600.00          | \$ -                | \$ -                | \$ -        | 0.00%         | 0.00        | 0.00        |
| CALENTADOR GAS DE COLA               | \$ 9,600.00          | \$ -                | \$ -                | \$ -        | 0.00%         | 0.00        | 0.00        |
| UNIDAD DE REFRIGERACIÓN              | \$ 9,600.00          | \$ -                | \$ -                | \$ -        | 0.00%         | 0.00        | 0.00        |
| RACK DE TUBERÍAS                     | \$ 48,000.00         | \$ -                | \$ -                | \$ -        | 0.00%         | 0.00        | 0.00        |
| LISTA DE MATERIALES                  | \$ 24,000.00         | \$ -                | \$ -                | \$ -        | 0.00%         | 0.00        | 0.00        |
| ESPECIFICACIONES DE ESTRUCTURAS      | \$ 24,000.00         | \$ -                | \$ -                | \$ -        | 0.00%         | 0.00        | 0.00        |
| PLANO DE PLATAFORMAS Y ESCALERAS     | \$ 32,000.00         | \$ -                | \$ -                | \$ -        | 0.00%         | 0.00        | 0.00        |
| PLANO INSTALACIONES SUBTERRANEAS     | \$ 32,000.00         | \$ -                | \$ -                | \$ -        | 0.00%         | 0.00        | 0.00        |
| <b>ARQUITECTURA</b>                  | <b>\$ 136,000.00</b> | <b>\$ -</b>         | <b>\$ -</b>         | <b>\$ -</b> | <b>0.00%</b>  | <b>0.00</b> | <b>0.00</b> |
| DISEÑO ARQUITECTÓNICO                | \$ 48,000.00         | \$ -                | \$ -                | \$ -        | 0.00%         | 0.00        | 0.00        |
| MODELOS TRIDIMENSIONALES             | \$ 56,000.00         | \$ -                | \$ -                | \$ -        | 0.00%         | 0.00        | 0.00        |
| LISTA DE MATERIALES                  | \$ 32,000.00         | \$ -                | \$ -                | \$ -        | 0.00%         | 0.00        | 0.00        |
| <b>CONTROL AMBIENTAL</b>             | <b>\$ 320,000.00</b> | <b>\$ 32,000.00</b> | <b>\$ 32,000.00</b> | <b>\$ -</b> | <b>10.00%</b> | <b>1.00</b> | <b>0.10</b> |
| ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL         | \$ 64,000.00         | \$ 32,000.00        | \$ 32,000.00        | \$ -        | 50.00%        | 1.00        | 0.50        |
| MANIFIESTO DE IMPACTO AMBIENTAL      | \$ 64,000.00         | \$ -                | \$ -                | \$ -        | 0.00%         | 0.00        | 0.00        |
| DESCRIPCIÓN DEL DESARROLLO PROPUESTO | \$ 4,800.00          | \$ -                | \$ -                | \$ -        | 0.00%         | 0.00        | 0.00        |
| DESCRIPCIÓN DE LA ZONA LOCAL         | \$ 3,200.00          | \$ -                | \$ -                | \$ -        | 0.00%         | 0.00        | 0.00        |
| IMPACTOS POTENCIALES                 | \$ 8,000.00          | \$ -                | \$ -                | \$ -        | 0.00%         | 0.00        | 0.00        |

|  |                      |             |             |             |              |             |             |
|--|----------------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|
| EXAMEN DE LOS EFECTOS EN LA ZONA         | \$ 16,000.00         | \$ -        | \$ -        | \$ -        | 0.00%        | 0.00        | 0.00        |
| CONSULTAS Y OBJECIONES                   | \$ 16,000.00         | \$ -        | \$ -        | \$ -        | 0.00%        | 0.00        | 0.00        |
| PERSPECTIVAS DE EMPLEO                   | \$ 8,000.00          | \$ -        | \$ -        | \$ -        | 0.00%        | 0.00        | 0.00        |
| FACTORES AMBIENTALES                     | \$ 8,000.00          | \$ -        | \$ -        | \$ -        | 0.00%        | 0.00        | 0.00        |
| PLAN DE MANEJO DE MATERIALES PELIGROSOS  | \$ 48,000.00         | \$ -        | \$ -        | \$ -        | 0.00%        | 0.00        | 0.00        |
| LICENCIAS Y PERMISOS AMBIENTALES         | \$ 144,000.00        | \$ -        | \$ -        | \$ -        | 0.00%        | 0.00        | 0.00        |
| <b>SEGURIDAD</b>                         | <b>\$ 168,000.00</b> | <b>\$ -</b> | <b>\$ -</b> | <b>\$ -</b> | <b>0.00%</b> | <b>0.00</b> | <b>0.00</b> |
| ANÁLISIS DE RIESGOS HAZOP                | \$ 64,000.00         | \$ -        | \$ -        | \$ -        | 0.00%        | 0.00        | 0.00        |
| PLANO DE RED CONTRA INCENDIO             | \$ 48,000.00         | \$ -        | \$ -        | \$ -        | 0.00%        | 0.00        | 0.00        |
| ESPECIFICACIÓN DE EQUIPO CONTRA INCENDIO | \$ 24,000.00         | \$ -        | \$ -        | \$ -        | 0.00%        | 0.00        | 0.00        |
| CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVIDAD          | \$ 16,000.00         | \$ -        | \$ -        | \$ -        | 0.00%        | 0.00        | 0.00        |

**Tabla 5.12.** Valores de costo real y valor ganado al 24% del avance del proyecto.<sup>73</sup>

| <b>Fin</b>        | <b>Costo</b>  | <b>Valor ganado</b> |
|-------------------|---------------|---------------------|
| <b>13/08/2012</b> | \$ -          | \$ -                |
| <b>10/09/2012</b> | \$ 33,600.00  | \$ 32,000.00        |
| <b>01/10/2012</b> | \$ 57,600.00  | \$ 56,000.00        |
| <b>22/10/2012</b> | \$ 105,600.00 | \$ 97,600.00        |
| <b>08/11/2012</b> | \$ 126,400.00 | \$ 118,400.00       |
| <b>19/11/2012</b> | \$ 137,600.00 | \$ 126,400.00       |
| <b>26/11/2012</b> | \$ 145,600.00 | \$ 134,400.00       |
| <b>14/01/2013</b> | \$ 313,600.00 | \$ 278,400.00       |
| <b>04/02/2013</b> | \$ 457,600.00 | \$ 406,400.00       |
| <b>08/02/2013</b> | \$ 553,600.00 | \$ 502,400.00       |
| <b>11/02/2013</b> | \$ 657,600.00 | \$ 598,400.00       |

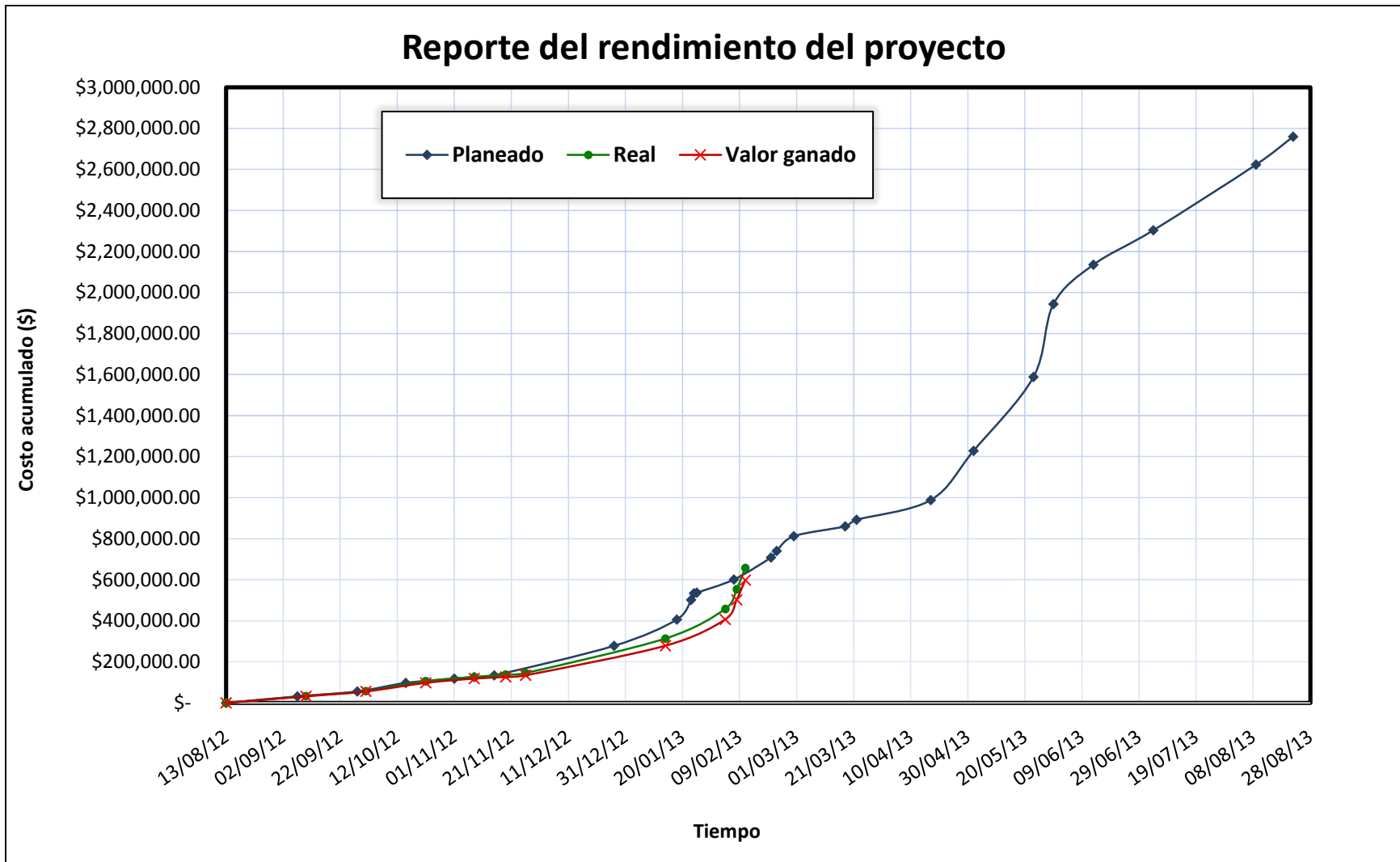
<sup>73</sup> Valores extraídos de la tabla 5.12. Los costos acumulados incluyen a todas las actividades realizadas en esa fecha.



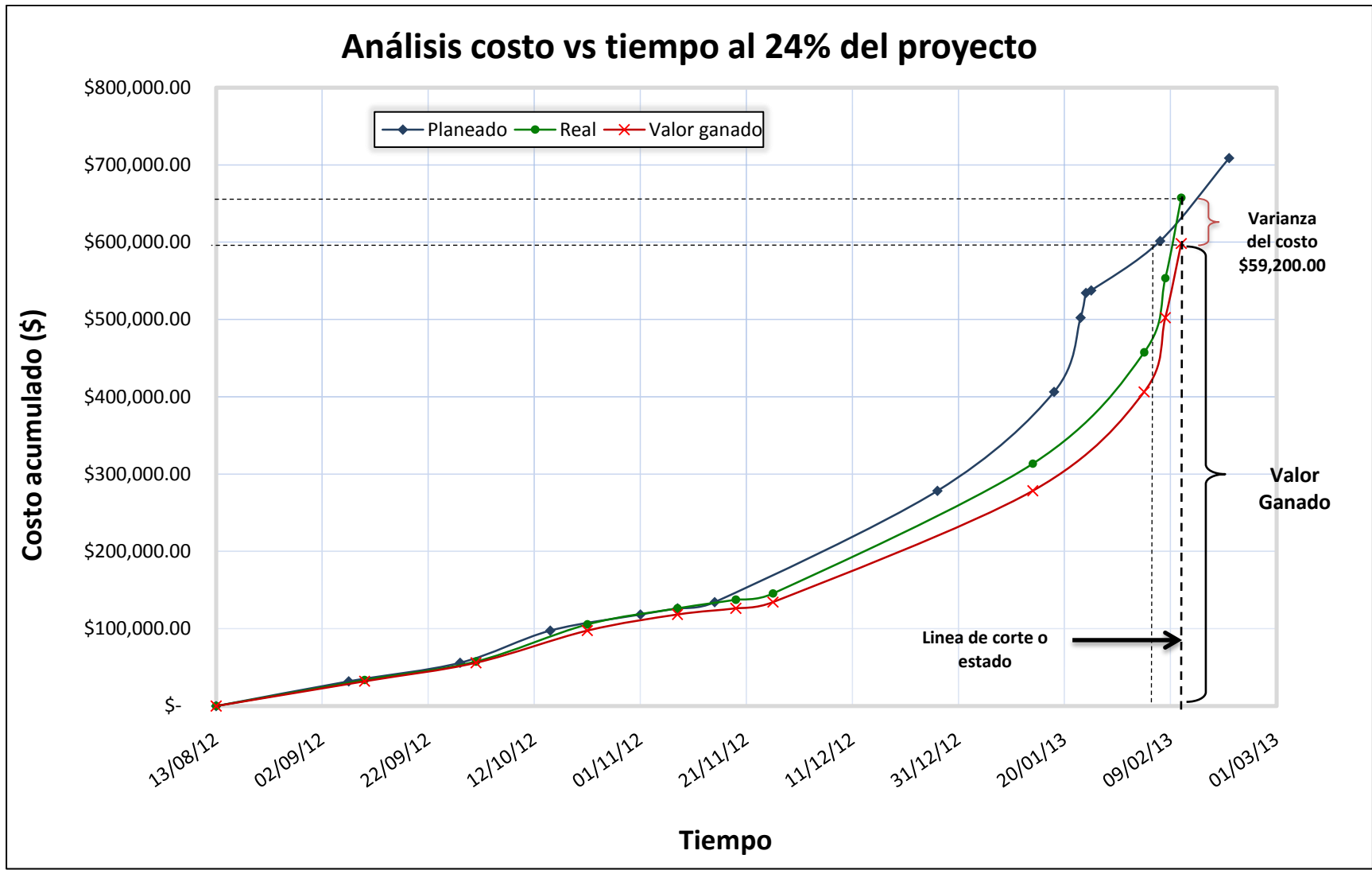
**Tabla 5.13.** Valores de costo planeado para la totalidad de avance del proyecto.

| <b>Fin</b>        | <b>Acumulado</b> |
|-------------------|------------------|
| <b>13/08/2012</b> | \$ -             |
| <b>07/09/2012</b> | \$ 32,000.00     |
| <b>28/09/2012</b> | \$ 56,000.00     |
| <b>15/10/2012</b> | \$ 97,600.00     |
| <b>01/11/2012</b> | \$ 118,400.00    |
| <b>08/11/2012</b> | \$ 126,400.00    |
| <b>15/11/2012</b> | \$ 134,400.00    |
| <b>27/12/2012</b> | \$ 278,400.00    |
| <b>18/01/2013</b> | \$ 406,400.00    |
| <b>23/01/2013</b> | \$ 502,400.00    |
| <b>24/01/2013</b> | \$ 534,400.00    |
| <b>25/01/2013</b> | \$ 537,600.00    |
| <b>07/02/2013</b> | \$ 601,600.00    |
| <b>20/02/2013</b> | \$ 708,800.00    |
| <b>22/02/2013</b> | \$ 740,800.00    |
| <b>28/02/2013</b> | \$ 812,800.00    |
| <b>18/03/2013</b> | \$ 860,800.00    |
| <b>22/03/2013</b> | \$ 892,800.00    |
| <b>17/04/2013</b> | \$ 988,800.00    |
| <b>02/05/2013</b> | \$ 1,228,800.00  |
| <b>23/05/2013</b> | \$ 1,588,800.00  |
| <b>30/05/2013</b> | \$ 1,944,000.00  |
| <b>13/06/2013</b> | \$ 2,136,000.00  |
| <b>04/07/2013</b> | \$ 2,304,000.00  |
| <b>09/08/2013</b> | \$ 2,624,000.00  |
| <b>22/08/2013</b> | \$ 2,760,000.00  |

Los valores de las tablas 5.12 y 5.13 contienen los valores empleados para realizar las diferentes curvas de la figura 5.8 y visualizar gráficamente el estado del proyecto para su posterior análisis.



**Figura 5.8** Gráfico del estado real del proyecto en la fecha de corte.



**Figura 5.9** Gráfico comparativo del avance real y el planeado mediante el valor ganado.

## 5.5. Análisis de resultados

Después de desarrollar el caso de estudio y analizando a grandes rasgos las estructuras de desglose de trabajo (Tablas 5.4 y 5.10), se puede observar el avance correspondiente al 24% del total del proyecto, que inicialmente estaba calculado para concluir en 270 días hábiles y con un costo total de \$2,760,000.00, sin embargo debido a los retrasos en las tareas afectadas, se observa un impacto en tiempo y costo de 17 días y \$59,200.00 respectivamente. Con lo anterior se observa que no todas las tareas afectadas son de ruta crítica, ya que el costo correspondiente a 17 días de retraso es de \$27,200.00, y el impacto real en el costo indica un retraso total de 37 días dado que el costo por día de trabajo es de \$1600.00 .

Por otra parte, haciendo una comparación de los diagramas de Gantt (Figuras 5.2 y 5.7), se puede notar un desplazamiento de las tareas en relación a la línea base original, lo que corrobora lo mencionado anteriormente. La línea base representada por una barra gris en la parte inferior de las tareas, se distingue ligeramente atrás del comienzo real de cada una de ellas, sobre todo después de concluir la etapa uno, donde ya se arrastra un retraso en actividades de la ruta crítica afectadas por los riesgos.

El análisis de riesgos por su parte, indicó que el escenario optimista en el que únicamente se presentan todos los riesgos de bajo impacto, el retraso máximo que se puede tener al 100% del proyecto es de 13 días, por otro lado el escenario pesimista donde se presentan todos los riesgos, señala que el máximo retraso del proyecto puede ser de hasta 160 días (Tabla 5.9).

Los riesgos que afectaron las tareas de acuerdo a la jerarquización de la tabla 5.6 son de bajo y mediano impacto, por lo que el aplazamiento presentado en el proyecto, entra dentro del rango establecido por dicho análisis (Tabla 5.9). El uso de estas tres herramientas, por sí solas, proporciona un panorama general del estado del proyecto y generan un estado de alerta para el director del mismo,

aunque al ser muy general, se requiere hacer un análisis más exhaustivo conjuntando lo anterior con el análisis del valor ganado presentado a continuación:

De la tabla 5.11 se obtiene que el valor ganado al 24% de avance del proyecto es \$598,400.00, mientras que el costo total real es de \$657,600.00 de lo cual se obtiene una varianza total del costo de -\$59,200.00<sup>74</sup>. El parámetro que indica a ciencia cierta el estado del proyecto es el índice de rendimiento del costo (CPI) en este caso tiene un valor de 0.91 para todo el proyecto, lo que muestra de acuerdo a la figura 3.3 que el rendimiento del proyecto es pobre y de seguir así se espera un costo total de \$3, 033, 048.13 de acuerdo al estimado a la conclusión (EAC) calculado a partir de la ecuación 9. Esta variación indica que al final del proyecto se tendría aproximadamente un sobre costo del 10%.

Haciendo un análisis de la figura 5.9, en donde se muestran las fechas de fin de las tareas principales a la fecha de corte (24/01/13), se aprecia el desfase en tiempo y costo de lo real respecto a lo planeado. Para dicha fecha se planeó contar con un costo de \$598, 400.00 y en teoría debería coincidir con el valor ganado en ese punto, pero se observa que el costo ya presenta una varianza de -\$59,200.00 como se ha mencionado con anterioridad, lo que indica que el trabajo se está llevando a cabo de forma ineficiente y se tiene que mejorar.

El análisis hecho hasta el momento, brinda una alerta y da un punto de referencia en el que se pueden tomar acciones correctivas para el resto del proyecto, tratando de mitigar el impacto en costo y tiempo, ya sea intentando que las tareas se realicen de manera más eficiente, logrando con ello mitigar el impacto en el costo y en el tiempo, o solamente tratando de cumplir con el tiempo, haciendo una replaneación del trabajo restante y realizando de manera simultánea las actividades que sean posibles, para con ello, disminuir el tiempo perdido y compensar los 17 días de retraso que ya perjudicaron al proyecto, aunque el costo se verá reflejado al final. La segunda opción es la más viable ya que cabe mencionar que un sobre costo es prácticamente imposible de revertir y al final del proyecto puede hacerse aún más grande.

---

<sup>74</sup> Recordemos que un valor negativo en la varianza del costo indica que se están excediendo los costos.

Por otro lado no se debe olvidar que los riesgos siguen latentes durante todo el proyecto, por lo que no prestar atención a lo antes mencionado provocaría que los incrementos en el costo y en el cronograma sigan ocurriendo hasta el punto en el que el proyecto fracase. Caso contrario, realizar este análisis periódicamente a lo largo del avance del proyecto, garantiza un buen control y por lo tanto un mayor rendimiento.

## **5.6. Conclusiones del caso de estudio**

El caso de estudio presentado, ilustra la conjunción de los elementos que conforman la programación dinámica y la importancia de cada uno de ellos, ya que si uno de estos es deficiente, el control del proyecto se debilita.

La planeación inicial es fundamental para llevar un buen control del proyecto ya que brinda un panorama muy claro de la duración y el costo estimados de cada una de las actividades, si no se lleva a cabo de manera adecuada puede ser factor determinante del fracaso del proyecto y el retraso no va a ser solo de 17 días generado por los riesgos presentados, si no que aunado a eso se va a tener un retraso extra por no programar las actividades de manera correcta, o peor aún puede ocasionar un retrabajo.

Una vez realizada la planeación, se prosiguió con el análisis de riesgos que en esta ocasión brindó un intervalo de tiempo y costo mostrado en la tabla 5.8 generado por el software Primavera Risk Analysis y proporcionando los posibles escenarios en los podría caer el proyecto, dando al director un punto de alerta temprana, para dar prioridad a los riesgos de mayor impacto, antes de que inicie el proyecto y hacer lo que esté a su alcance para que no ocurran.

Finalmente y para completar el triángulo de la programación dinámica, interviene el análisis del valor ganado, que generando valores precisos del estado del proyecto y aportando un punto más de análisis, es parte esencial para un buen control del proyecto.

## Conclusiones

En la administración de proyectos, la creación adecuada de una línea base antes de iniciar el proyecto es primordial para que no fracase, ya que se convierte en el punto de partida y base para el control del mismo. Por lo que se debe dar la importancia que requiere y dedicarle el tiempo suficiente.

Realizar el análisis de riesgo es de suma ayuda en la administración de riesgos, ya que contribuye directamente al proyecto, aumentando la probabilidad de concluirlo exitosamente. No debe olvidarse que cada proyecto requiere su análisis particular y por lo tanto diferentes acciones preventivas o correctivas.

El uso del software Primavera Risk Analysis, es de gran apoyo ya que facilita el análisis de riesgos, al emplear el método Monte Carlo para cuantificar los riesgos de un proyecto, generando una serie de probabilidades, dando como resultado los retrasos en tiempo y costo estimados, originando rangos a lo largo del proyecto, de acuerdo a los escenarios planteados. El apropiado control de los riesgos ayuda a mantener dentro de los límites establecidos, el presupuesto y el tiempo planeados para el proyecto.

El análisis del valor ganado proporciona parámetros importantes para el control de proyectos, básicamente es una comparación entre el tiempo real y el tiempo planeado, proveyendo las varianzas del costo y programación, además de los índices de rendimiento. Lo que es indispensable para saber el estado del proyecto y así generar propuestas para su mejora.

La programación dinámica permite analizar los datos de avance, tiempo y costo, por lo que su adecuado desarrollo permite tener la información requerida de manera adecuada, para poder hacer una correcta y oportuna toma de decisiones, mejorando con ello la eficiencia en el control de proyectos.

# Referencias bibliográficas

## Literatura

- KERZNER, Harold. Project Management. A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling 7<sup>th</sup> Edition. Ed. Jhon Wiley & Sons, Inc. USA. 2001
- Guía de los Fundamentos de la Dirección de Proyectos. Project Management Institute, 3<sup>a</sup> Edición, USA 2004
- KLEIM, Ralf L. y Ludin Irwin S. Project Management Practitioner's Handbook 1998
- VANHOUCKE, Mario. "Measuring the efficiency of project control using fictitious and empirical project data" International Journal of Project Management. May 2011. No.30, p. 252-263
- RAY, Martyn S. and Johnston David W. Chemical Engineering Design Project. A case study approach. Ed. Gordon and Breach Science Publishers. Vol 6.
- CARRILLO RANGEL, Adriana. Porque usar EVM como control de proyectos. Facultad de Química. UNAM. México 2013
- RODRÍGUEZ PULIDO, Julieta C.. Análisis de riesgos en ingeniería de proyectos aplicado a la etapa de control utilizando el método jerárquico analítico (AHP). Caso de estudio de una unidad desmineralizadora de agua. UNAM. México 2006
- FLORES ALONSO, Claudia. Presentación definición inicial del proyecto (FEL), "Una mejor práctica para incrementar el desempeño en los proyectos". UNAM. México 2006
- Construction Industry Institute. Alignment During Pre- Project Planning. USA. 1997
- Construction Industry Institute. PDRI and Alignment During Pre- Project Planning Tools. USA. 1997
- Construction Industry Institute. Project Definition Rating Index. Industrial Projects. USA. 1996

## Bibliografía en la Web

- <http://es.scribd.com/doc/97755071/Diseno-Planta-de-Acido-Nitrico>.



## Apéndice 1. Termómetro de alineación.

Instrucciones de uso:

1. Aplicación de la hoja de encuesta. Tabla 1. Se escriben valores desde 1 hasta 5 en las celdas de color azul. 1 para el enunciado con el que usted está totalmente en desacuerdo y 5 para el enunciado con el que usted está totalmente de acuerdo.
2. Determinación del puntaje total. Se suman todos los valores que corresponden a las elecciones hechas en el punto anterior. Esta suma aparece en la celda de color naranja.
3. Cálculo del promedio, rango y rango/promedio. Tabla 2.
4. Ubicación de los resultados en el termómetro de alineación.

| Tabla 1. Encuesta.   |  | Nivel de acuerdo o desacuerdo. |   |   |   |    | Elección             | Puntuación |
|--|--|--------------------------------|---|---|---|----|----------------------|------------|
| Nombre del proyecto:   |  | 1                              | 2 | 3 | 4 | 5  |                      |            |
| <b>PUNTOS DE ALINEACIÓN</b>  |  |                                |   |   |   |    |                      |            |
| 1. Los involucrados en el proyecto están debidamente representados en el proyecto. |  | 0                              | 3 | 5 | 8 | 10 | 3                    | 5          |
| 2. El líder del proyecto está definido, es efectivo y es confiable.                |  | 0                              | 3 | 5 | 8 | 10 | 5                    | 10         |
| 3. La prioridad entre costo, tiempo y requerimientos del proyecto es clara.        |  | 0                              | 3 | 5 | 8 | 10 | 5                    | 10         |
| 4. La comunicación dentro del equipo y con los afectados es abierta y efectiva.    |  | 0                              | 3 | 5 | 8 | 10 | 3                    | 5          |
| 5. Las reuniones de trabajo están programadas y son efectivas.                     |  | 0                              | 3 | 5 | 8 | 10 | 5                    | 10         |
| 6. La cultura del equipo incluye confianza, honestidad y compañerismo.             |  | 0                              | 3 | 5 | 8 | 10 | 5                    | 10         |
| 7. El proceso de pre planeación incluye suficientes recursos, tiempo y alcance.    |  | 0                              | 3 | 5 | 8 | 10 | 3                    | 5          |
| 8. Los métodos de reconocimiento y recompensa promueven el logro de los objetivos. |  | 0                              | 3 | 5 | 8 | 10 | 5                    | 10         |
| 9. Los programas de trabajo en equipo son efectivos.                               |  | 0                              | 3 | 5 | 8 | 10 | 3                    | 5          |
| 10. Las herramientas de planeación son usadas de forma efectiva.                   |  | 0                              | 3 | 5 | 8 | 10 | 3                    | 5          |
|  |  |                                |   |   |   |    | <b>Puntaje total</b> | <b>75</b>  |

Gráfico A. Comparativo de los resultados.  
Gráfico A. Comparativo de los resultados.

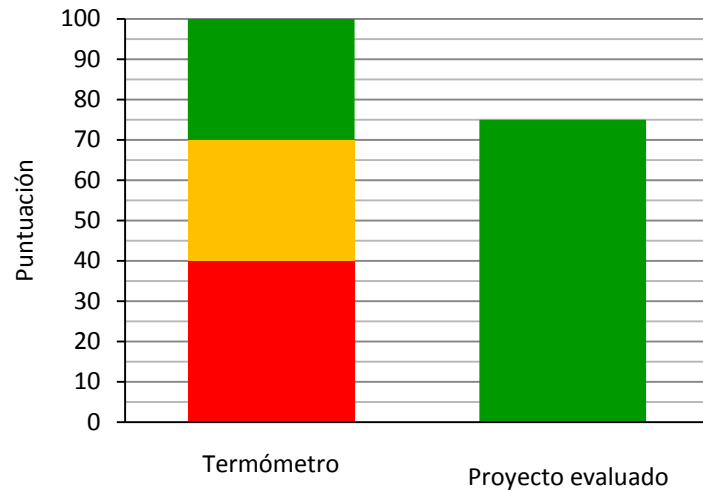
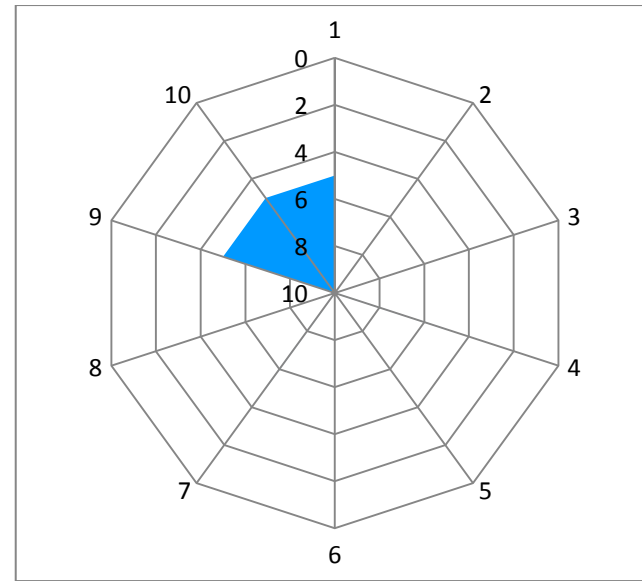


Gráfico B. Diagrama de telaraña.  
Gráfico B. Diagrama de telaraña.



El gráfico A muestra la evaluación del proyecto en relación a los resultados obtenidos de la aplicación de la encuesta, en este caso indica que el proyecto se encuentra bien alineado. Si se encontrara en color amarillo indicaría que se tienen que hacer algunos ajustes, si se encuentra en color rojo significa que no hay alineación.

El gráfico B es otra manera de visualizar la alineación del proyecto, es deseable que la parte sombreada sea pequeña y lo más próxima al centro, lo que indicaría una buena alineación.

## Apéndice 2. Formato para la evaluación del índice de definición del proyecto

| <b>SECCIÓN I: BASES DE DECISIÓN DEL PROYECTO</b>                          |                     |   |    |    |    |    |                        |              |  |
|---|---------------------|---|----|----|----|----|------------------------|--------------|--|
| CATEGORIA<br>Elemento   | NIVEL DE DEFINICIÓN |   |    |    |    |    | PUNTAJE                | NIV. de DEF. |  |
|   | 0                   | 1 | 2  | 3  | 4  | 5  |                        |              |  |
| <b>A. CRITERIO DE OBJETIVOS DE MANUFACTURA</b> PUNTAJE MÁXIMO = 45        |                     |   |    |    |    |    |                        | <b>A</b>     |  |
| A1. Filosofía de confiabilidad  | 0                   | 1 | 5  | 9  | 14 | 20 | 20                     | 5            |  |
| A2. Filosofía de mantenimiento  | 0                   | 1 | 3  | 5  | 7  | 9  | 9                      | 5            |  |
| A3. Filosofía de operación  | 0                   | 1 | 4  | 7  | 12 | 16 | 16                     | 5            |  |
| <b>TOTAL CATEGORIA A</b>  |                     |   |    |    |    |    | 45                     | <b>B</b>     |  |
| <b>B. OBJETIVOS DE NEGOCIO</b> PUNTAJE MÁXIMO = 213                       |                     |   |    |    |    |    |                        | <b>B</b>     |  |
| B1. Productos   | 0                   | 1 | 11 | 22 | 33 | 56 | 56                     | 5            |  |
| B2. Estrategia de mercado   | 0                   | 2 | 5  | 10 | 16 | 26 | 26                     | 5            |  |
| B3. Estrategia de proyecto  | 0                   | 1 | 5  | 9  | 14 | 23 | 23                     | 5            |  |
| B4. Factibilidad/asequibilidad  | 0                   | 1 | 3  | 6  | 9  | 16 | 16                     | 5            |  |
| B5. Capacidad   | 0                   | 2 | 11 | 21 | 33 | 55 | 55                     | 5            |  |
| B6. Consideraciones de expansiones futuras                                | 0                   | 2 | 3  | 6  | 10 | 17 | 17                     | 5            |  |
| B7. Ciclo de vida esperado del proyecto                                   | 0                   | 1 | 2  | 3  | 5  | 8  | 8                      | 5            |  |
| B8. Consideraciones sociales  | 0                   | 1 | 2  | 5  | 7  | 12 | 12                     | 5            |  |
| <b>TOTAL CATEGORIA B</b>  |                     |   |    |    |    |    | 213                    | <b>C</b>     |  |
| <b>C. DATOS BÁSICOS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO</b> PUNTAJE MÁXIMO = 94 |                     |   |    |    |    |    |                        | <b>C</b>     |  |
| C1. Tecnología  | 0                   | 2 | 10 | 21 | 39 | 54 | 54                     | 5            |  |
| C2. Procesos  | 0                   | 2 | 8  | 17 | 28 | 40 | 40                     | 5            |  |
| <b>TOTAL CATEGORIA C</b>  |                     |   |    |    |    |    | 94                     | <b>D</b>     |  |
| <b>D. ALCANCE DE PROYECTO</b> PUNTAJE MÁXIMO = 120                        |                     |   |    |    |    |    |                        | <b>D</b>     |  |
| D1. Declaración de objetivos del proyecto                                 | 0                   | 2 |    |    |    | 25 | 25                     | 5            |  |
| D2. Criterios de diseño del proyecto                                      | 0                   | 3 | 6  | 11 | 16 | 22 | 22                     | 5            |  |
| D3. Características del sitio   | 0                   | 2 |    |    |    | 29 | 29                     | 5            |  |
| D4. Requisitos de demolición y desmontaje                                 | 0                   | 2 | 5  | 8  | 12 | 15 | 15                     | 5            |  |
| D5. Guía/disciplina de alcance de trabajo                                 | 0                   | 1 | 4  | 7  | 10 | 13 | 13                     | 5            |  |
| D6. Programa de proyecto  | 0                   | 2 |    |    |    | 16 | 16                     | 5            |  |
| <b>TOTAL CATEGORIA D</b>  |                     |   |    |    |    |    | 120                    | <b>E</b>     |  |
| <b>E. VALOR DE INGENIERÍA</b> PUNTAJE MÁXIMO = 27                         |                     |   |    |    |    |    |                        | <b>E</b>     |  |
| E1. Simplificación de proceso   | 0                   | 0 |    |    |    | 8  | 8                      | 5            |  |
| E2. Diseño y alter de materiales (considerado/rec)                        | 0                   | 0 |    |    |    | 7  | 7                      | 5            |  |
| E3. Análisis del diseño para constructabilidad                            | 0                   | 0 | 3  | 5  | 8  | 12 | 12                     | 5            |  |
| <b>TOTAL CATEGORIA E</b>  |                     |   |    |    |    |    | 27                     |              |  |
| <b>SECCIÓN I PUNTAJE MÁXIMO= 499</b>                                      |                     |   |    |    |    |    | <b>TOTAL SECCIÓN I</b> | <b>499</b>   |  |

| SECCIÓN II: FED- ALCANCE DE PROYECTO                           |                     |   |   |    |    |    |                         |              |
|--|---------------------|---|---|----|----|----|-------------------------|--------------|
| CATEGORIA  | NIVEL DE DEFINICIÓN |   |   |    |    |    | PUNTAJE                 | NIV. de DEF. |
| Elemento   | 0                   | 1 | 2 | 3  | 4  | 5  |                         |              |
| <b>F. INFORMACIÓN DEL SITIO</b> PUNTAJE MÁXIMO = 104           |                     |   |   |    |    |    |                         | <b>F</b>     |
| F1. Localización del sitio                                     | 0                   | 2 |   |    |    | 32 | 32                      | 5            |
| F2. Mecánica de suelos   | 0                   | 1 | 4 | 7  | 10 | 13 | 13                      | 5            |
| F3. Estudio de impacto ambiental                               | 0                   | 2 | 5 | 10 | 15 | 21 | 21                      | 5            |
| F4. Requisitos para permisos                                   | 0                   | 1 | 3 | 5  | 9  | 12 | 12                      | 5            |
| F5. Fuentes de servicios y cond. de suministro                 | 0                   | 1 | 4 | 8  | 12 | 18 | 18                      | 5            |
| F6. Protecc. contra incendios/consider. de segur.              | 0                   | 1 | 2 | 4  | 5  | 8  | 8                       | 5            |
| <b>TOTAL CATEGORIA F</b>                                       |                     |   |   |    |    |    | 104                     | <b>G</b>     |
| <b>G PROCESO / MECÁNICO</b> PUNTAJE MÁXIMO = 196               |                     |   |   |    |    |    |                         |              |
| G1. Diagrama de flujo de proceso DFP                           | 0                   | 2 | 8 | 17 | 26 | 36 | 36                      | 5            |
| G2. Balances de materia y energía                              | 0                   | 1 | 5 | 10 | 17 | 23 | 23                      | 5            |
| G3. Diagramas de tuberías e Instrumentación DTIs               | 0                   | 2 | 8 | 15 | 23 | 31 | 31                      | 5            |
| G4. Administración de seguridad del proceso                    | 0                   | 1 | 2 | 4  | 6  | 8  | 8                       | 5            |
| G5. Diagrama de flujo de servicios                             | 0                   | 1 | 3 | 6  | 9  | 12 | 12                      | 5            |
| G6. Especificaciones   | 0                   | 1 | 4 | 8  | 12 | 17 | 17                      | 5            |
| G7. Requisitos de sistemas de tuberías                         | 0                   | 1 | 2 | 4  | 6  | 8  | 8                       | 5            |
| G8. Plano de Localización General (Plot Plan)                  | 0                   | 1 | 4 | 8  | 13 | 17 | 17                      | 5            |
| G9. Lista de Equipo mecánico                                   | 0                   | 1 | 4 | 9  | 12 | 18 | 18                      | 5            |
| G10. Lista de líneas   | 0                   | 1 | 2 | 4  | 6  | 8  | 8                       | 5            |
| G11. Lista de interconexiones                                  | 0                   | 1 | 2 | 3  | 4  | 6  | 6                       | 5            |
| G12. Lista de elementos especiales para tuberías               | 0                   | 1 | 1 | 2  | 3  | 4  | 4                       | 5            |
| G13. Índice de instrumentación                                 | 0                   | 1 | 2 | 4  | 5  | 8  | 8                       | 5            |
| <b>TOTAL CATEGORIA G</b>                                       |                     |   |   |    |    |    | 196                     | <b>H</b>     |
| <b>H. ALCANCE DE EQUIPO</b> PUNTAJE MÁXIMO = 33                |                     |   |   |    |    |    |                         |              |
| H1. Estado del equipo  | 0                   | 1 | 4 | 8  | 12 | 16 | 16                      | 5            |
| H2. Diagramas de localización de equipo                        | 0                   | 1 | 2 | 5  | 7  | 10 | 10                      | 5            |
| H3. Requisitos de servicios auxiliares para equipos            | 0                   | 1 | 2 | 3  | 5  | 7  | 7                       | 5            |
| <b>TOTAL CATEGORIA H</b>                                       |                     |   |   |    |    |    | 33                      | <b>I</b>     |
| <b>I. CIVIL, ESTRUCTURA Y ARQUITECTURA</b> PUNTAJE MÁXIMO = 19 |                     |   |   |    |    |    |                         |              |
| I1. Requisitos civiles y estructurales                         | 0                   | 1 | 3 | 6  | 9  | 12 | 12                      | 5            |
| I2. Requisitos arquitectónicos                                 | 0                   | 1 | 2 | 4  | 5  | 7  | 7                       | 5            |
| <b>TOTAL CATEGORIA I</b>                                       |                     |   |   |    |    |    | 19                      | <b>J</b>     |
| <b>J. INFRAESTRUCTURA</b> PUNTAJE MÁXIMO = 25                  |                     |   |   |    |    |    |                         |              |
| J1. Requisitos de tratamiento de agua                          | 0                   | 1 | 3 | 5  | 7  | 10 | 10                      | 5            |
| J2. Req. de instalaciones de carga/desc./almacenamiento        | 0                   | 1 | 3 | 5  | 7  | 10 | 10                      | 5            |
| J3. Requisitos de transporte                                   | 0                   | 1 |   |    |    | 5  | 5                       | 5            |
| <b>TOTAL CATEGORIA J</b>                                       |                     |   |   |    |    |    | 25                      | <b>K</b>     |
| <b>K. INSTRUMENTACIÓN Y ELECTRICIDAD</b> PUNTAJE MÁXIMO = 46   |                     |   |   |    |    |    |                         |              |
| K1. Filosofía de control                                       | 0                   | 1 | 3 | 5  | 7  | 10 | 10                      | 5            |
| K2. Diagramas lógicos  | 0                   | 1 |   |    |    | 4  | 4                       | 5            |
| K3. Clasificaciones de áreas eléctricas                        | 0                   | 0 | 2 | 4  | 7  | 9  | 9                       | 5            |
| K4. Req. De subestación/Fuentes de energía ident               | 0                   | 1 | 3 | 5  | 7  | 9  | 9                       | 5            |
| K5. Diagramas unifilares                                       | 0                   | 1 | 2 | 4  | 6  | 8  | 8                       | 5            |
| K6. Especificaciones eléctricas y de instrumentación           | 0                   | 1 | 2 | 3  | 5  | 6  | 6                       | 5            |
| <b>TOTAL CATEGORIA K</b>                                       |                     |   |   |    |    |    | 46                      |              |
| <b>SECCIÓN II PUNTAJE MÁXIMO= 423</b>                          |                     |   |   |    |    |    | <b>TOTAL SECCIÓN II</b> | <b>423</b>   |

| SECCIÓN III: PLAN DE EJECUCIÓN                       |                     |   |   |   |   |                     |                          |                 |  |
|--|---------------------|---|---|---|---|---------------------|--------------------------|-----------------|--|
| CATEGORIA<br>Elemento                                | NIVEL DE DEFINICIÓN |   |   |   |   |                     | PUNTAJE                  | NIV. de<br>DEF. |  |
|  | 0                   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5                   |                          |                 |  |
| <b>L. ESTRATEGIA DE PROCURA</b>                      |                     |   |   |   |   | PUNTAJE MÁXIMO = 16 |                          | <b>L</b>        |  |
| L1. Ident. de material y equipo crítico de largo pla | 0                   | 1 | 2 | 4 | 6 | 8                   | 8                        | 5               |  |
| L2. Planes y procedimientos de procura               | 0                   | 0 | 1 | 2 | 4 | 5                   | 5                        | 5               |  |
| L3. Matriz de responsabilidades de procura           | 0                   | 0 |   |   |   | 3                   | 3                        | 5               |  |
| <b>TOTAL CATEGORIA L</b>                             |                     |   |   |   |   |                     | 16                       | <b>M</b>        |  |
| <b>M. ENTREGABLES</b>                                |                     |   |   |   |   | PUNTAJE MÁXIMO = 9  |                          |                 |  |
| M1. Requisitos del Modelo CADD                       | 0                   | 0 | 1 | 1 | 2 | 4                   | 4                        | 5               |  |
| M2. Entregables definidos                            | 0                   | 0 | 1 | 2 | 3 | 4                   | 4                        | 5               |  |
| M3. Matriz de distribución                           | 0                   | 0 |   |   |   | 1                   | 1                        | 5               |  |
| <b>TOTAL CATEGORIA M</b>                             |                     |   |   |   |   |                     | 9                        | <b>N</b>        |  |
| <b>N. CONTROL DEL PROYECTO</b>                       |                     |   |   |   |   | PUNTAJE MÁXIMO = 17 |                          |                 |  |
| N1. Requisitos de control del proyecto               | 0                   | 0 | 2 | 4 | 6 | 8                   | 8                        | 5               |  |
| N2. Requisitos de contabilidad del proyecto          | 0                   | 0 | 1 | 2 | 2 | 4                   | 4                        | 5               |  |
| N3. Análisis de riesgos                              | 0                   | 1 |   |   |   | 5                   | 5                        | 5               |  |
| <b>TOTAL CATEGORIA N</b>                             |                     |   |   |   |   |                     | 17                       | <b>P</b>        |  |
| <b>P. PLAN DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO</b>             |                     |   |   |   |   | PUNTAJE MÁXIMO = 36 |                          |                 |  |
| P1. Requisitos de aprobación del dueño               | 0                   | 0 | 2 | 3 | 5 | 6                   | 6                        | 5               |  |
| P2. Plan y contabilidad de ingeniería y construcción | 0                   | 1 | 3 | 5 | 8 | 11                  | 11                       | 5               |  |
| P3. Requisitos de paro y arranque                    | 0                   | 1 |   |   |   | 7                   | 7                        | 5               |  |
| P4. Prerequisitos de secuencia de pesta en marcha    | 0                   | 1 | 1 | 2 | 4 | 5                   | 5                        | 5               |  |
| P5. Requisitos de arranque                           | 0                   | 0 | 1 | 2 | 3 | 4                   | 4                        | 5               |  |
| P6. Requisitos de entrenamiento                      | 0                   | 0 | 1 | 1 | 2 | 3                   | 3                        | 5               |  |
| <b>TOTAL CATEGORIA P</b>                             |                     |   |   |   |   |                     | 36                       |                 |  |
| <b>SECCIÓN I PUNTAJE MÁXIMO= 78</b>                  |                     |   |   |   |   |                     | <b>TOTAL SECCIÓN III</b> | <b>78</b>       |  |

|                                   |             |
|-----------------------------------|-------------|
| TOTAL SECCIÓN I                   | 499         |
| TOTAL SECCIÓN II                  | 423         |
| TOTAL SECCIÓN III                 | 78          |
| <b>PDRI (puntaje máximo=1000)</b> | <b>1000</b> |

Aquí se muestra un ejemplo de proyecto con una puntuación de 1000 que es el puntaje máximo e indica que el proyecto está mal definido y la probabilidad de éxito es prácticamente nula.

### Apéndice 3. Escenarios, resultado del análisis de riesgo en el software Primavera Risk Analysis

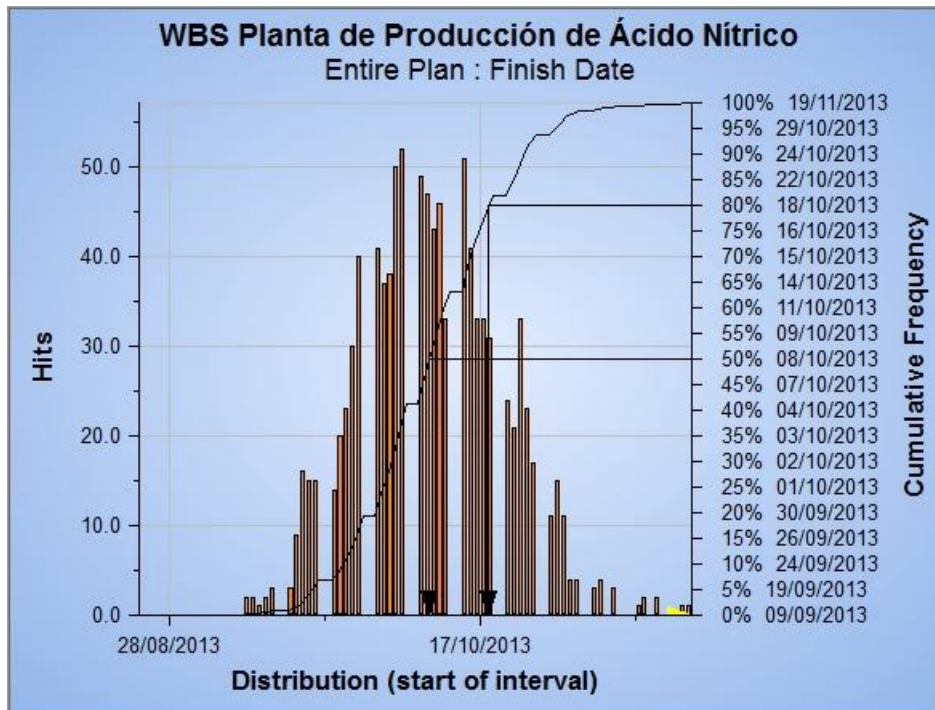


Figura A3.1 Distribución de fechas a lo largo del proyecto 6%-39%.

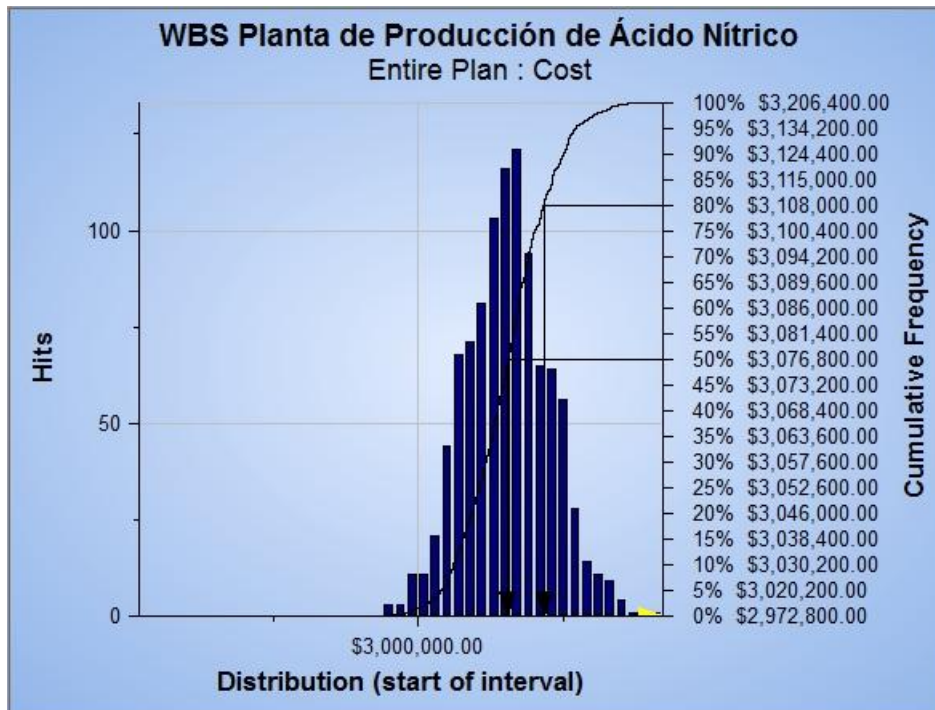


Figura A3.2 Distribución de costos a lo largo del proyecto 6%-39%.

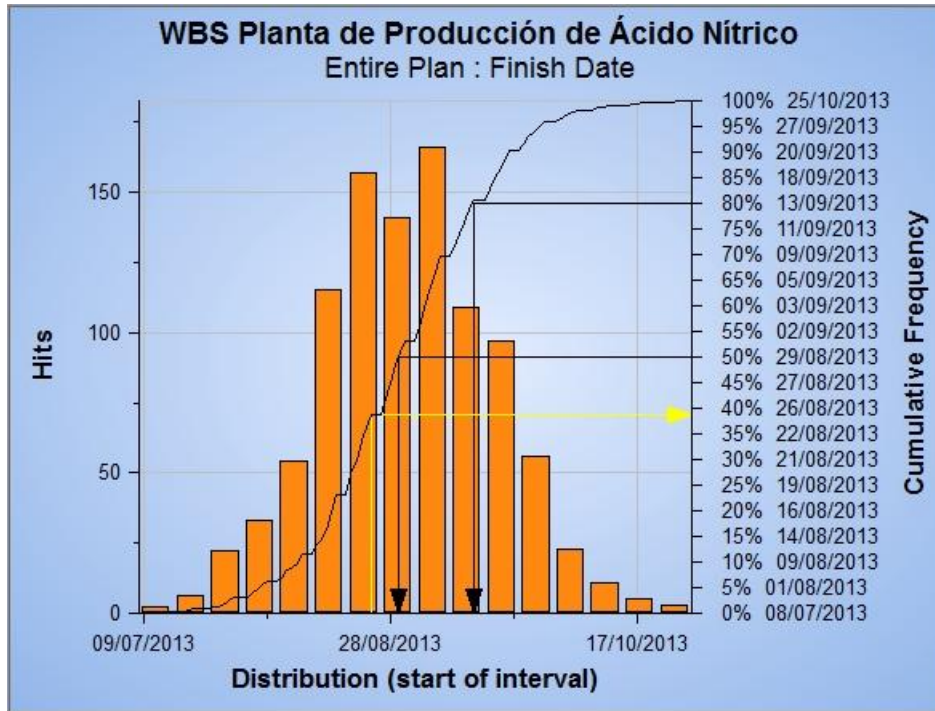


Figura A3.3 Distribución de fechas a lo largo del proyecto 39%-39%.

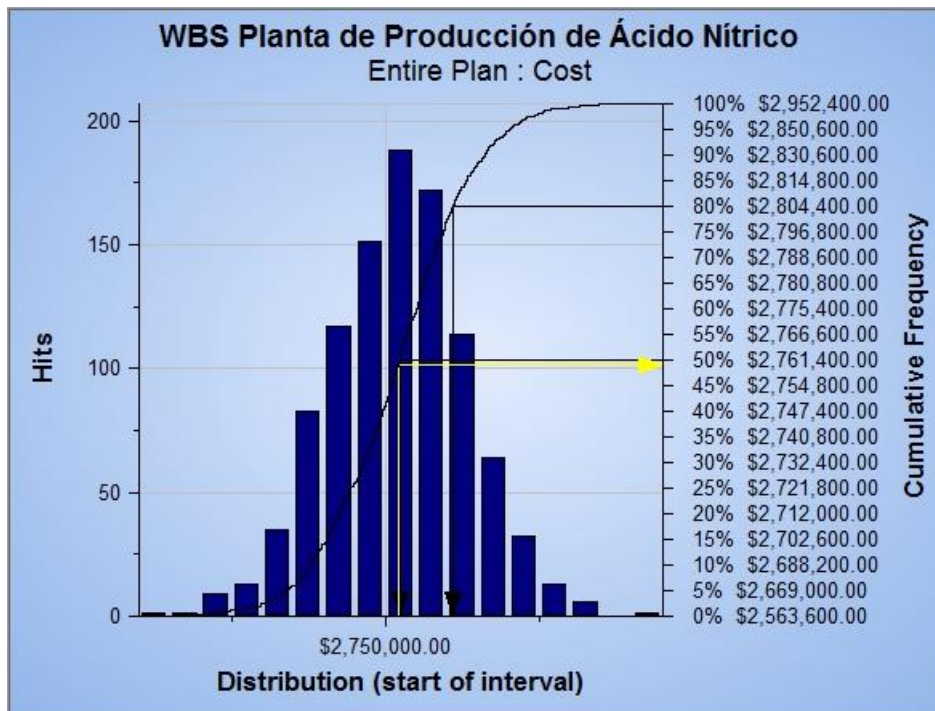


Figura A3.4 Distribución de costos a lo largo del proyecto 39%-39%.



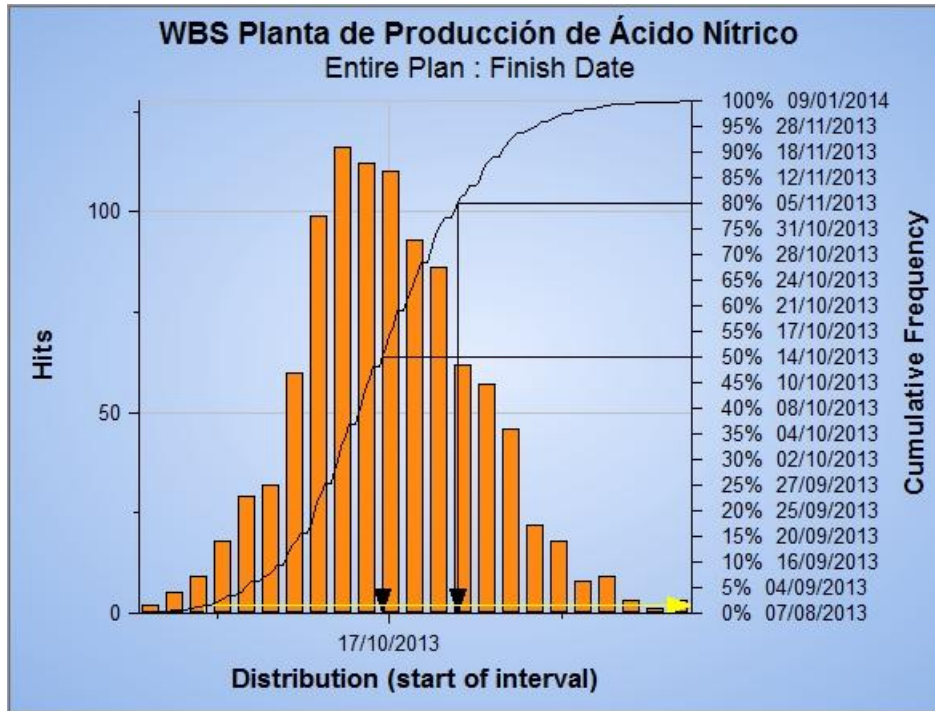


Figura A3.5 Distribución de fechas a lo largo del proyecto 39%-72%.

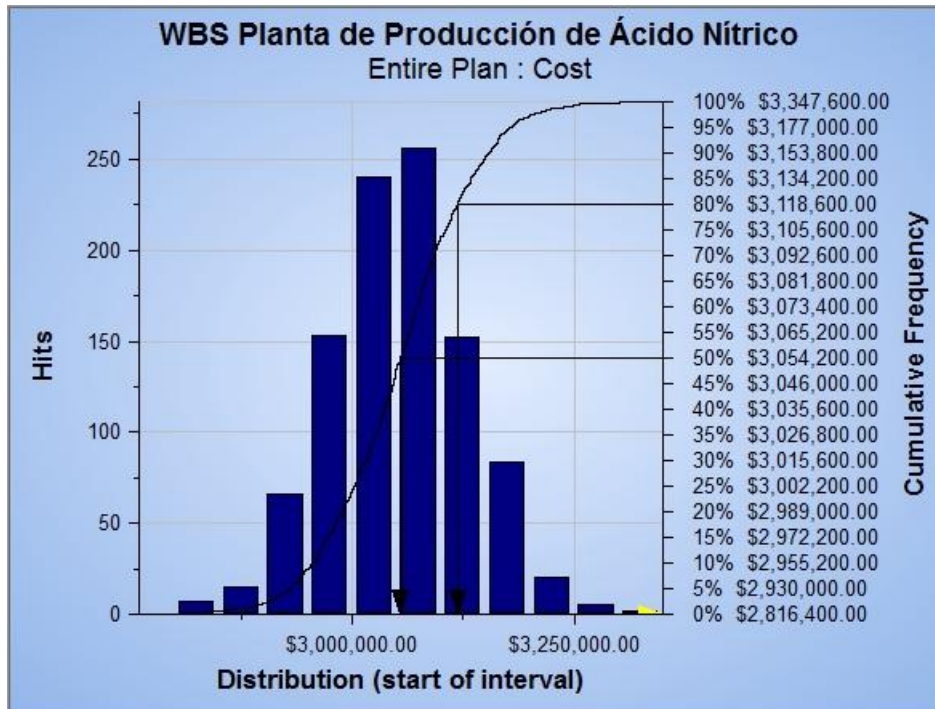


Figura A3.6 Distribución de costos a lo largo del proyecto 39%-72%.



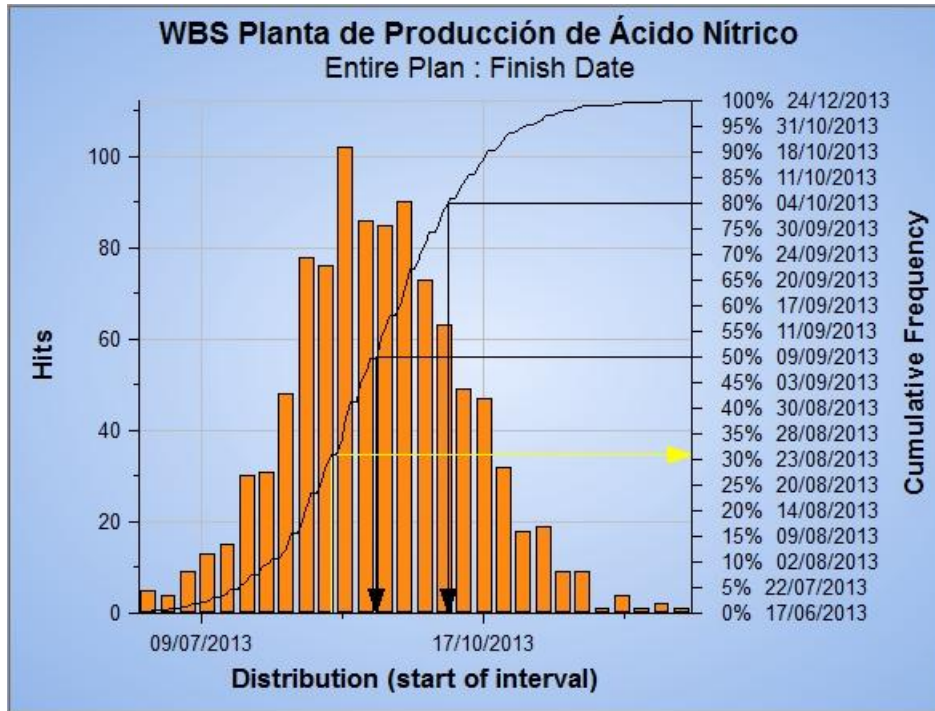


Figura A3.7 Distribución de fechas a lo largo del proyecto 72%-72%.

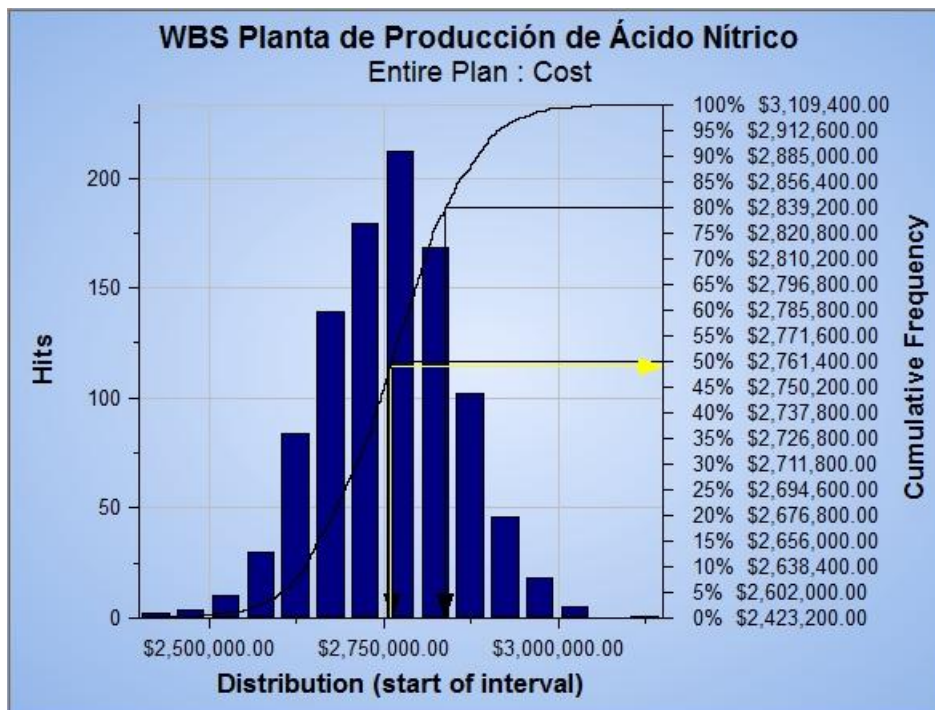


Figura A3.8 Distribución de costos a lo largo del proyecto 72%-72%.

## Apéndice 4. Estructuras de desglose de trabajo correspondientes al tiempo máximo y mínimo.

**Tabla A4.1** Estructura de desglose de trabajo para la planta de producción de ácido nítrico tiempo máximo.

| EDT              | Nombre de tarea                              | Duración        | Comienzo            | Fin                 | Predecesoras | Recursos |
|------------------|--|-----------------|---------------------|---------------------|--------------|----------|
| <b>1</b>         | <b>PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ÁCIDO NÍTRICO</b> | <b>515 días</b> | <b>vie 10/08/12</b> | <b>jue 31/07/14</b> |              |          |
| <b>1.3</b>       | <b>ETAPA 1</b>                               | <b>115 días</b> | <b>lun 13/08/12</b> | <b>vie 18/01/13</b> |              |          |
| <b>1.3.1</b>     | <b>INGENIERÍA CONCEPTUAL</b>                 | <b>115 días</b> | <b>lun 13/08/12</b> | <b>vie 18/01/13</b> |              |          |
| <b>1.3.1.1</b>   | <b>ESTUDIOS DE MERCADO</b>                   | <b>20 días</b>  | <b>lun 13/08/12</b> | <b>vie 07/09/12</b> | <b>2,3</b>   |          |
| 1.3.1.1.1        | DESCRIPCIÓN GENERAL                          | 3 días          | lun 13/08/12        | mié 15/08/12        | 2,3          | A        |
| 1.3.1.1.2        | USOS Y APLICACIONES                          | 3 días          | jue 16/08/12        | lun 20/08/12        | 7            | A        |
| 1.3.1.1.3        | ANÁLISIS DEL MERCADO GLOBAL                  | 3 días          | mar 21/08/12        | jue 23/08/12        | 8            | A        |
| 1.3.1.1.4        | ANÁLISIS DE LA OFERTA                        | 3 días          | vie 24/08/12        | mar 28/08/12        | 9            | A        |
| 1.3.1.1.5        | ANÁLISIS DE LA DEMANDA                       | 3 días          | mié 29/08/12        | vie 31/08/12        | 10           | A        |
| 1.3.1.1.6        | EVALUACIÓN DEL MERCADO                       | 3 días          | lun 03/09/12        | mié 05/09/12        | 11           | A        |
| 1.3.1.1.7        | ESTUDIO PRECIOS Y COMERCIALIZACIÓN           | 2 días          | jue 06/09/12        | vie 07/09/12        | 12           | A        |
| <b>1.3.1.2</b>   | <b>SELECCIÓN DE UBICACIÓN DE LA PLANTA</b>   | <b>15 días</b>  | <b>lun 10/09/12</b> | <b>vie 28/09/12</b> | <b>6</b>     |          |
| 1.3.1.2.1        | SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS                    | 5 días          | lun 10/09/12        | vie 14/09/12        | 6            | A        |
| 1.3.1.2.2        | EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS                   | 5 días          | lun 17/09/12        | vie 21/09/12        | 15           | A        |
| <b>1.3.1.2.3</b> | <b>SELECCIÓN DE UBICACIÓN DE LA PLANTA</b>   | <b>5 días</b>   | <b>lun 24/09/12</b> | <b>vie 28/09/12</b> | <b>16</b>    | <b>A</b> |
| <b>1.3.1.3</b>   | <b>SELECCIÓN DE LA TECNOLOGÍA</b>            | <b>26 días</b>  | <b>lun 01/10/12</b> | <b>lun 05/11/12</b> | <b>14</b>    |          |
| <b>1.3.1.3.1</b> | <b>BUSQUEDA DE ALTERNATIVAS</b>              | <b>7 días</b>   | <b>lun 01/10/12</b> | <b>mar 09/10/12</b> | <b>14</b>    |          |
| 1.3.1.3.1.1      | PROCESO DE DOBLE PRESIÓN                     | 3.5 días        | lun 01/10/12        | jue 04/10/12        | 14           | A        |

|                  |  |                |                     |                     |           |         |
|------------------|--|----------------|---------------------|---------------------|-----------|---------|
| 1.3.1.3.1.2      | PROCESO DE PRESIÓN SIMPLE  | 3.5 días       | jue 04/10/12        | mar 09/10/12        | 20        | A       |
| <b>1.3.1.3.2</b> | <b>ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS</b>  | <b>5 días</b>  | <b>mié 10/10/12</b> | <b>mar 16/10/12</b> | <b>21</b> |         |
| 1.3.1.3.2.1      | DIAGRAMAS DE FLUJO DE CADA PROCESO                                     | 2 días         | mié 10/10/12        | jue 11/10/12        | 21        | A       |
| 1.3.1.3.2.2      | CUMPLIMIENTO DEL ALCANCE   | 1 día          | vie 12/10/12        | vie 12/10/12        | 23        | A       |
| 1.3.1.3.2.3      | VENTAJAS Y DESVENTAJAS   | 2 días         | lun 15/10/12        | mar 16/10/12        | 24        | A       |
| <b>1.3.1.3.3</b> | <b>EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DEL PROCESO</b>                              | <b>14 días</b> | <b>mié 17/10/12</b> | <b>lun 05/11/12</b> | <b>25</b> |         |
| 1.3.1.3.3.1      | EVALUACIÓN TÉCNICA   | 6 días         | mié 17/10/12        | mié 24/10/12        | 25        | A       |
| 1.3.1.3.3.2      | COSTOS DE OPERACIÓN  | 2 días         | jue 25/10/12        | vie 26/10/12        | 27        | A       |
| 1.3.1.3.3.3      | SELECCIÓN DEL PROCESO  | 6 días         | lun 29/10/12        | lun 05/11/12        | 28        | A       |
| <b>1.3.1.4</b>   | <b>ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS</b>                                   | <b>80 días</b> | <b>lun 01/10/12</b> | <b>vie 18/01/13</b> |           |         |
| 1.3.1.4.1        | <b>MUESTREO</b>  | 15 días        | lun 01/10/12        | vie 19/10/12        | 14        | EXTERNO |
| 1.3.1.4.2        | <b>PRUEBAS DE LABORATORIO</b>  | 30 días        | lun 22/10/12        | vie 30/11/12        | 31        | EXTERNO |
| <b>1.3.1.4.3</b> | <b>PRESENTACIÓN DE RESULTADOS</b>                                      | 15 días        | lun 03/12/12        | vie 21/12/12        | 32        | EXTERNO |
| 1.3.1.4.4        | <b>PLANO TOPOGRÁFICO</b>   | 20 días        | lun 24/12/12        | vie 18/01/13        | 33        | EXTERNO |
| <b>1.3.1.5</b>   | <b>ESTUDIO DE VIABILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA</b>                         | <b>13 días</b> | <b>mar 06/11/12</b> | <b>jue 22/11/12</b> |           |         |
| 1.3.1.5.1        | <b>ESTIMADOS PRELIMINARES DE COSTO</b>                                 | <b>6 días</b>  | <b>mar 06/11/12</b> | <b>mar 13/11/12</b> | <b>18</b> |         |
| 1.3.1.5.1.1      | DETERMINAR COSTO DE MATERIAS PRIMAS                                    | 1 día          | mar 06/11/12        | mar 06/11/12        | 18        | A       |
| 1.3.1.5.1.2      | DETERMINAR PRECIO DE VENTA ACTUAL                                      | 1 día          | mié 07/11/12        | mié 07/11/12        | 37        | A       |
| 1.3.1.5.1.3      | CANTIDAD DE MATERIA PRIMA NECESARIA                                    | 1 día          | jue 08/11/12        | jue 08/11/12        | 38        | A       |
| 1.3.1.5.1.4      | ESTABLECER MERCADO DEL PRODUCTO: LOCAL Y EXTERIOR                      | 1 día          | vie 09/11/12        | vie 09/11/12        | 39        | A       |
| 1.3.1.5.1.5      | OBTENER COSTOS DE PLANTAS DEL MISMO PRODUCTO O SIMILARES               | 1 día          | lun 12/11/12        | lun 12/11/12        | 40        | A       |
| 1.3.1.5.1.6      | DETALLAR LOS COSTOS ANUALES (MATERIA PRIMA, COSTOS DE OPERACIÓN, ETC.) | 1 día          | mar 13/11/12        | mar 13/11/12        | 41        | A       |
| 1.3.1.5.2        | <b>ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD</b>  | <b>7 días</b>  | <b>mié 14/11/12</b> | <b>jue 22/11/12</b> | <b>42</b> |         |
| 1.3.1.5.2.1      | TASA DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN                                   | 2 días         | mié 14/11/12        | jue 15/11/12        | 42        | A       |
| 1.3.1.5.2.2      | TASA INTERNA DE RETORNO  | 2 días         | vie 16/11/12        | lun 19/11/12        | 44        | A       |

|                  |                                      |                 |                     |                     |           |          |
|------------------|--------------------------------------|-----------------|---------------------|---------------------|-----------|----------|
| 1.3.1.5.2.3      | VALOR PRESENTE NETO                  | 2 días          | mar 20/11/12        | mié 21/11/12        | 45        | A        |
| 1.3.1.5.2.4      | PUNTO DE EQUILIBRIO                  | 1 día           | jue 22/11/12        | jue 22/11/12        | 46        | A        |
| <b>1.4</b>       | <b>ETAPA 2</b>                       | <b>440 días</b> | <b>vie 23/11/12</b> | <b>jue 31/07/14</b> |           |          |
| <b>1.4.1</b>     | <b>INGENIERÍA BÁSICA</b>             | <b>404 días</b> | <b>vie 23/11/12</b> | <b>mié 11/06/14</b> |           |          |
| <b>1.4.1.1</b>   | <b>INGENIERÍA DE PROCESO</b>         | <b>404 días</b> | <b>vie 23/11/12</b> | <b>mié 11/06/14</b> | <b>47</b> |          |
| <b>1.4.1.1.1</b> | <b>BASES DE DISEÑO</b>               | <b>5 días</b>   | <b>vie 23/11/12</b> | <b>jue 29/11/12</b> | <b>47</b> | <b>A</b> |
| <b>1.4.1.1.2</b> | <b>CRITERIOS DE DISEÑO</b>           | <b>5 días</b>   | <b>vie 30/11/12</b> | <b>jue 06/12/12</b> | <b>51</b> | <b>A</b> |
| <b>1.4.1.1.3</b> | <b>DESCRIPCIÓN DEL PROCESO</b>       | <b>30 días</b>  | <b>vie 07/12/12</b> | <b>jue 17/01/13</b> | <b>52</b> | <b>A</b> |
| <b>1.4.1.1.4</b> | <b>DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO</b>  | <b>30 días</b>  | <b>vie 18/01/13</b> | <b>jue 28/02/13</b> | <b>53</b> | <b>A</b> |
| <b>1.4.1.1.5</b> | <b>BALANCES DE MATERIA Y ENERGÍA</b> | <b>30 días</b>  | <b>vie 01/03/13</b> | <b>jue 11/04/13</b> | <b>54</b> | <b>A</b> |
| <b>1.4.1.1.6</b> | <b>MEMORIA DE CALCULO DE EQUIPOS</b> | <b>60 días</b>  | <b>vie 12/04/13</b> | <b>jue 04/07/13</b> | <b>55</b> |          |
| 1.4.1.1.6.1      | VAPORIZADOR DE AMONIACO              | 4 días          | vie 12/04/13        | mié 17/04/13        | 55        | A        |
| 1.4.1.1.6.2      | SOBRECALENTADOR DE AMONIACO          | 5 días          | jue 18/04/13        | mié 24/04/13        | 57        | A        |
| 1.4.1.1.6.3      | COMPRESORES DE AIRE                  | 3 días          | jue 25/04/13        | lun 29/04/13        | 58        | A        |
| 1.4.1.1.6.4      | MEZCLADOR DE ALIMENTACIÓN AL REACTOR | 3 días          | mar 30/04/13        | jue 02/05/13        | 59        | A        |
| 1.4.1.1.6.5      | REACTOR                              | 7 días          | vie 03/05/13        | lun 13/05/13        | 60        | A        |
| 1.4.1.1.6.6      | SOBRECALENTADOR DE VAPOR             | 3 días          | mar 14/05/13        | jue 16/05/13        | 61        | A        |
| 1.4.1.1.6.7      | CALDERA DE CALOR RESIDUAL            | 3 días          | vie 17/05/13        | mar 21/05/13        | 62        | A        |
| 1.4.1.1.6.8      | FILTRO DE PLATINO                    | 3 días          | mié 22/05/13        | vie 24/05/13        | 63        | A        |
| 1.4.1.1.6.9      | PRECALENTADOR GAS DE COLA            | 3 días          | lun 27/05/13        | mié 29/05/13        | 64        | A        |
| 1.4.1.1.6.10     | UNIDAD DE OXIDACIÓN                  | 3 días          | jue 30/05/13        | lun 03/06/13        | 65        | A        |
| 1.4.1.1.6.11     | ENFRIADOR/CONDENSADOR                | 3 días          | mar 04/06/13        | jue 06/06/13        | 66        | A        |
| 1.4.1.1.6.12     | REFRIGERADOR SECUNDARIO              | 3 días          | vie 07/06/13        | mar 11/06/13        | 67        | A        |
| 1.4.1.1.6.13     | ABSORBEDOR                           | 4 días          | mié 12/06/13        | lun 17/06/13        | 68        | A        |
| 1.4.1.1.6.14     | COLUMNA DE BLANQUEO                  | 4 días          | mar 18/06/13        | vie 21/06/13        | 69        | A        |
| 1.4.1.1.6.15     | SEPARADOR LÍQUIDO-VAPOR              | 3 días          | lun 24/06/13        | mié 26/06/13        | 70        | A        |
| 1.4.1.1.6.16     | CALENTADOR GAS DE COLA               | 3 días          | jue 27/06/13        | lun 01/07/13        | 71        | A        |
| 1.4.1.1.6.17     | UNIDAD DE REFRIGERACIÓN              | 3 días          | mar 02/07/13        | jue 04/07/13        | 72        | A        |

|                   |   |                |                     |                     |           |          |
|-------------------|---|----------------|---------------------|---------------------|-----------|----------|
| <b>1.4.1.1.7</b>  | <b>DIAGRAMA DE TUBERIAS E INSTRUMENTACIÓN</b> | <b>30 días</b> | <b>vie 05/07/13</b> | <b>jue 15/08/13</b> | <b>73</b> | <b>A</b> |
| <b>1.4.1.1.8</b>  | <b>BALANCE DE SERVICIOS AUXILIARES</b>        | <b>20 días</b> | <b>vie 16/08/13</b> | <b>jue 12/09/13</b> | <b>74</b> | <b>A</b> |
| <b>1.4.1.1.9</b>  | <b>LISTA DE EQUIPOS</b>                       | <b>2 días</b>  | <b>vie 13/09/13</b> | <b>lun 16/09/13</b> | <b>75</b> |          |
| 1.4.1.1.9.1       | LISTA DE EQUIPOS                              | 2 días         | vie 13/09/13        | lun 16/09/13        | 75        | A        |
| <b>1.4.1.1.10</b> | <b>HOJAS DE DATOS</b>                         | <b>67 días</b> | <b>mar 17/09/13</b> | <b>mié 18/12/13</b> | <b>76</b> |          |
| 1.4.1.1.10.1      | VAPORIZADOR DE AMONIACO                       | 4 días         | mar 17/09/13        | vie 20/09/13        | 76        | A        |
| 1.4.1.1.10.2      | SOBRECALENTADOR DE AMONIACO                   | 4 días         | lun 23/09/13        | jue 26/09/13        | 79        | A        |
| 1.4.1.1.10.3      | COMPRESORES DE AIRE                           | 4 días         | vie 27/09/13        | mié 02/10/13        | 80        | A        |
| 1.4.1.1.10.4      | MEZCLADOR DE ALIMENTACIÓN AL REACTOR          | 4 días         | jue 03/10/13        | mar 08/10/13        | 81        | A        |
| 1.4.1.1.10.5      | REACTOR                                       | 5 días         | mié 09/10/13        | mar 15/10/13        | 82        | A        |
| 1.4.1.1.10.6      | SOBRECALENTADOR DE VAPOR                      | 4 días         | mié 16/10/13        | lun 21/10/13        | 83        | A        |
| 1.4.1.1.10.7      | CALDERA DE CALOR RESIDUAL                     | 4 días         | mar 22/10/13        | vie 25/10/13        | 84        | A        |
| 1.4.1.1.10.8      | FILTRO DE PLATINO                             | 2 días         | lun 28/10/13        | mar 29/10/13        | 85        | A        |
| 1.4.1.1.10.9      | PRECALENTADOR GAS DE COLA                     | 4 días         | mié 30/10/13        | lun 04/11/13        | 86        | A        |
| 1.4.1.1.10.10     | UNIDAD DE OXIDACIÓN                           | 4 días         | mar 05/11/13        | vie 08/11/13        | 87        | A        |
| 1.4.1.1.10.11     | ENFRIADOR/CONDENSADOR                         | 4 días         | lun 11/11/13        | jue 14/11/13        | 88        | A        |
| 1.4.1.1.10.12     | REFRIGERADOR SECUNDARIO                       | 4 días         | vie 15/11/13        | mié 20/11/13        | 89        | A        |
| 1.4.1.1.10.13     | ABSORBEDOR                                    | 4 días         | jue 21/11/13        | mar 26/11/13        | 90        | A        |
| 1.4.1.1.10.14     | COLUMNA DE BLANQUEO                           | 4 días         | mié 27/11/13        | lun 02/12/13        | 91        | A        |
| 1.4.1.1.10.15     | SEPARADOR LÍQUIDO-VAPOR                       | 4 días         | mar 03/12/13        | vie 06/12/13        | 92        | A        |
| 1.4.1.1.10.16     | CALENTADOR GAS                                | 4 días         | lun 09/12/13        | jue 12/12/13        | 93        | A        |
| 1.4.1.1.10.17     | UNIDAD DE REFRIGERACIÓN                       | 4 días         | vie 13/12/13        | mié 18/12/13        | 94        | A        |
| <b>1.4.1.1.11</b> | <b>DIAGRAMA DE SERVICIOS AUXILIARES</b>       | <b>10 días</b> | <b>jue 19/12/13</b> | <b>mié 01/01/14</b> | <b>95</b> | <b>A</b> |
| <b>1.4.1.1.12</b> | <b>PLANO DE ARREGLO GENERAL DE EQUIPO</b>     | <b>20 días</b> | <b>jue 02/01/14</b> | <b>mié 29/01/14</b> | <b>96</b> | <b>A</b> |
| <b>1.4.1.1.13</b> | <b>FILOSOFIA DE OPERACIÓN</b>                 | <b>30 días</b> | <b>jue 30/01/14</b> | <b>mié 12/03/14</b> | <b>97</b> | <b>A</b> |
| <b>1.4.1.1.14</b> | <b>SISTEMAS DE DESFOGUE</b>                   | <b>15 días</b> | <b>jue 13/03/14</b> | <b>mié 02/04/14</b> | <b>98</b> | <b>A</b> |

|                   |   |                 |                     |                     |            |     |
|-------------------|---|-----------------|---------------------|---------------------|------------|-----|
| <b>1.4.1.1.15</b> | <b>SISTEMA DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES</b>      | <b>30 días</b>  | <b>jue 03/04/14</b> | <b>mié 14/05/14</b> | <b>99</b>  |     |
| 1.4.1.1.15.1      | FOSA RECOLECTORA DE DRENAJE                     | 15 días         | jue 03/04/14        | mié 23/04/14        | 99         | A   |
| 1.4.1.1.15.2      | SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA                  | 15 días         | jue 24/04/14        | mié 14/05/14        | 101        | A   |
| <b>1.4.1.1.16</b> | <b>PLANO DE LOCALIZACIÓN GENERAL</b>            | <b>20 días</b>  | <b>jue 15/05/14</b> | <b>mié 11/06/14</b> | <b>102</b> |     |
| 1.4.1.1.16.1      | REVISIÓN DE DIMENSIONES DE EQUIPOS              | 2 días          | jue 15/05/14        | vie 16/05/14        | 102        | A   |
| 1.4.1.1.16.2      | CRITERIOS DE SEPARACIÓN DE EQUIPOS              | 2 días          | lun 19/05/14        | mar 20/05/14        | 104        | A   |
| 1.4.1.1.16.3      | ALTERNATIVAS DE ARREGLO DE EQUIPOS              | 4 días          | mié 21/05/14        | lun 26/05/14        | 105        | A   |
| 1.4.1.1.16.4      | PLOT PLAN                                       | 12 días         | mar 27/05/14        | mié 11/06/14        | 106        | A   |
| <b>1.4.2</b>      | <b>INGENIERÍA DE DETALLE</b>                    | <b>399 días</b> | <b>lun 21/01/13</b> | <b>jue 31/07/14</b> |            |     |
| <b>1.4.2.1</b>    | <b>TUBERIAS</b>                                 | <b>120 días</b> | <b>vie 16/08/13</b> | <b>jue 30/01/14</b> |            |     |
| 1.4.2.1.1         | ISOMÉTRICOS                                     | 30 días         | vie 16/08/13        | jue 26/09/13        | 74         | TID |
| 1.4.2.1.2         | LISTA DE MATERIALES                             | 10 días         | vie 27/09/13        | jue 10/10/13        | 110        | TID |
| 1.4.2.1.3         | DISEÑO DE TUBERÍA AEREA Y SUBTERRÁNEA           | 30 días         | vie 11/10/13        | jue 21/11/13        | 111        | TID |
| 1.4.2.1.4         | ESTUDIO DE ANÁLISIS DE ESFUERZOS                | 20 días         | vie 22/11/13        | jue 19/12/13        | 112        | TID |
| 1.4.2.1.5         | ESPECIFICACION DE TUBERIAS DE PROCESO           | 30 días         | vie 20/12/13        | jue 30/01/14        | 113        | TID |
| <b>1.4.2.2</b>    | <b>INGENIERÍA MECÁNICA</b>                      | <b>60 días</b>  | <b>jue 19/12/13</b> | <b>mié 12/03/14</b> | <b>78</b>  |     |
| 1.4.2.2.1         | ESPECIFICACIONES DE EQUIPO DINÁMICO             | 20 días         | jue 19/12/13        | mié 15/01/14        | 78         | IM  |
| 1.4.2.2.2         | ESPECIFICACIÓN DE RECIPIENTES                   | 20 días         | jue 16/01/14        | mié 12/02/14        | 116        | IM  |
| 1.4.2.2.3         | DIBUJOS DE RECIPIENTES                          | 20 días         | jue 13/02/14        | mié 12/03/14        | 117        | IM  |
| <b>1.4.2.3</b>    | <b>ELECTRICO</b>                                | <b>150 días</b> | <b>vie 16/08/13</b> | <b>jue 13/03/14</b> | <b>74</b>  |     |
| 1.4.2.3.1         | DIAGRAMAS UNIFILARES                            | 30 días         | vie 16/08/13        | jue 26/09/13        | 74         | IE  |
| 1.4.2.3.2         | PLANO DE CLASIFICACIÓN DE ÁREAS                 | 20 días         | vie 27/09/13        | jue 24/10/13        | 120        | IE  |
| 1.4.2.3.3         | TIERRAS Y PARARAYOS                             | 10 días         | vie 25/10/13        | jue 07/11/13        | 121        | IE  |
| 1.4.2.3.4         | ESPECIFICACIÓN DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA      | 30 días         | vie 08/11/13        | jue 19/12/13        | 122        | IE  |
| 1.4.2.3.5         | ESPECIFICACIÓN DEL CENTRO DE CONTROL DE MOTORES | 30 días         | vie 20/12/13        | jue 30/01/14        | 123        | IE  |
| 1.4.2.3.6         | LISTA DE MATERIALES                             | 10 días         | vie 31/01/14        | jue 13/02/14        | 124        | IE  |

|                  |   |                 |                     |                     |           |     |
|------------------|---|-----------------|---------------------|---------------------|-----------|-----|
| 1.4.2.3.7        | <b>ALUMBRADO</b>                                | 10 días         | vie 14/02/14        | jue 27/02/14        | 125       | IE  |
| 1.4.2.3.8        | <b>COMUNICACIONES</b>                           | 10 días         | vie 28/02/14        | jue 13/03/14        | 126       | IE  |
| <b>1.4.2.4</b>   | <b>INSTRUMENTACIÓN</b>                          | <b>225 días</b> | <b>vie 16/08/13</b> | <b>jue 26/06/14</b> | <b>74</b> |     |
| 1.4.2.4.1        | <b>LISTA DE INSTRUMENTOS</b>                    | 15 días         | vie 16/08/13        | jue 05/09/13        | 74        | INS |
| <b>1.4.2.4.2</b> | <b>MEDIDORES DE PRESIÓN</b>                     | <b>20 días</b>  | <b>vie 06/09/13</b> | <b>jue 03/10/13</b> |           |     |
| 1.4.2.4.2.1      | HOJA DE DATOS DE MEDIDORES DE PRESIÓN           | 10 días         | vie 06/09/13        | jue 19/09/13        | 129       | INS |
| 1.4.2.4.2.2      | ESPECIFICACIONES DE MEDIDORES DE PRESIÓN        | 10 días         | vie 20/09/13        | jue 03/10/13        | 131       | INS |
| <b>1.4.2.4.3</b> | <b>MEDIDORES DE FLUJO</b>                       | <b>20 días</b>  | <b>vie 04/10/13</b> | <b>jue 31/10/13</b> |           |     |
| 1.4.2.4.3.1      | HOJA DE DATOS DE MEDIDORES DE FLUJO             | 10 días         | vie 04/10/13        | jue 17/10/13        | 132       | INS |
| 1.4.2.4.3.2      | ESPECIFICACIONES DE MEDIDORES DE FLUJO          | 10 días         | vie 18/10/13        | jue 31/10/13        | 134       | INS |
| <b>1.4.2.4.4</b> | <b>MEDIDORES DE TEMPERATURA</b>                 | <b>20 días</b>  | <b>vie 01/11/13</b> | <b>jue 28/11/13</b> |           |     |
| 1.4.2.4.4.1      | HOJA DE DATOS DE MEDIDORES DE TEMPERATURA       | 10 días         | vie 01/11/13        | jue 14/11/13        | 74,135    | INS |
| 1.4.2.4.4.2      | ESPECIFICACIONES DE MEDIDORES DE TEMPERATURA    | 10 días         | vie 15/11/13        | jue 28/11/13        | 137       | INS |
| <b>1.4.2.4.5</b> | <b>VÁLVULAS DE CONTROL</b>                      | <b>20 días</b>  | <b>vie 29/11/13</b> | <b>jue 26/12/13</b> |           |     |
| 1.4.2.4.5.1      | HOJAS DE DATOS DE VÁLVULAS DE CONTROL           | 10 días         | vie 29/11/13        | jue 12/12/13        | 74,138    | INS |
| 1.4.2.4.5.2      | ESPECIFICACIONES DE VÁLVULAS DE CONTROL         | 10 días         | vie 13/12/13        | jue 26/12/13        | 140       | INS |
| 1.4.2.4.6        | <b>FILOSOFÍA DE CONTROL</b>                     | 30 días         | vie 27/12/13        | jue 06/02/14        | 141       | INS |
| 1.4.2.4.7        | <b>PLANO DE LOCALIZACIÓN DE INSTRUMENTOS</b>    | 20 días         | vie 07/02/14        | jue 06/03/14        | 142       | INS |
| 1.4.2.4.8        | <b>PLANOS DE RUTAS DE CONDUCCIÓN DE SEÑALES</b> | 20 días         | vie 07/03/14        | jue 03/04/14        | 143       | INS |
| 1.4.2.4.9        | <b>DISCOS DE RUPTURA</b>                        | 15 días         | vie 04/04/14        | jue 24/04/14        | 144       | INS |
| 1.4.2.4.10       | <b>DIAGRAMAS LÓGICOS DE CONTROL</b>             | 15 días         | vie 25/04/14        | jue 15/05/14        | 145       | INS |
| 1.4.2.4.11       | <b>LISTA DE MATERIALES</b>                      | 15 días         | vie 16/05/14        | jue 05/06/14        | 146       | INS |
| 1.4.2.4.12       | <b>SUMARIO DE ALARMAS</b>                       | 15 días         | vie 06/06/14        | jue 26/06/14        | 147       | INS |
| <b>1.4.2.5</b>   | <b>INGENIERÍA CIVIL</b>                         | <b>373 días</b> | <b>lun 21/01/13</b> | <b>mié 25/06/14</b> |           |     |
| 1.4.2.5.1        | <b>PREPARACIÓN DEL SITIO</b>                    | 20 días         | lun 21/01/13        | vie 15/02/13        | 34        | IC  |

|                  |   |                 |                     |                     |            |      |
|------------------|---|-----------------|---------------------|---------------------|------------|------|
| <b>1.4.2.5.2</b> | <b>PLANO DE ESTRUCTURAS</b>             | <b>253 días</b> | <b>lun 18/02/13</b> | <b>mié 05/02/14</b> | <b>150</b> |      |
| 1.4.2.5.2.1      | VAPORIZADOR DE AMONIACO                 | 6 días          | lun 18/02/13        | lun 25/02/13        | 150        | IC   |
| 1.4.2.5.2.2      | SOBRECALENTADOR DE AMONIACO             | 6 días          | mar 26/02/13        | mar 05/03/13        | 152        | IC   |
| 1.4.2.5.2.3      | COMPRESORES DE AIRE                     | 6 días          | jue 03/10/13        | jue 10/10/13        | 153,81     | IC   |
| 1.4.2.5.2.4      | MEZCLADOR DE ALIMENTACIÓN AL REACTOR    | 6 días          | vie 11/10/13        | vie 18/10/13        | 154,82     | IC   |
| 1.4.2.5.2.5      | REACTOR                                 | 6 días          | lun 21/10/13        | lun 28/10/13        | 83,155     | IC   |
| 1.4.2.5.2.6      | SOBRECALENTADOR DE VAPOR                | 6 días          | mar 29/10/13        | mar 05/11/13        | 156,84     | IC   |
| 1.4.2.5.2.7      | CALDERA DE CALOR RESIDUAL               | 6 días          | mié 06/11/13        | mié 13/11/13        | 157,85     | IC   |
| 1.4.2.5.2.8      | FILTRO DE PLATINO                       | 6 días          | jue 14/11/13        | jue 21/11/13        | 158,86     | IC   |
| 1.4.2.5.2.9      | PRECALENTADOR GAS DE COLA               | 6 días          | vie 22/11/13        | vie 29/11/13        | 87,159     | IC   |
| 1.4.2.5.2.10     | UNIDAD DE OXIDACIÓN                     | 6 días          | lun 02/12/13        | lun 09/12/13        | 160,88     | IC   |
| 1.4.2.5.2.11     | ENFRIADOR/CONDENSADOR                   | 6 días          | mar 10/12/13        | mar 17/12/13        | 161,89     | IC   |
| 1.4.2.5.2.12     | REFRIGERADOR SECUNDARIO                 | 6 días          | mié 18/12/13        | mié 25/12/13        | 162,90     | IC   |
| 1.4.2.5.2.13     | ABSORBEDOR                              | 6 días          | jue 26/12/13        | jue 02/01/14        | 91,163     | IC   |
| 1.4.2.5.2.14     | COLUMNA DE BLANQUEO                     | 6 días          | vie 03/01/14        | vie 10/01/14        | 164,92     | IC   |
| 1.4.2.5.2.15     | SEPARADOR LÍQUIDO-VAPOR                 | 6 días          | lun 13/01/14        | lun 20/01/14        | 165,93     | IC   |
| 1.4.2.5.2.16     | CALENTADOR GAS DE COLA                  | 6 días          | mar 21/01/14        | mar 28/01/14        | 166,94     | IC   |
| 1.4.2.5.2.17     | UNIDAD DE REFRIGERACIÓN                 | 6 días          | mié 29/01/14        | mié 05/02/14        | 167,95     | IC   |
| 1.4.2.5.3        | <b>RACK DE TUBERÍAS</b>                 | 30 días         | jue 06/02/14        | mié 19/03/14        | 168        | IC   |
| 1.4.2.5.4        | <b>LISTA DE MATERIALES</b>              | 15 días         | jue 20/03/14        | mié 09/04/14        | 169        | IC   |
| 1.4.2.5.5        | <b>ESPECIFICACIONES DE ESTRUCTURAS</b>  | 15 días         | jue 10/04/14        | mié 30/04/14        | 170        | IC   |
| 1.4.2.5.6        | <b>PLANO DE PLATAFORMAS Y ESCALERAS</b> | 20 días         | jue 01/05/14        | mié 28/05/14        | 171        | IC   |
| 1.4.2.5.7        | <b>PLANO INSTALACIONES SUBTERRANEAS</b> | 20 días         | jue 29/05/14        | mié 25/06/14        | 172        | IC   |
| <b>1.4.2.6</b>   | <b>ARQUITECTURA</b>                     | <b>85 días</b>  | <b>vie 04/04/14</b> | <b>jue 31/07/14</b> |            |      |
| 1.4.2.6.1        | DISEÑO ARQUITECTÓNICO                   | 30 días         | vie 04/04/14        | jue 15/05/14        | 144        | ARQ1 |
| 1.4.2.6.2        | MODELOS TRIDIMENSIONALES                | 35 días         | vie 16/05/14        | jue 03/07/14        | 175        | ARQ1 |
| 1.4.2.6.3        | LISTA DE MATERIALES                     | 20 días         | vie 04/07/14        | jue 31/07/14        | 176        | ARQ1 |
| <b>1.4.2.7</b>   | <b>CONTROL AMBIENTAL</b>                | <b>200 días</b> | <b>vie 01/03/13</b> | <b>jue 05/12/13</b> |            |      |



|                  |   |                 |                     |                     |     |      |
|------------------|---|-----------------|---------------------|---------------------|-----|------|
| 1.4.2.7.1        | <b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b>             | 40 días         | vie 01/03/13        | jue 25/04/13        | 54  | AMB1 |
| <b>1.4.2.7.2</b> | <b>MANIFIESTO DE IMPACTO AMBIENTAL</b>          | 40 días         | vie 26/04/13        | jue 20/06/13        | 179 |      |
| 1.4.2.7.2.1      | DESCRIPCIÓN DEL DESARROLLO PROPUESTO            | 3 días          | vie 26/04/13        | mar 30/04/13        | 179 | AMB1 |
| 1.4.2.7.2.2      | DESCRIPCIÓN DE LA ZONA LOCAL                    | 2 días          | mié 01/05/13        | jue 02/05/13        | 181 | AMB1 |
| 1.4.2.7.2.3      | IMPACTOS POTENCIALES                            | 5 días          | vie 03/05/13        | jue 09/05/13        | 182 | AMB1 |
| 1.4.2.7.2.4      | EXAMEN DE LOS EFECTOS EN LA ZONA                | 10 días         | vie 10/05/13        | jue 23/05/13        | 183 | AMB1 |
| 1.4.2.7.2.5      | CONSULTAS Y OBJECIONES                          | 10 días         | vie 24/05/13        | jue 06/06/13        | 184 | AMB1 |
| 1.4.2.7.2.6      | PERSPECTIVAS DE EMPLEO                          | 5 días          | vie 07/06/13        | jue 13/06/13        | 185 | AMB1 |
| 1.4.2.7.2.7      | FACTORES AMBIENTALES                            | 5 días          | vie 14/06/13        | jue 20/06/13        | 186 | AMB1 |
| 1.4.2.7.3        | <b>PLAN DE MANEJO DE MATERIALES PELIGROSOS</b>  | 30 días         | vie 21/06/13        | jue 01/08/13        | 180 | AMB1 |
| 1.4.2.7.4        | <b>LICENCIAS Y PERMISOS AMBIENTALES</b>         | 90 días         | vie 02/08/13        | jue 05/12/13        | 188 | AMB1 |
| <b>1.4.2.8</b>   | <b>SEGURIDAD</b>                                | <b>105 días</b> | <b>vie 16/08/13</b> | <b>jue 09/01/14</b> |     |      |
| 1.4.2.8.1        | <b>ANÁLISIS DE RIESGOS HAZOP</b>                | 40 días         | vie 16/08/13        | jue 10/10/13        | 74  | RI   |
| 1.4.2.8.2        | <b>PLANO DE RED CONTRA INCENDIO</b>             | 30 días         | vie 11/10/13        | jue 21/11/13        | 191 | RI   |
| 1.4.2.8.3        | <b>ESPECIFICACIÓN DE EQUIPO CONTRA INCENDIO</b> | 15 días         | vie 22/11/13        | jue 12/12/13        | 192 | RI   |
| 1.4.2.8.4        | <b>CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVIDAD</b>          | 10 días         | vie 13/12/13        | jue 26/12/13        | 193 | RI   |
| 1.4.2.8.5        | <b>SEGURO DE LA PLANTA</b>                      | 10 días         | vie 27/12/13        | jue 09/01/14        | 194 | RI   |

Para el cálculo del tiempo máximo posible de la estructura de desglose de trabajo se utiliza el mínimo número de recursos por disciplina, obteniendo así el número de días máximo que puede durar el proyecto.

**Tabla A4.2** Estructura de desglose de trabajo para la planta de producción de ácido nítrico tiempo mínimo.

| EDT              | Nombre de tarea                              | Duración        | Comienzo            | Fin                 | Predecesoras | Recursos |
|------------------|--|-----------------|---------------------|---------------------|--------------|----------|
| <b>1</b>         | <b>PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ÁCIDO NÍTRICO</b> | <b>250 días</b> | <b>vie 10/08/12</b> | <b>jue 25/07/13</b> |              |          |
| <b>1.1</b>       | <b>DEFINICIÓN DEL PROBLEMA</b>               | <b>1 día</b>    | <b>vie 10/08/12</b> | <b>vie 10/08/12</b> |              |          |
| <b>1.2</b>       | <b>DEFINICIÓN DE ALCANCE</b>                 | <b>1 día</b>    | <b>vie 10/08/12</b> | <b>vie 10/08/12</b> |              |          |
| <b>1.3</b>       | <b>ETAPA 1</b>                               | <b>115 días</b> | <b>lun 13/08/12</b> | <b>vie 18/01/13</b> | <b>2,3</b>   |          |
| <b>1.3.1</b>     | <b>INGENIERÍA CONCEPTUAL</b>                 | <b>115 días</b> | <b>lun 13/08/12</b> | <b>vie 18/01/13</b> |              |          |
| <b>1.3.1.1</b>   | <b>ESTUDIOS DE MERCADO</b>                   | <b>20 días</b>  | <b>lun 13/08/12</b> | <b>vie 07/09/12</b> | <b>2,3</b>   |          |
| 1.3.1.1.1        | DESCRIPCIÓN GENERAL                          | 3 días          | lun 13/08/12        | mié 15/08/12        | 2,3          | A        |
| 1.3.1.1.2        | USOS Y APLICACIONES                          | 3 días          | jue 16/08/12        | lun 20/08/12        | 7            | A        |
| 1.3.1.1.3        | ANÁLISIS DEL MERCADO GLOBAL                  | 3 días          | mar 21/08/12        | jue 23/08/12        | 8            | A        |
| 1.3.1.1.4        | ANÁLISIS DE LA OFERTA                        | 3 días          | vie 24/08/12        | mar 28/08/12        | 9            | A        |
| 1.3.1.1.5        | ANÁLISIS DE LA DEMANDA                       | 3 días          | mié 29/08/12        | vie 31/08/12        | 10           | A        |
| 1.3.1.1.6        | EVALUACIÓN DEL MERCADO                       | 3 días          | lun 03/09/12        | mié 05/09/12        | 11           | A        |
| 1.3.1.1.7        | ESTUDIO PRECIOS Y COMERCIALIZACIÓN           | 2 días          | jue 06/09/12        | vie 07/09/12        | 12           | A        |
| <b>1.3.1.2</b>   | <b>SELECCIÓN DE UBICACIÓN DE LA PLANTA</b>   | <b>15 días</b>  | <b>lun 10/09/12</b> | <b>vie 28/09/12</b> | <b>6</b>     |          |
| 1.3.1.2.1        | SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS                    | 5 días          | lun 10/09/12        | vie 14/09/12        | 6            | B        |
| 1.3.1.2.2        | EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS                   | 5 días          | lun 17/09/12        | vie 21/09/12        | 15           | B        |
| 1.3.1.2.3        | SELECCIÓN DE UBICACIÓN DE LA PLANTA          | 5 días          | lun 24/09/12        | vie 28/09/12        | 16           | B        |
| <b>1.3.1.3</b>   | <b>SELECCIÓN DE LA TECNOLOGÍA</b>            | <b>26 días</b>  | <b>lun 10/09/12</b> | <b>lun 15/10/12</b> | <b>6</b>     |          |
| <b>1.3.1.3.1</b> | <b>BUSQUEDA DE ALTERNATIVAS</b>              | <b>7 días</b>   | <b>lun 10/09/12</b> | <b>mar 18/09/12</b> | <b>6</b>     |          |
| 1.3.1.3.1.1      | PROCESO DE DOBLE PRESIÓN                     | 3.5 días        | lun 10/09/12        | jue 13/09/12        | 6            | C        |
| 1.3.1.3.1.2      | PROCESO DE PRESIÓN SIMPLE                    | 3.5 días        | jue 13/09/12        | mar 18/09/12        | 20           | C        |
| <b>1.3.1.3.2</b> | <b>ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS</b>              | <b>5 días</b>   | <b>mié 19/09/12</b> | <b>mar 25/09/12</b> | <b>19</b>    |          |

|                  |   |                |                     |                     |           |         |
|------------------|---|----------------|---------------------|---------------------|-----------|---------|
| 1.3.1.3.2.1      | DIAGRAMAS DE FLUJO DE CADA PROCESO  | 2 días         | mié 19/09/12        | jue 20/09/12        | 19        | C       |
| 1.3.1.3.2.2      | CUMPLIMIENTO DEL ALCANCE  | 1 día          | vie 21/09/12        | vie 21/09/12        | 23        | C       |
| 1.3.1.3.2.3      | VENTAJAS Y DESVENTAJAS  | 2 días         | lun 24/09/12        | mar 25/09/12        | 24        | C       |
| <b>1.3.1.3.3</b> | <b>EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DEL PROCESO</b>                                 | <b>14 días</b> | <b>mié 26/09/12</b> | <b>lun 15/10/12</b> | <b>22</b> |         |
| 1.3.1.3.3.1      | EVALUACIÓN TÉCNICA  | 6 días         | mié 26/09/12        | mié 03/10/12        | 22        | C       |
| 1.3.1.3.3.2      | COSTOS DE OPERACIÓN   | 2 días         | jue 04/10/12        | vie 05/10/12        | 27        | C       |
| 1.3.1.3.3.3      | SELECCIÓN DEL PROCESO   | 6 días         | lun 08/10/12        | lun 15/10/12        | 28        | C       |
| <b>1.3.1.4</b>   | <b>ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS</b>                                      | <b>80 días</b> | <b>lun 01/10/12</b> | <b>vie 18/01/13</b> | <b>14</b> |         |
| 1.3.1.4.1        | <b>MUESTREO</b>   | 15 días        | lun 01/10/12        | vie 19/10/12        | 14        | EXTERNO |
| 1.3.1.4.2        | <b>PRUEBAS DE LABORATORIO</b>   | 30 días        | lun 22/10/12        | vie 30/11/12        | 31        | EXTERNO |
| <b>1.3.1.4.3</b> | <b>PRESENTACIÓN DE RESULTADOS</b>   | 15 días        | lun 03/12/12        | vie 21/12/12        | 32        | EXTERNO |
| 1.3.1.4.4        | <b>PLANO TOPOGRÁFICO</b>  | 20 días        | lun 24/12/12        | vie 18/01/13        | 33        | EXTERNO |
| <b>1.3.1.5</b>   | <b>ESTUDIO DE VIABILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA</b>                            | <b>13 días</b> | <b>mar 16/10/12</b> | <b>jue 01/11/12</b> | <b>18</b> |         |
| 1.3.1.5.1        | <b>ESTIMADOS PRELIMINARES DE COSTO</b>                                    | <b>6 días</b>  | <b>mar 16/10/12</b> | <b>mar 23/10/12</b> | <b>18</b> |         |
| 1.3.1.5.1.1      | DETERMINAR COSTO DE MATERIAS PRIMAS                                       | 1 día          | mar 16/10/12        | mar 16/10/12        | 18        | D       |
| 1.3.1.5.1.2      | DETERMINAR PRECIO DE VENTA ACTUAL   | 1 día          | mié 17/10/12        | mié 17/10/12        | 37        | D       |
| 1.3.1.5.1.3      | CANTIDAD DE MATERIA PRIMA NECESARIA                                       | 1 día          | jue 18/10/12        | jue 18/10/12        | 38        | D       |
| 1.3.1.5.1.4      | ESTABLECER MERCADO DEL PRODUCTO:<br>LOCAL Y EXTERIOR                      | 1 día          | vie 19/10/12        | vie 19/10/12        | 39        | D       |
| 1.3.1.5.1.5      | OBTENER COSTOS DE PLANTAS DEL MISMO<br>PRODUCTO O SIMILARES               | 1 día          | lun 22/10/12        | lun 22/10/12        | 40        | D       |
| 1.3.1.5.1.6      | DETALLAR LOS COSTOS ANUALES (MATERIA<br>PRIMA, COSTOS DE OPERACIÓN, ETC.) | 1 día          | mar 23/10/12        | mar 23/10/12        | 41        | D       |
| 1.3.1.5.2        | <b>ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD</b>   | <b>7 días</b>  | <b>mié 24/10/12</b> | <b>jue 01/11/12</b> | <b>36</b> |         |
| 1.3.1.5.2.1      | TASA DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN                                      | 2 días         | mié 24/10/12        | jue 25/10/12        | 36        | D       |
| 1.3.1.5.2.2      | TASA INTERNA DE RETORNO   | 2 días         | vie 26/10/12        | lun 29/10/12        | 44        | D       |
| 1.3.1.5.2.3      | VALOR PRESENTE NETO   | 2 días         | mar 30/10/12        | mié 31/10/12        | 45        | D       |
| 1.3.1.5.2.4      | PUNTO DE EQUILIBRIO   | 1 día          | jue 01/11/12        | jue 01/11/12        | 46        | D       |

|                  |   |                 |                     |                     |             |          |
|------------------|---|-----------------|---------------------|---------------------|-------------|----------|
| <b>1.4</b>       | <b>ETAPA 2</b>                                | <b>190 días</b> | <b>vie 02/11/12</b> | <b>jue 25/07/13</b> |             |          |
| <b>1.4.1</b>     | <b>INGENIERÍA BÁSICA</b>                      | <b>89 días</b>  | <b>vie 02/11/12</b> | <b>mié 06/03/13</b> | <b>35</b>   |          |
| <b>1.4.1.1</b>   | <b>INGENIERÍA DE PROCESO</b>                  | <b>89 días</b>  | <b>vie 02/11/12</b> | <b>mié 06/03/13</b> | <b>35</b>   |          |
| <b>1.4.1.1.1</b> | <b>BASES DE DISEÑO</b>                        | <b>5 días</b>   | <b>vie 02/11/12</b> | <b>jue 08/11/12</b> | <b>35</b>   | <b>E</b> |
| <b>1.4.1.1.2</b> | <b>CRITERIOS DE DISEÑO</b>                    | <b>5 días</b>   | <b>vie 09/11/12</b> | <b>jue 15/11/12</b> | <b>51</b>   | <b>E</b> |
| <b>1.4.1.1.3</b> | <b>DESCRIPCIÓN DEL PROCESO</b>                | <b>30 días</b>  | <b>vie 16/11/12</b> | <b>jue 27/12/12</b> | <b>52</b>   | <b>E</b> |
| <b>1.4.1.1.4</b> | <b>DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO</b>           | <b>30 días</b>  | <b>vie 16/11/12</b> | <b>jue 27/12/12</b> | <b>53CC</b> | <b>F</b> |
| <b>1.4.1.1.5</b> | <b>BALANCES DE MATERIA Y ENERGÍA</b>          | <b>30 días</b>  | <b>vie 16/11/12</b> | <b>jue 27/12/12</b> | <b>54CC</b> | <b>G</b> |
| <b>1.4.1.1.6</b> | <b>MEMORIA DE CALCULO DE EQUIPOS</b>          | <b>7 días</b>   | <b>vie 28/12/12</b> | <b>lun 07/01/13</b> |             |          |
| 1.4.1.1.6.1      | VAPORIZADOR DE AMONIACO                       | 4 días          | vie 28/12/12        | mié 02/01/13        | 54          | H        |
| 1.4.1.1.6.2      | SOBRECIENTADOR DE AMONIACO                    | 5 días          | vie 28/12/12        | jue 03/01/13        | 54          | I        |
| 1.4.1.1.6.3      | COMPRESORES DE AIRE                           | 3 días          | vie 28/12/12        | mar 01/01/13        | 54          | J        |
| 1.4.1.1.6.4      | MEZCLADOR DE ALIMENTACIÓN AL REACTOR          | 3 días          | vie 28/12/12        | mar 01/01/13        | 54          | K        |
| 1.4.1.1.6.5      | REACTOR                                       | 7 días          | vie 28/12/12        | lun 07/01/13        | 54          | L        |
| 1.4.1.1.6.6      | SOBRECIENTADOR DE VAPOR                       | 3 días          | vie 28/12/12        | mar 01/01/13        | 54          | M        |
| 1.4.1.1.6.7      | CALDERA DE CALOR RESIDUAL                     | 3 días          | vie 28/12/12        | mar 01/01/13        | 54          | N        |
| 1.4.1.1.6.8      | FILTRO DE PLATINO                             | 3 días          | vie 28/12/12        | mar 01/01/13        | 54          | O        |
| 1.4.1.1.6.9      | PRECALENTADOR GAS DE COLA                     | 3 días          | vie 28/12/12        | mar 01/01/13        | 54          | P        |
| 1.4.1.1.6.10     | UNIDAD DE OXIDACIÓN                           | 3 días          | vie 28/12/12        | mar 01/01/13        | 54          | Q        |
| 1.4.1.1.6.11     | ENFRIADOR/CONDENSADOR                         | 3 días          | vie 28/12/12        | mar 01/01/13        | 54          | R        |
| 1.4.1.1.6.12     | REFRIGERADOR SECUNDARIO                       | 3 días          | vie 28/12/12        | mar 01/01/13        | 54          | S        |
| 1.4.1.1.6.13     | ABSORBEDOR                                    | 4 días          | vie 28/12/12        | mié 02/01/13        | 54          | T        |
| 1.4.1.1.6.14     | COLUMNA DE BLANQUEO                           | 4 días          | vie 28/12/12        | mié 02/01/13        | 54          | U        |
| 1.4.1.1.6.15     | SEPARADOR LÍQUIDO-VAPOR                       | 3 días          | vie 28/12/12        | mar 01/01/13        | 54          | V        |
| 1.4.1.1.6.16     | CALENTADOR GAS DE COLA                        | 3 días          | vie 28/12/12        | mar 01/01/13        | 54          | W        |
| 1.4.1.1.6.17     | UNIDAD DE REFRIGERACIÓN                       | 3 días          | vie 28/12/12        | mar 01/01/13        | 54          | X        |
| <b>1.4.1.1.7</b> | <b>DIAGRAMA DE TUBERIAS E INSTRUMENTACIÓN</b> | <b>30 días</b>  | <b>vie 28/12/12</b> | <b>jue 07/02/13</b> | <b>54</b>   | <b>A</b> |

|                   |  |                |                     |                     |             |          |
|-------------------|--|----------------|---------------------|---------------------|-------------|----------|
| <b>1.4.1.1.8</b>  | <b>BALANCE DE SERVICIOS AUXILIARES</b>     | <b>20 días</b> | <b>vie 28/12/12</b> | <b>jue 24/01/13</b> | <b>54</b>   | <b>B</b> |
| <b>1.4.1.1.9</b>  | <b>LISTA DE EQUIPOS</b>                    | <b>2 días</b>  | <b>mar 08/01/13</b> | <b>mié 09/01/13</b> |             |          |
| 1.4.1.1.9.1       | LISTA DE EQUIPOS                           | 2 días         | mar 08/01/13        | mié 09/01/13        | 56          | Y        |
| <b>1.4.1.1.10</b> | <b>HOJAS DE DATOS</b>                      | <b>5 días</b>  | <b>mar 08/01/13</b> | <b>lun 14/01/13</b> | <b>56</b>   |          |
| 1.4.1.1.10.1      | VAPORIZADOR DE AMONIACO                    | 4 días         | mar 08/01/13        | vie 11/01/13        | 57          | Z        |
| 1.4.1.1.10.2      | SOBRECALENTADOR DE AMONIACO                | 4 días         | mar 08/01/13        | vie 11/01/13        | 58          | D        |
| 1.4.1.1.10.3      | COMPRESORES DE AIRE                        | 4 días         | mar 08/01/13        | vie 11/01/13        | 59          | E        |
| 1.4.1.1.10.4      | MEZCLADOR DE ALIMENTACIÓN AL REACTOR       | 4 días         | mar 08/01/13        | vie 11/01/13        | 60          | F        |
| 1.4.1.1.10.5      | REACTOR                                    | 5 días         | mar 08/01/13        | lun 14/01/13        | 61          | G        |
| 1.4.1.1.10.6      | SOBRECALENTADOR DE VAPOR                   | 4 días         | mar 08/01/13        | vie 11/01/13        | 62          | H        |
| 1.4.1.1.10.7      | CALDERA DE CALOR RESIDUAL                  | 4 días         | mar 08/01/13        | vie 11/01/13        | 63          | I        |
| 1.4.1.1.10.8      | FILTRO DE PLATINO                          | 2 días         | mar 08/01/13        | mié 09/01/13        | 64          | J        |
| 1.4.1.1.10.9      | PRECALENTADOR GAS DE COLA                  | 4 días         | mar 08/01/13        | vie 11/01/13        | 65          | K        |
| 1.4.1.1.10.10     | UNIDAD DE OXIDACIÓN                        | 4 días         | mar 08/01/13        | vie 11/01/13        | 66          | L        |
| 1.4.1.1.10.11     | ENFRIADOR/CONDENSADOR                      | 4 días         | mar 08/01/13        | vie 11/01/13        | 67          | M        |
| 1.4.1.1.10.12     | REFRIGERADOR SECUNDARIO                    | 4 días         | mar 08/01/13        | vie 11/01/13        | 68          | N        |
| 1.4.1.1.10.13     | ABSORBEDOR                                 | 4 días         | mar 08/01/13        | vie 11/01/13        | 69          | O        |
| 1.4.1.1.10.14     | COLUMNA DE BLANQUEO                        | 4 días         | mar 08/01/13        | vie 11/01/13        | 70          | P        |
| 1.4.1.1.10.15     | SEPARADOR LÍQUIDO-VAPOR                    | 4 días         | mar 08/01/13        | vie 11/01/13        | 71          | Q        |
| 1.4.1.1.10.16     | CALENTADOR GAS                             | 4 días         | mar 08/01/13        | vie 11/01/13        | 72          | R        |
| 1.4.1.1.10.17     | UNIDAD DE REFRIGERACIÓN                    | 4 días         | mar 08/01/13        | vie 11/01/13        | 73          | S        |
| <b>1.4.1.1.11</b> | <b>DIAGRAMA DE SERVICIOS AUXILIARES</b>    | <b>10 días</b> | <b>vie 25/01/13</b> | <b>jue 07/02/13</b> | <b>75</b>   | <b>T</b> |
| <b>1.4.1.1.12</b> | <b>PLANO DE ARREGLO GENERAL DE EQUIPO</b>  | <b>20 días</b> | <b>jue 10/01/13</b> | <b>mié 06/02/13</b> | <b>76</b>   | <b>U</b> |
| <b>1.4.1.1.13</b> | <b>FILOSOFIA DE OPERACIÓN</b>              | <b>30 días</b> | <b>mar 08/01/13</b> | <b>lun 18/02/13</b> | <b>93CC</b> | <b>V</b> |
| <b>1.4.1.1.14</b> | <b>SISTEMAS DE DESFOGUE</b>                | <b>15 días</b> | <b>vie 08/02/13</b> | <b>jue 28/02/13</b> | <b>74</b>   | <b>W</b> |
| <b>1.4.1.1.15</b> | <b>SISTEMA DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES</b> | <b>15 días</b> | <b>vie 08/02/13</b> | <b>jue 28/02/13</b> | <b>74</b>   |          |

|                   |   |                 |                     |                     |              |      |
|-------------------|---|-----------------|---------------------|---------------------|--------------|------|
| 1.4.1.1.15.1      | FOSA RECOLECTORA DE DRENAJE                     | 15 días         | vie 08/02/13        | jue 28/02/13        | 74           | X    |
| 1.4.1.1.15.2      | SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA                  | 15 días         | vie 08/02/13        | jue 28/02/13        | 74           | Y    |
| <b>1.4.1.1.16</b> | <b>PLANO DE LOCALIZACIÓN GENERAL</b>            | <b>20 días</b>  | <b>jue 07/02/13</b> | <b>mié 06/03/13</b> | <b>54,97</b> |      |
| 1.4.1.1.16.1      | REVISIÓN DE DIMENSIONES DE EQUIPOS              | 2 días          | jue 07/02/13        | vie 08/02/13        | 54,97        | Z    |
| 1.4.1.1.16.2      | CRITERIOS DE SEPARACIÓN DE EQUIPOS              | 2 días          | lun 11/02/13        | mar 12/02/13        | 104          | Z    |
| 1.4.1.1.16.3      | ALTERNATIVAS DE ARREGLO DE EQUIPOS              | 4 días          | mié 13/02/13        | lun 18/02/13        | 105          | Z    |
| 1.4.1.1.16.4      | PLOT PLAN                                       | 12 días         | mar 19/02/13        | mié 06/03/13        | 106          | Z    |
| <b>1.4.2</b>      | <b>INGENIERÍA DE DETALLE</b>                    | <b>150 días</b> | <b>vie 28/12/12</b> | <b>jue 25/07/13</b> |              |      |
| <b>1.4.2.1</b>    | <b>TUBERIAS</b>                                 | <b>90 días</b>  | <b>vie 08/02/13</b> | <b>jue 13/06/13</b> |              |      |
| 1.4.2.1.1         | ISOMÉTRICOS                                     | 30 días         | vie 08/02/13        | jue 21/03/13        | 74           | TID  |
| 1.4.2.1.2         | LISTA DE MATERIALES                             | 10 días         | vie 22/03/13        | jue 04/04/13        | 110          | TID  |
| 1.4.2.1.3         | DISEÑO DE TUBERÍA AEREA Y SUBTERRÁNEA           | 30 días         | vie 22/03/13        | jue 02/05/13        | 110          | TID2 |
| 1.4.2.1.4         | ESTUDIO DE ANÁLISIS DE ESFUERZOS                | 20 días         | vie 22/03/13        | jue 18/04/13        | 110          | TID3 |
| 1.4.2.1.5         | ESPECIFICACION DE TUBERIAS DE PROCESO           | 30 días         | vie 03/05/13        | jue 13/06/13        | 112          | TID3 |
| <b>1.4.2.2</b>    | <b>INGENIERÍA MECÁNICA</b>                      | <b>40 días</b>  | <b>mar 15/01/13</b> | <b>lun 11/03/13</b> | <b>78</b>    |      |
| 1.4.2.2.1         | ESPECIFICACIONES DE EQUIPO DINÁMICO             | 20 días         | mar 15/01/13        | lun 11/02/13        | 78           | IM   |
| 1.4.2.2.2         | ESPECIFICACIÓN DE RECIPIENTES                   | 20 días         | mar 15/01/13        | lun 11/02/13        | 78           | IM2  |
| 1.4.2.2.3         | DIBUJOS DE RECIPIENTES                          | 20 días         | mar 12/02/13        | lun 11/03/13        | 117          | IM2  |
| <b>1.4.2.3</b>    | <b>ELECTRICO</b>                                | <b>61 días</b>  | <b>jue 07/02/13</b> | <b>jue 02/05/13</b> |              |      |
| 1.4.2.3.1         | DIAGRAMAS UNIFILARES                            | 30 días         | vie 08/02/13        | jue 21/03/13        | 74           | IE   |
| 1.4.2.3.2         | PLANO DE CLASIFICACIÓN DE ÁREAS                 | 20 días         | jue 07/02/13        | mié 06/03/13        | 97           | IE2  |
| 1.4.2.3.3         | TIERRAS Y PARARAYOS                             | 10 días         | jue 07/02/13        | mié 20/02/13        | 97           | IE3  |
| 1.4.2.3.4         | ESPECIFICACIÓN DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA      | 30 días         | vie 22/03/13        | jue 02/05/13        | 120          | IE   |
| 1.4.2.3.5         | ESPECIFICACIÓN DEL CENTRO DE CONTROL DE MOTORES | 30 días         | vie 22/03/13        | jue 02/05/13        | 120          | IE3  |
| 1.4.2.3.6         | LISTA DE MATERIALES                             | 10 días         | jue 07/03/13        | mié 20/03/13        | 121          | IE2  |
| 1.4.2.3.7         | ALUMBRADO                                       | 10 días         | jue 07/03/13        | mié 20/03/13        | 103          | IE4  |
| 1.4.2.3.8         | COMUNICACIONES                                  | 10 días         | jue 07/03/13        | mié 20/03/13        | 103          | IE5  |

|                  |  |                |                     |                     |           |      |
|------------------|--|----------------|---------------------|---------------------|-----------|------|
| <b>1.4.2.4</b>   | <b>INSTRUMENTACIÓN</b>                       | <b>75 días</b> | <b>vie 08/02/13</b> | <b>jue 23/05/13</b> | <b>74</b> |      |
| 1.4.2.4.1        | LISTA DE INSTRUMENTOS                        | 15 días        | vie 08/02/13        | jue 28/02/13        | 74        | INS  |
| <b>1.4.2.4.2</b> | <b>MEDIDORES DE PRESIÓN</b>                  | <b>20 días</b> | <b>vie 08/02/13</b> | <b>jue 07/03/13</b> |           |      |
| 1.4.2.4.2.1      | HOJA DE DATOS DE MEDIDORES DE PRESIÓN        | 10 días        | vie 08/02/13        | jue 21/02/13        | 74        | INS2 |
| 1.4.2.4.2.2      | ESPECIFICACIONES DE MEDIDORES DE PRESIÓN     | 10 días        | vie 22/02/13        | jue 07/03/13        | 131       | INS2 |
| <b>1.4.2.4.3</b> | <b>MEDIDORES DE FLUJO</b>                    | <b>20 días</b> | <b>vie 08/02/13</b> | <b>jue 07/03/13</b> |           |      |
| 1.4.2.4.3.1      | HOJA DE DATOS DE MEDIDORES DE FLUJO          | 10 días        | vie 08/02/13        | jue 21/02/13        | 74        | INS3 |
| 1.4.2.4.3.2      | ESPECIFICACIONES DE MEDIDORES DE FLUJO       | 10 días        | vie 22/02/13        | jue 07/03/13        | 134       | INS3 |
| <b>1.4.2.4.4</b> | <b>MEDIDORES DE TEMPERATURA</b>              | <b>20 días</b> | <b>vie 08/02/13</b> | <b>jue 07/03/13</b> |           |      |
| 1.4.2.4.4.1      | HOJA DE DATOS DE MEDIDORES DE TEMPERATURA    | 10 días        | vie 08/02/13        | jue 21/02/13        | 74        | INS4 |
| 1.4.2.4.4.2      | ESPECIFICACIONES DE MEDIDORES DE TEMPERATURA | 10 días        | vie 22/02/13        | jue 07/03/13        | 137       | INS4 |
| <b>1.4.2.4.5</b> | <b>VÁLVULAS DE CONTROL</b>                   | <b>20 días</b> | <b>vie 08/02/13</b> | <b>jue 07/03/13</b> |           |      |
| 1.4.2.4.5.1      | HOJAS DE DATOS DE VÁLVULAS DE CONTROL        | 10 días        | vie 08/02/13        | jue 21/02/13        | 74        | INS5 |
| 1.4.2.4.5.2      | ESPECIFICACIONES DE VÁLVULAS DE CONTROL      | 10 días        | vie 22/02/13        | jue 07/03/13        | 140       | INS5 |
| 1.4.2.4.6        | FILOSOFÍA DE CONTROL                         | 30 días        | vie 01/03/13        | jue 11/04/13        | 129       | INS  |
| 1.4.2.4.7        | PLANO DE LOCALIZACIÓN DE INSTRUMENTOS        | 20 días        | vie 01/03/13        | jue 28/03/13        | 129       | INS6 |
| 1.4.2.4.8        | PLANOS DE RUTAS DE CONDUCCIÓN DE SEÑALES     | 20 días        | vie 01/03/13        | jue 28/03/13        | 129       | INS7 |
| 1.4.2.4.9        | DISCOS DE RUPTURA                            | 15 días        | vie 08/02/13        | jue 28/02/13        | 74        | INS8 |
| 1.4.2.4.10       | DIAGRAMAS LÓGICOS DE CONTROL                 | 15 días        | vie 12/04/13        | jue 02/05/13        | 142       | INS  |
| 1.4.2.4.11       | LISTA DE MATERIALES                          | 15 días        | vie 03/05/13        | jue 23/05/13        | 146       | INS  |
| 1.4.2.4.12       | SUMARIO DE ALARMAS                           | 15 días        | vie 01/03/13        | jue 21/03/13        | 145       | INS9 |
| <b>1.4.2.5</b>   | <b>INGENIERÍA CIVIL</b>                      | <b>98 días</b> | <b>mar 15/01/13</b> | <b>jue 30/05/13</b> |           |      |
| 1.4.2.5.1        | PREPARACIÓN DEL SITIO                        | 20 días        | lun 21/01/13        | vie 15/02/13        | 34        | IC   |
| <b>1.4.2.5.2</b> | <b>PLANO DE ESTRUCTURAS</b>                  | <b>6 días</b>  | <b>mar 15/01/13</b> | <b>mar 22/01/13</b> | <b>78</b> |      |

|                |   |                |                     |                     |     |      |
|----------------|---|----------------|---------------------|---------------------|-----|------|
| 1.4.2.5.2.1    | VAPORIZADOR DE AMONIACO                 | 6 días         | mar 15/01/13        | mar 22/01/13        | 79  | IC2  |
| 1.4.2.5.2.2    | SOBRECALENTADOR DE AMONIACO             | 6 días         | mar 15/01/13        | mar 22/01/13        | 80  | IC3  |
| 1.4.2.5.2.3    | COMPRESORES DE AIRE                     | 6 días         | mar 15/01/13        | mar 22/01/13        | 81  | IC4  |
| 1.4.2.5.2.4    | MEZCLADOR DE ALIMENTACIÓN AL REACTOR    | 6 días         | mar 15/01/13        | mar 22/01/13        | 82  | IC5  |
| 1.4.2.5.2.5    | REACTOR                                 | 6 días         | mar 15/01/13        | mar 22/01/13        | 83  | IC6  |
| 1.4.2.5.2.6    | SOBRECALENTADOR DE VAPOR                | 6 días         | mar 15/01/13        | mar 22/01/13        | 84  | IC7  |
| 1.4.2.5.2.7    | CALDERA DE CALOR RESIDUAL               | 6 días         | mar 15/01/13        | mar 22/01/13        | 85  | IC8  |
| 1.4.2.5.2.8    | FILTRO DE PLATINO                       | 6 días         | mar 15/01/13        | mar 22/01/13        | 86  | IC9  |
| 1.4.2.5.2.9    | PRECALENTADOR GAS DE COLA               | 6 días         | mar 15/01/13        | mar 22/01/13        | 87  | IC10 |
| 1.4.2.5.2.10   | UNIDAD DE OXIDACIÓN                     | 6 días         | mar 15/01/13        | mar 22/01/13        | 88  | IC11 |
| 1.4.2.5.2.11   | ENFRIADOR/CONDENSADOR                   | 6 días         | mar 15/01/13        | mar 22/01/13        | 89  | IC12 |
| 1.4.2.5.2.12   | REFRIGERADOR SECUNDARIO                 | 6 días         | mar 15/01/13        | mar 22/01/13        | 90  | IC13 |
| 1.4.2.5.2.13   | ABSORBEDOR                              | 6 días         | mar 15/01/13        | mar 22/01/13        | 91  | IC14 |
| 1.4.2.5.2.14   | COLUMNA DE BLANQUEO                     | 6 días         | mar 15/01/13        | mar 22/01/13        | 92  | IC15 |
| 1.4.2.5.2.15   | SEPARADOR LÍQUIDO-VAPOR                 | 6 días         | mar 15/01/13        | mar 22/01/13        | 93  | IC16 |
| 1.4.2.5.2.16   | CALENTADOR GAS DE COLA                  | 6 días         | mar 15/01/13        | mar 22/01/13        | 94  | IC17 |
| 1.4.2.5.2.17   | UNIDAD DE REFRIGERACIÓN                 | 6 días         | mar 15/01/13        | mar 22/01/13        | 95  | IC18 |
| 1.4.2.5.3      | <b>RACK DE TUBERÍAS</b>                 | 30 días        | jue 07/02/13        | mié 20/03/13        | 97  | IC19 |
| 1.4.2.5.4      | <b>LISTA DE MATERIALES</b>              | 15 días        | mié 23/01/13        | mar 12/02/13        | 151 | IC20 |
| 1.4.2.5.5      | <b>ESPECIFICACIONES DE ESTRUCTURAS</b>  | 15 días        | mié 23/01/13        | mar 12/02/13        | 151 | IC21 |
| 1.4.2.5.6      | <b>PLANO DE PLATAFORMAS Y ESCALERAS</b> | 20 días        | mar 12/03/13        | lun 08/04/13        | 118 | IC22 |
| 1.4.2.5.7      | <b>PLANO INSTALACIONES SUBTERRANEAS</b> | 20 días        | vie 03/05/13        | jue 30/05/13        | 112 | IC23 |
| <b>1.4.2.6</b> | <b>ARQUITECTURA</b>                     | <b>85 días</b> | <b>vie 29/03/13</b> | <b>jue 25/07/13</b> |     |      |
| 1.4.2.6.1      | <b>DISEÑO ARQUITECTÓNICO</b>            | 30 días        | vie 29/03/13        | jue 09/05/13        | 144 | ARQ1 |
| 1.4.2.6.2      | <b>MODELOS TRIDIMENSIONALES</b>         | 35 días        | vie 10/05/13        | jue 27/06/13        | 175 | ARQ1 |
| 1.4.2.6.3      | <b>LISTA DE MATERIALES</b>              | 20 días        | vie 28/06/13        | jue 25/07/13        | 176 | ARQ1 |
| <b>1.4.2.7</b> | <b>CONTROL AMBIENTAL</b>                | <b>90 días</b> | <b>vie 28/12/12</b> | <b>jue 02/05/13</b> |     |      |
| 1.4.2.7.1      | <b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b>     | 40 días        | vie 28/12/12        | jue 21/02/13        | 54  | AMB1 |



|                  |   |                |                     |                     |       |      |
|------------------|---|----------------|---------------------|---------------------|-------|------|
| <b>1.4.2.7.2</b> | <b>MANIFIESTO DE IMPACTO AMBIENTAL</b>              | 40 días        | vie 22/02/13        | jue 18/04/13        | 179   |      |
| 1.4.2.7.2.1      | DESCRIPCIÓN DEL DESARROLLO<br>PROPUESTO             | 3 días         | vie 22/02/13        | mar 26/02/13        | 179   | AMB2 |
| 1.4.2.7.2.2      | DESCRIPCIÓN DE LA ZONA LOCAL                        | 2 días         | mié 27/02/13        | jue 28/02/13        | 181   | AMB2 |
| 1.4.2.7.2.3      | IMPACTOS POTENCIALES                                | 5 días         | vie 01/03/13        | jue 07/03/13        | 182   | AMB2 |
| 1.4.2.7.2.4      | EXAMEN DE LOS EFECTOS EN LA ZONA                    | 10 días        | vie 08/03/13        | jue 21/03/13        | 183   | AMB2 |
| 1.4.2.7.2.5      | CONSULTAS Y OBJECIONES                              | 10 días        | vie 22/03/13        | jue 04/04/13        | 184   | AMB2 |
| 1.4.2.7.2.6      | PERSPECTIVAS DE EMPLEO                              | 5 días         | vie 05/04/13        | jue 11/04/13        | 185   | AMB2 |
| 1.4.2.7.2.7      | FACTORES AMBIENTALES                                | 5 días         | vie 12/04/13        | jue 18/04/13        | 186   | AMB2 |
| 1.4.2.7.3        | <b>PLAN DE MANEJO DE MATERIALES<br/>PELIGROSOS</b>  | 30 días        | vie 08/02/13        | jue 21/03/13        | 74,97 | AMB  |
| 1.4.2.7.4        | <b>LICENCIAS Y PERMISOS AMBIENTALES</b>             | 90 días        | vie 28/12/12        | jue 02/05/13        | 54    | AMB3 |
| <b>1.4.2.8</b>   | <b>SEGURIDAD</b>                                    | <b>51 días</b> | <b>jue 07/02/13</b> | <b>jue 18/04/13</b> |       |      |
| 1.4.2.8.1        | <b>ANÁLISIS DE RIESGOS HAZOP</b>                    | 40 días        | vie 08/02/13        | jue 04/04/13        | 74    | RI   |
| 1.4.2.8.2        | <b>PLANO DE RED CONTRA INCENDIO</b>                 | 30 días        | jue 07/02/13        | mié 20/03/13        | 97    | RI2  |
| 1.4.2.8.3        | <b>ESPECIFICACIÓN DE EQUIPO CONTRA<br/>INCENDIO</b> | 15 días        | jue 21/03/13        | mié 10/04/13        | 192   | RI3  |
| 1.4.2.8.4        | <b>CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVIDAD</b>              | 10 días        | vie 05/04/13        | jue 18/04/13        | 191   | RI4  |
| 1.4.2.8.5        | <b>SEGURO DE LA PLANTA</b>                          | 10 días        | vie 05/04/13        | jue 18/04/13        | 191   | RI5  |

Para el cálculo del tiempo mínimo posible de la estructura de desglose de trabajo se utiliza el máximo número de recursos por disciplina, obteniendo así el número de días mínimo que puede durar el proyecto. En conjunto de estas dos estructuras de desglose de trabajo proporciona un rango en el que puede caer el proyecto.

## Apéndice 5. Caso 2

El caso 2, es una ejemplificación de lo que puede suceder si se presenta el riesgo de mayor impacto en el proyecto, en esta ocasión se define que el riesgo de mayor impacto es, la mala definición de las bases de usuario, por lo que se hace un breve análisis de lo que pasaría si dicho riesgo afecta a la actividad “Desarrollo del sitio”. Se supuso que la actividad se retrasa, de acuerdo al análisis de riesgo de la tabla 5.9, 124 días.

| EDT              | Nombre de tarea                              | Duración        | Comienzo            | Fin                 | Predecesoras | Recursos |
|------------------|--|-----------------|---------------------|---------------------|--------------|----------|
| <b>1</b>         | <b>PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ÁCIDO NÍTRICO</b> | <b>270 días</b> | <b>vie 10/08/12</b> | <b>jue 22/08/13</b> |              |          |
| <b>1.1</b>       | <b>DEFINICIÓN DEL PROBLEMA</b>               | <b>1 día</b>    | <b>vie 10/08/12</b> | <b>vie 10/08/12</b> |              |          |
| <b>1.2</b>       | <b>DEFINICIÓN DE ALCANCE</b>                 | <b>1 día</b>    | <b>vie 10/08/12</b> | <b>vie 10/08/12</b> |              |          |
| <b>1.3</b>       | <b>ETAPA 1</b>                               | <b>115 días</b> | <b>lun 13/08/12</b> | <b>vie 18/01/13</b> | <b>2,3</b>   |          |
| <b>1.3.1</b>     | <b>INGENIERÍA CONCEPTUAL</b>                 | <b>115 días</b> | <b>lun 13/08/12</b> | <b>vie 18/01/13</b> |              |          |
| <b>1.3.1.1</b>   | <b>ESTUDIOS DE MERCADO</b>                   | <b>20 días</b>  | <b>lun 13/08/12</b> | <b>vie 07/09/12</b> | <b>2,3</b>   |          |
| 1.3.1.1.1        | DESCRIPCIÓN GENERAL                          | 3 días          | lun 13/08/12        | mié 15/08/12        | 2,3          | A        |
| 1.3.1.1.2        | USOS Y APLICACIONES                          | 3 días          | jue 16/08/12        | lun 20/08/12        | 7            | A        |
| 1.3.1.1.3        | ANÁLISIS DEL MERCADO GLOBAL                  | 3 días          | mar 21/08/12        | jue 23/08/12        | 8            | A        |
| 1.3.1.1.4        | ANÁLISIS DE LA OFERTA                        | 3 días          | vie 24/08/12        | mar 28/08/12        | 9            | A        |
| 1.3.1.1.5        | ANÁLISIS DE LA DEMANDA                       | 3 días          | mié 29/08/12        | vie 31/08/12        | 10           | A        |
| 1.3.1.1.6        | EVALUACIÓN DEL MERCADO                       | 3 días          | lun 03/09/12        | mié 05/09/12        | 11           | A        |
| 1.3.1.1.7        | ESTUDIO PRECIOS Y COMERCIALIZACIÓN           | 2 días          | jue 06/09/12        | vie 07/09/12        | 12           | A        |
| <b>1.3.1.2</b>   | <b>SELECCIÓN DE UBICACIÓN DE LA PLANTA</b>   | <b>15 días</b>  | <b>lun 10/09/12</b> | <b>vie 28/09/12</b> | <b>6</b>     |          |
| 1.3.1.2.1        | SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS                    | 5 días          | lun 10/09/12        | vie 14/09/12        | 6            | C        |
| 1.3.1.2.2        | EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS                   | 5 días          | lun 17/09/12        | vie 21/09/12        | 15           | C        |
| <b>1.3.1.2.3</b> | <b>SELECCIÓN DE UBICACIÓN DE LA PLANTA</b>   | <b>5 días</b>   | <b>lun 24/09/12</b> | <b>vie 28/09/12</b> | <b>16</b>    | <b>C</b> |
| <b>1.3.1.3</b>   | <b>SELECCIÓN DE LA TECNOLOGÍA</b>            | <b>26 días</b>  | <b>lun 10/09/12</b> | <b>lun 15/10/12</b> | <b>6</b>     |          |
| <b>1.3.1.3.1</b> | <b>BUSQUEDA DE ALTERNATIVAS</b>              | <b>7 días</b>   | <b>lun 10/09/12</b> | <b>mar 18/09/12</b> | <b>6</b>     |          |

|                  |   |                |                     |                     |           |         |
|------------------|---|----------------|---------------------|---------------------|-----------|---------|
| 1.3.1.3.1.1      | PROCESO DE DOBLE PRESIÓN  | 3.5 días       | lun 10/09/12        | jue 13/09/12        | 6         | D       |
| 1.3.1.3.1.2      | PROCESO DE PRESIÓN SIMPLE   | 3.5 días       | jue 13/09/12        | mar 18/09/12        | 20        | D       |
| <b>1.3.1.3.2</b> | <b>ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS</b>   | <b>5 días</b>  | <b>mié 19/09/12</b> | <b>mar 25/09/12</b> | <b>19</b> |         |
| 1.3.1.3.2.1      | DIAGRAMAS DE FLUJO DE CADA PROCESO  | 2 días         | mié 19/09/12        | jue 20/09/12        | 19        | D       |
| 1.3.1.3.2.2      | CUMPLIMIENTO DEL ALCANCE  | 1 día          | vie 21/09/12        | vie 21/09/12        | 23        | D       |
| 1.3.1.3.2.3      | VENTAJAS Y DESVENTAJAS  | 2 días         | lun 24/09/12        | mar 25/09/12        | 24        | D       |
| <b>1.3.1.3.3</b> | <b>EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DEL PROCESO</b>                                 | <b>14 días</b> | <b>mié 26/09/12</b> | <b>lun 15/10/12</b> | <b>22</b> |         |
| 1.3.1.3.3.1      | EVALUACIÓN TÉCNICA  | 6 días         | mié 26/09/12        | mié 03/10/12        | 22        | D       |
| 1.3.1.3.3.2      | COSTOS DE OPERACIÓN   | 2 días         | jue 04/10/12        | vie 05/10/12        | 27        | D       |
| 1.3.1.3.3.3      | SELECCIÓN DEL PROCESO   | 6 días         | lun 08/10/12        | lun 15/10/12        | 28        | D       |
| <b>1.3.1.4</b>   | <b>ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS</b>                                      | <b>80 días</b> | <b>lun 01/10/12</b> | <b>vie 18/01/13</b> | <b>14</b> |         |
| 1.3.1.4.1        | <b>MUESTREO</b>   | 15 días        | lun 01/10/12        | vie 19/10/12        | 14        | EXTERNO |
| 1.3.1.4.2        | <b>PRUEBAS DE LABORATORIO</b>   | 30 días        | lun 22/10/12        | vie 30/11/12        | 31        | EXTERNO |
| <b>1.3.1.4.3</b> | <b>PRESENTACIÓN DE RESULTADOS</b>   | 15 días        | lun 03/12/12        | vie 21/12/12        | 32        | EXTERNO |
| 1.3.1.4.4        | <b>PLANO TOPOGRÁFICO</b>  | 20 días        | lun 24/12/12        | vie 18/01/13        | 33        | EXTERNO |
| <b>1.3.1.5</b>   | <b>ESTUDIO DE VIABILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA</b>                            | <b>13 días</b> | <b>mar 16/10/12</b> | <b>jue 01/11/12</b> | <b>18</b> |         |
| 1.3.1.5.1        | <b>ESTIMADOS PRELIMINARES DE COSTO</b>                                    | <b>6 días</b>  | <b>mar 16/10/12</b> | <b>mar 23/10/12</b> | <b>18</b> |         |
| 1.3.1.5.1.1      | DETERMINAR COSTO DE MATERIAS PRIMAS                                       | 1 día          | mar 16/10/12        | mar 16/10/12        | 18        | B       |
| 1.3.1.5.1.2      | DETERMINAR PRECIO DE VENTA ACTUAL   | 1 día          | mié 17/10/12        | mié 17/10/12        | 37        | B       |
| 1.3.1.5.1.3      | CANTIDAD DE MATERIA PRIMA NECESARIA                                       | 1 día          | jue 18/10/12        | jue 18/10/12        | 38        | B       |
| 1.3.1.5.1.4      | ESTABLECER MERCADO DEL PRODUCTO:<br>LOCAL Y EXTERIOR                      | 1 día          | vie 19/10/12        | vie 19/10/12        | 39        | B       |
| 1.3.1.5.1.5      | OBTENER COSTOS DE PLANTAS DEL MISMO<br>PRODUCTO O SIMILARES               | 1 día          | lun 22/10/12        | lun 22/10/12        | 40        | B       |
| 1.3.1.5.1.6      | DETALLAR LOS COSTOS ANUALES (MATERIA<br>PRIMA, COSTOS DE OPERACIÓN, ETC.) | 1 día          | mar 23/10/12        | mar 23/10/12        | 41        | B       |
| 1.3.1.5.2        | <b>ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD</b>   | <b>7 días</b>  | <b>mié 24/10/12</b> | <b>jue 01/11/12</b> |           |         |
| 1.3.1.5.2.1      | TASA DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN                                      | 2 días         | mié 24/10/12        | jue 25/10/12        | 36        | B       |
| 1.3.1.5.2.2      | TASA INTERNA DE RETORNO   | 2 días         | vie 26/10/12        | lun 29/10/12        | 44        | B       |
| 1.3.1.5.2.3      | VALOR PRESENTE NETO   | 2 días         | mar 30/10/12        | mié 31/10/12        | 45        | B       |

|                  |   |                 |                     |                     |             |          |
|------------------|---|-----------------|---------------------|---------------------|-------------|----------|
| 1.3.1.5.2.4      | PUNTO DE EQUILIBRIO                           | 1 día           | jue 01/11/12        | jue 01/11/12        | 46          | B        |
| <b>1.4</b>       | <b>ETAPA 2</b>                                | <b>210 días</b> | <b>vie 02/11/12</b> | <b>jue 22/08/13</b> |             |          |
| <b>1.4.1</b>     | <b>INGENIERÍA BÁSICA</b>                      | <b>101 días</b> | <b>vie 02/11/12</b> | <b>vie 22/03/13</b> | <b>35</b>   |          |
| <b>1.4.1.1</b>   | <b>INGENIERÍA DE PROCESO</b>                  | <b>101 días</b> | <b>vie 02/11/12</b> | <b>vie 22/03/13</b> | <b>35</b>   |          |
| <b>1.4.1.1.1</b> | <b>BASES DE DISEÑO</b>                        | <b>5 días</b>   | <b>vie 02/11/12</b> | <b>jue 08/11/12</b> | <b>35</b>   | <b>E</b> |
| <b>1.4.1.1.2</b> | <b>CRITERIOS DE DISEÑO</b>                    | <b>5 días</b>   | <b>vie 09/11/12</b> | <b>jue 15/11/12</b> | <b>51</b>   | <b>E</b> |
| <b>1.4.1.1.3</b> | <b>DESCRIPCIÓN DEL PROCESO</b>                | <b>30 días</b>  | <b>vie 16/11/12</b> | <b>jue 27/12/12</b> | <b>52</b>   | <b>E</b> |
| <b>1.4.1.1.4</b> | <b>DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO</b>           | <b>30 días</b>  | <b>vie 16/11/12</b> | <b>jue 27/12/12</b> | <b>53CC</b> | <b>B</b> |
| <b>1.4.1.1.5</b> | <b>BALANCES DE MATERIA Y ENERGÍA</b>          | <b>30 días</b>  | <b>vie 16/11/12</b> | <b>jue 27/12/12</b> | <b>54CC</b> | <b>A</b> |
| <b>1.4.1.1.6</b> | <b>MEMORIA DE CALCULO DE EQUIPOS</b>          | <b>19 días</b>  | <b>vie 28/12/12</b> | <b>mié 23/01/13</b> |             |          |
| 1.4.1.1.6.1      | VAPORIZADOR DE AMONIACO                       | 4 días          | vie 28/12/12        | mié 02/01/13        | 54          | B        |
| 1.4.1.1.6.2      | SOBRECALENTADOR DE AMONIACO                   | 5 días          | jue 03/01/13        | mié 09/01/13        | 57,54       | B        |
| 1.4.1.1.6.3      | COMPRESORES DE AIRE                           | 3 días          | jue 10/01/13        | lun 14/01/13        | 58,54       | B        |
| 1.4.1.1.6.4      | MEZCLADOR DE ALIMENTACIÓN AL REACTOR          | 3 días          | mar 15/01/13        | jue 17/01/13        | 59,54       | B        |
| 1.4.1.1.6.5      | REACTOR                                       | 7 días          | vie 28/12/12        | lun 07/01/13        | 54          | F        |
| 1.4.1.1.6.6      | SOBRECALENTADOR DE VAPOR                      | 3 días          | mar 08/01/13        | jue 10/01/13        | 61,54       | F        |
| 1.4.1.1.6.7      | CALDERA DE CALOR RESIDUAL                     | 3 días          | vie 11/01/13        | mar 15/01/13        | 62,54       | F        |
| 1.4.1.1.6.8      | FILTRO DE PLATINO                             | 3 días          | mié 16/01/13        | vie 18/01/13        | 63,54       | F        |
| 1.4.1.1.6.9      | PRECALENTADOR GAS DE COLA                     | 3 días          | lun 21/01/13        | mié 23/01/13        | 64,54       | F        |
| 1.4.1.1.6.10     | UNIDAD DE OXIDACIÓN                           | 3 días          | vie 28/12/12        | mar 01/01/13        | 54          | G        |
| 1.4.1.1.6.11     | ENFRIADOR/CONDENSADOR                         | 3 días          | mié 02/01/13        | vie 04/01/13        | 66,54       | G        |
| 1.4.1.1.6.12     | REFRIGERADOR SECUNDARIO                       | 3 días          | lun 07/01/13        | mié 09/01/13        | 67,54       | G        |
| 1.4.1.1.6.13     | ABSORBEDOR                                    | 4 días          | jue 10/01/13        | mar 15/01/13        | 68,54       | G        |
| 1.4.1.1.6.14     | COLUMNA DE BLANQUEO                           | 4 días          | vie 28/12/12        | mié 02/01/13        | 54          | E        |
| 1.4.1.1.6.15     | SEPARADOR LÍQUIDO-VAPOR                       | 3 días          | jue 03/01/13        | lun 07/01/13        | 70,54       | E        |
| 1.4.1.1.6.16     | CALENTADOR GAS DE COLA                        | 3 días          | mar 08/01/13        | jue 10/01/13        | 71,54       | E        |
| 1.4.1.1.6.17     | UNIDAD DE REFRIGERACIÓN                       | 3 días          | vie 11/01/13        | mar 15/01/13        | 72,54       | E        |
| <b>1.4.1.1.7</b> | <b>DIAGRAMA DE TUBERIAS E INSTRUMENTACIÓN</b> | <b>30 días</b>  | <b>vie 28/12/12</b> | <b>jue 07/02/13</b> | <b>54</b>   | <b>J</b> |

|                   |  |                |                     |                     |             |          |
|-------------------|--|----------------|---------------------|---------------------|-------------|----------|
| <b>1.4.1.1.8</b>  | <b>BALANCE DE SERVICIOS AUXILIARES</b>     | <b>20 días</b> | <b>vie 28/12/12</b> | <b>jue 24/01/13</b> | <b>54</b>   | <b>L</b> |
| <b>1.4.1.1.9</b>  | <b>LISTA DE EQUIPOS</b>                    | <b>2 días</b>  | <b>jue 24/01/13</b> | <b>vie 25/01/13</b> |             |          |
| 1.4.1.1.9.1       | LISTA DE EQUIPOS                           | 2 días         | jue 24/01/13        | vie 25/01/13        | 56          | H        |
| <b>1.4.1.1.10</b> | <b>HOJAS DE DATOS</b>                      | <b>20 días</b> | <b>jue 24/01/13</b> | <b>mié 20/02/13</b> | <b>56</b>   |          |
| 1.4.1.1.10.1      | VAPORIZADOR DE AMONIACO                    | 4 días         | jue 24/01/13        | mar 29/01/13        | 57          | D        |
| 1.4.1.1.10.2      | SOBRECALENTADOR DE AMONIACO                | 4 días         | mié 30/01/13        | lun 04/02/13        | 58,79       | D        |
| 1.4.1.1.10.3      | COMPRESORES DE AIRE                        | 4 días         | mar 05/02/13        | vie 08/02/13        | 59,80       | D        |
| 1.4.1.1.10.4      | MEZCLADOR DE ALIMENTACIÓN AL REACTOR       | 4 días         | lun 11/02/13        | jue 14/02/13        | 60,81       | D        |
| 1.4.1.1.10.5      | REACTOR                                    | 5 días         | jue 24/01/13        | mié 30/01/13        | 61          | B        |
| 1.4.1.1.10.6      | SOBRECALENTADOR DE VAPOR                   | 4 días         | jue 31/01/13        | mar 05/02/13        | 62,83       | B        |
| 1.4.1.1.10.7      | CALDERA DE CALOR RESIDUAL                  | 4 días         | mié 06/02/13        | lun 11/02/13        | 63,84       | B        |
| 1.4.1.1.10.8      | FILTRO DE PLATINO                          | 2 días         | mar 12/02/13        | mié 13/02/13        | 64,85       | B        |
| 1.4.1.1.10.9      | PRECALENTADOR GAS DE COLA                  | 4 días         | jue 24/01/13        | mar 29/01/13        | 65          | I        |
| 1.4.1.1.10.10     | UNIDAD DE OXIDACIÓN                        | 4 días         | mié 30/01/13        | lun 04/02/13        | 66,87       | I        |
| 1.4.1.1.10.11     | ENFRIADOR/CONDENSADOR                      | 4 días         | mar 05/02/13        | vie 08/02/13        | 67,88       | I        |
| 1.4.1.1.10.12     | REFRIGERADOR SECUNDARIO                    | 4 días         | lun 11/02/13        | jue 14/02/13        | 68,89       | I        |
| 1.4.1.1.10.13     | ABSORBEDOR                                 | 4 días         | jue 24/01/13        | mar 29/01/13        | 69          | A        |
| 1.4.1.1.10.14     | COLUMNA DE BLANQUEO                        | 4 días         | mié 30/01/13        | lun 04/02/13        | 70,91       | A        |
| 1.4.1.1.10.15     | SEPARADOR LÍQUIDO-VAPOR                    | 4 días         | mar 05/02/13        | vie 08/02/13        | 71,92       | A        |
| 1.4.1.1.10.16     | CALENTADOR GAS                             | 4 días         | lun 11/02/13        | jue 14/02/13        | 72,93       | A        |
| 1.4.1.1.10.17     | UNIDAD DE REFRIGERACIÓN                    | 4 días         | vie 15/02/13        | mié 20/02/13        | 73,94       | A        |
| <b>1.4.1.1.11</b> | <b>DIAGRAMA DE SERVICIOS AUXILIARES</b>    | <b>10 días</b> | <b>vie 25/01/13</b> | <b>jue 07/02/13</b> | <b>75</b>   | <b>L</b> |
| <b>1.4.1.1.12</b> | <b>PLANO DE ARREGLO GENERAL DE EQUIPO</b>  | <b>20 días</b> | <b>lun 28/01/13</b> | <b>vie 22/02/13</b> | <b>76</b>   | <b>H</b> |
| <b>1.4.1.1.13</b> | <b>FILOSOFIA DE OPERACIÓN</b>              | <b>30 días</b> | <b>mar 05/02/13</b> | <b>lun 18/03/13</b> | <b>93CC</b> | <b>C</b> |
| <b>1.4.1.1.14</b> | <b>SISTEMAS DE DESFOGUE</b>                | <b>15 días</b> | <b>vie 08/02/13</b> | <b>jue 28/02/13</b> | <b>74</b>   | <b>J</b> |
| <b>1.4.1.1.15</b> | <b>SISTEMA DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES</b> | <b>15 días</b> | <b>vie 08/02/13</b> | <b>jue 28/02/13</b> | <b>74</b>   |          |
| 1.4.1.1.15.1      | FOSA RECOLECTORA DE DRENAJE                | 15 días        | vie 08/02/13        | jue 28/02/13        | 74          | L        |
| 1.4.1.1.15.2      | SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA             | 15 días        | vie 08/02/13        | jue 28/02/13        | 74          | K        |

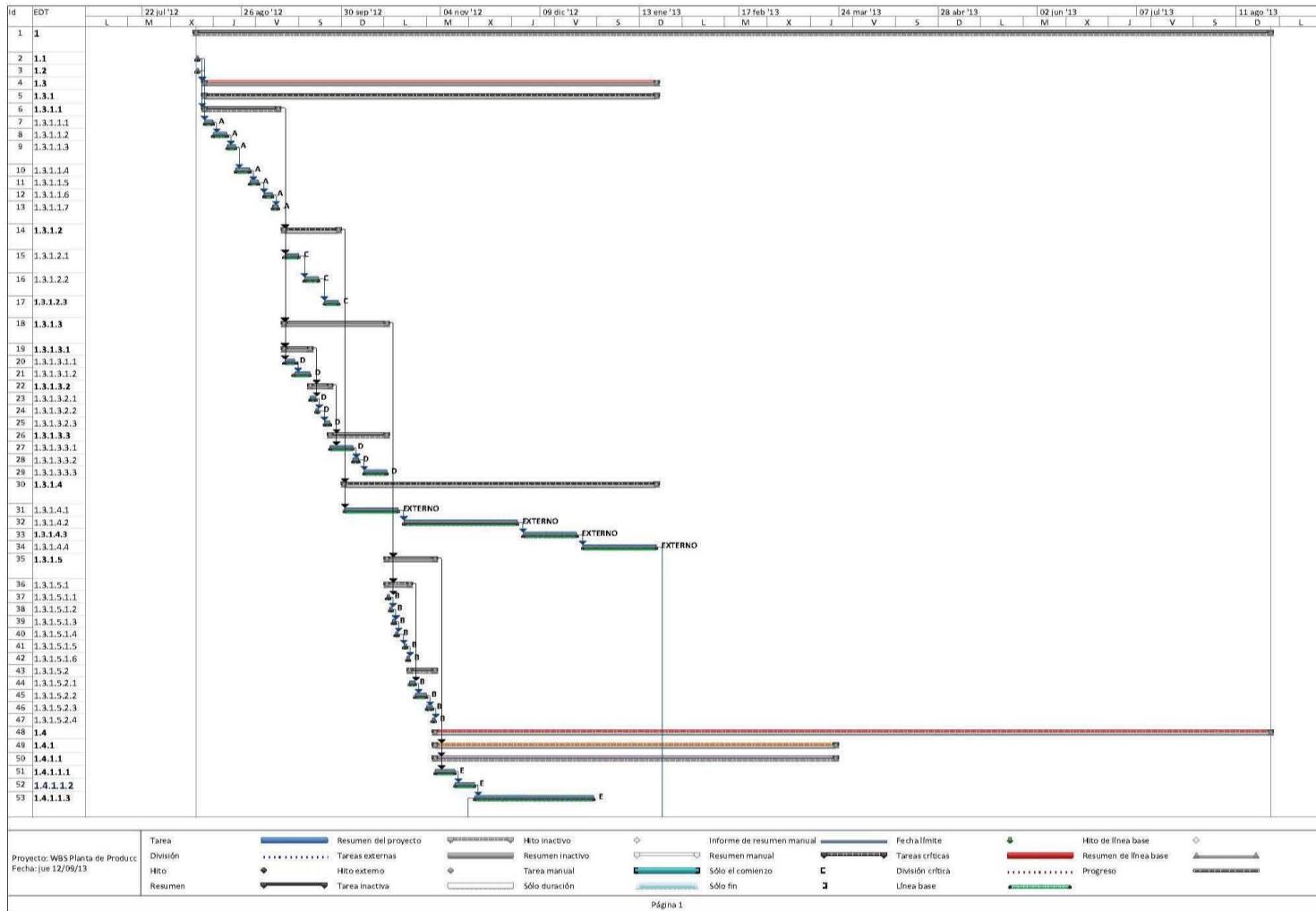
|                   |   |                 |                     |                     |              |      |
|-------------------|---|-----------------|---------------------|---------------------|--------------|------|
| <b>1.4.1.1.16</b> | <b>PLANO DE LOCALIZACIÓN GENERAL</b>            | <b>20 días</b>  | <b>lun 25/02/13</b> | <b>vie 22/03/13</b> | <b>54,97</b> |      |
| 1.4.1.1.16.1      | REVISIÓN DE DIMENSIONES DE EQUIPOS              | 2 días          | lun 25/02/13        | mar 26/02/13        | 54,97        | E    |
| 1.4.1.1.16.2      | CRITERIOS DE SEPARACIÓN DE EQUIPOS              | 2 días          | mié 27/02/13        | jue 28/02/13        | 104          | E    |
| 1.4.1.1.16.3      | ALTERNATIVAS DE ARREGLO DE EQUIPOS              | 4 días          | vie 01/03/13        | mié 06/03/13        | 105          | E    |
| 1.4.1.1.16.4      | PLOT PLAN                                       | 12 días         | jue 07/03/13        | vie 22/03/13        | 106          | E    |
| <b>1.4.2</b>      | <b>INGENIERÍA DE DETALLE</b>                    | <b>170 días</b> | <b>vie 28/12/12</b> | <b>jue 22/08/13</b> |              |      |
| <b>1.4.2.1</b>    | <b>TUBERIAS</b>                                 | <b>90 días</b>  | <b>vie 08/02/13</b> | <b>jue 13/06/13</b> |              |      |
| 1.4.2.1.1         | ISOMÉTRICOS                                     | 30 días         | vie 08/02/13        | jue 21/03/13        | 74           | TID  |
| 1.4.2.1.2         | LISTA DE MATERIALES                             | 10 días         | vie 22/03/13        | jue 04/04/13        | 110          | TID  |
| 1.4.2.1.3         | DISEÑO DE TUBERÍA AEREA Y SUBTERRÁNEA           | 30 días         | vie 22/03/13        | jue 02/05/13        | 110          | TID2 |
| 1.4.2.1.4         | ESTUDIO DE ANÁLISIS DE ESFUERZOS                | 20 días         | vie 22/03/13        | jue 18/04/13        | 110          | TID3 |
| 1.4.2.1.5         | ESPECIFICACION DE TUBERIAS DE PROCESO           | 30 días         | vie 03/05/13        | jue 13/06/13        | 112          | TID3 |
| <b>1.4.2.2</b>    | <b>INGENIERÍA MECÁNICA</b>                      | <b>40 días</b>  | <b>jue 21/02/13</b> | <b>mié 17/04/13</b> | <b>78</b>    |      |
| 1.4.2.2.1         | ESPECIFICACIONES DE EQUIPO DINÁMICO             | 20 días         | jue 21/02/13        | mié 20/03/13        | 78           | IM   |
| 1.4.2.2.2         | ESPECIFICACIÓN DE RECIPIENTES                   | 20 días         | jue 21/02/13        | mié 20/03/13        | 78           | IM2  |
| 1.4.2.2.3         | DIBUJOS DE RECIPIENTES                          | 20 días         | jue 21/03/13        | mié 17/04/13        | 117          | IM2  |
| <b>1.4.2.3</b>    | <b>ELECTRICO</b>                                | <b>60 días</b>  | <b>vie 08/02/13</b> | <b>jue 02/05/13</b> |              |      |
| 1.4.2.3.1         | DIAGRAMAS UNIFILARES                            | 30 días         | vie 08/02/13        | jue 21/03/13        | 74           | IE   |
| 1.4.2.3.2         | PLANO DE CLASIFICACIÓN DE ÁREAS                 | 20 días         | lun 25/02/13        | vie 22/03/13        | 97           | IE2  |
| 1.4.2.3.3         | TIERRAS Y PARARAYOS                             | 10 días         | lun 25/02/13        | vie 08/03/13        | 97           | IE3  |
| 1.4.2.3.4         | ESPECIFICACIÓN DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA      | 30 días         | vie 22/03/13        | jue 02/05/13        | 120          | IE   |
| 1.4.2.3.5         | ESPECIFICACIÓN DEL CENTRO DE CONTROL DE MOTORES | 30 días         | vie 22/03/13        | jue 02/05/13        | 120          | IE3  |
| 1.4.2.3.6         | LISTA DE MATERIALES                             | 10 días         | lun 25/03/13        | vie 05/04/13        | 121          | IE2  |
| 1.4.2.3.7         | ALUMBRADO                                       | 10 días         | lun 25/03/13        | vie 05/04/13        | 103          | IE4  |
| 1.4.2.3.8         | COMUNICACIONES                                  | 10 días         | lun 08/04/13        | vie 19/04/13        | 126          | IE4  |
| <b>1.4.2.4</b>    | <b>INSTRUMENTACIÓN</b>                          | <b>75 días</b>  | <b>vie 08/02/13</b> | <b>jue 23/05/13</b> | <b>74</b>    |      |
| 1.4.2.4.1         | LISTA DE INSTRUMENTOS                           | 15 días         | vie 08/02/13        | jue 28/02/13        | 74           | INS  |
| <b>1.4.2.4.2</b>  | <b>MEDIDORES DE PRESIÓN</b>                     | <b>20 días</b>  | <b>vie 08/02/13</b> | <b>jue 07/03/13</b> |              |      |

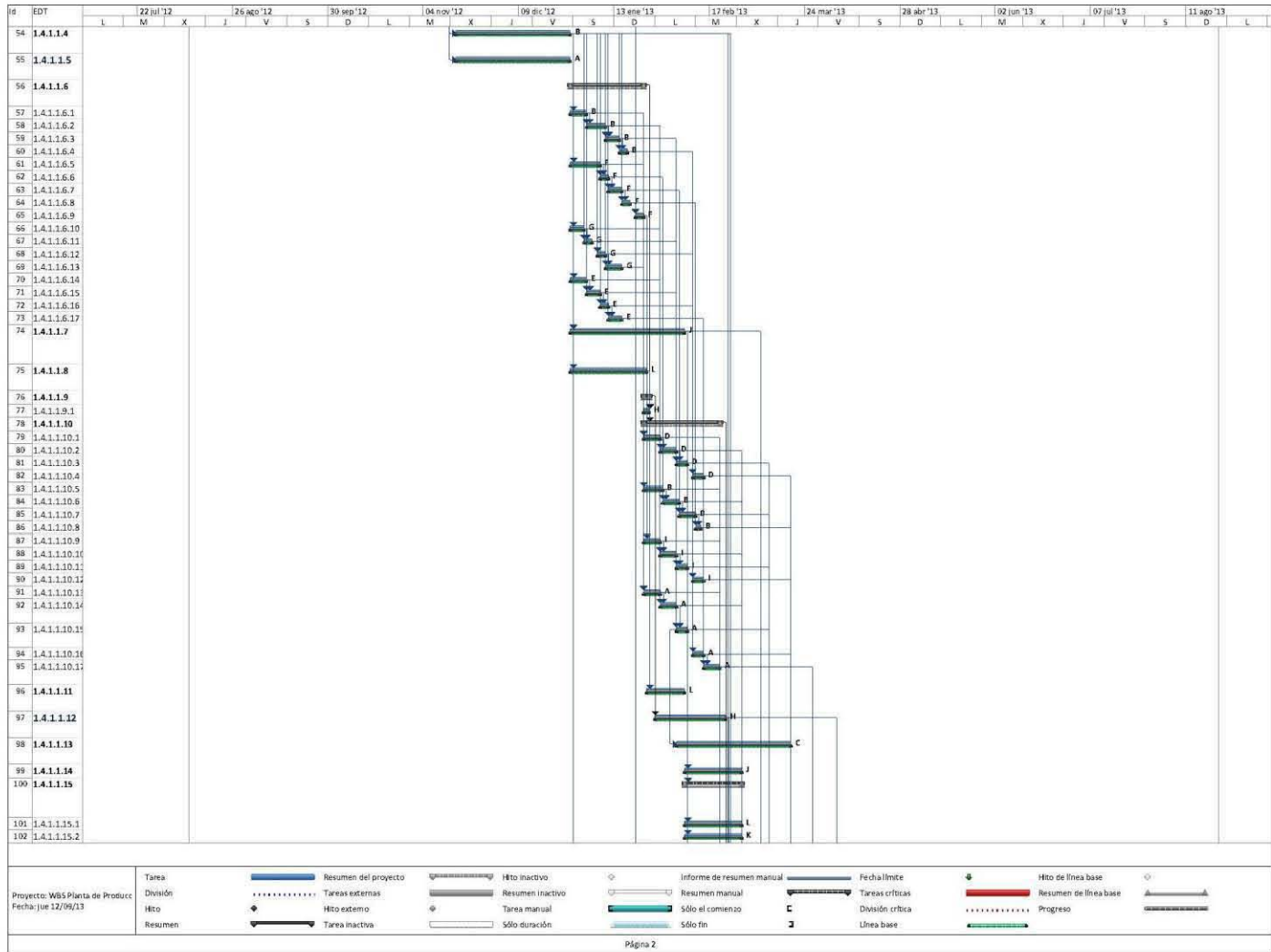
|                  |  |                 |                     |                     |           |       |
|------------------|--|-----------------|---------------------|---------------------|-----------|-------|
| 1.4.2.4.2.1      | HOJA DE DATOS DE MEDIDORES DE PRESIÓN        | 10 días         | vie 08/02/13        | jue 21/02/13        | 74        | INS2  |
| 1.4.2.4.2.2      | ESPECIFICACIONES DE MEDIDORES DE PRESIÓN     | 10 días         | vie 22/02/13        | jue 07/03/13        | 131       | INS2  |
| <b>1.4.2.4.3</b> | <b>MEDIDORES DE FLUJO</b>                    | <b>20 días</b>  | <b>vie 08/02/13</b> | <b>jue 07/03/13</b> |           |       |
| 1.4.2.4.3.1      | HOJA DE DATOS DE MEDIDORES DE FLUJO          | 10 días         | vie 08/02/13        | jue 21/02/13        | 74        | INS3  |
| 1.4.2.4.3.2      | ESPECIFICACIONES DE MEDIDORES DE FLUJO       | 10 días         | vie 22/02/13        | jue 07/03/13        | 134       | INS3  |
| <b>1.4.2.4.4</b> | <b>MEDIDORES DE TEMPERATURA</b>              | <b>20 días</b>  | <b>vie 08/03/13</b> | <b>jue 04/04/13</b> |           |       |
| 1.4.2.4.4.1      | HOJA DE DATOS DE MEDIDORES DE TEMPERATURA    | 10 días         | vie 08/03/13        | jue 21/03/13        | 74,132    | INS2  |
| 1.4.2.4.4.2      | ESPECIFICACIONES DE MEDIDORES DE TEMPERATURA | 10 días         | vie 22/03/13        | jue 04/04/13        | 137       | INS2  |
| <b>1.4.2.4.5</b> | <b>VÁLVULAS DE CONTROL</b>                   | <b>20 días</b>  | <b>vie 08/03/13</b> | <b>jue 04/04/13</b> |           |       |
| 1.4.2.4.5.1      | HOJAS DE DATOS DE VÁLVULAS DE CONTROL        | 10 días         | vie 08/03/13        | jue 21/03/13        | 74,135    | INS3  |
| 1.4.2.4.5.2      | ESPECIFICACIONES DE VÁLVULAS DE CONTROL      | 10 días         | vie 22/03/13        | jue 04/04/13        | 140       | INS3  |
| 1.4.2.4.6        | FILOSOFÍA DE CONTROL                         | 30 días         | vie 01/03/13        | jue 11/04/13        | 129       | INS   |
| 1.4.2.4.7        | PLANO DE LOCALIZACIÓN DE INSTRUMENTOS        | 20 días         | vie 01/03/13        | jue 28/03/13        | 129       | INS4  |
| 1.4.2.4.8        | PLANOS DE RUTAS DE CONDUCCIÓN DE SEÑALES     | 20 días         | vie 29/03/13        | jue 25/04/13        | 143       | INS4  |
| 1.4.2.4.9        | DISCOS DE RUPTURA                            | 15 días         | vie 05/04/13        | jue 25/04/13        | 141       | INS3  |
| 1.4.2.4.10       | DIAGRAMAS LÓGICOS DE CONTROL                 | 15 días         | vie 12/04/13        | jue 02/05/13        | 142       | INS   |
| 1.4.2.4.11       | LISTA DE MATERIALES                          | 15 días         | vie 03/05/13        | jue 23/05/13        | 146       | INS   |
| 1.4.2.4.12       | SUMARIO DE ALARMAS                           | 15 días         | vie 26/04/13        | jue 16/05/13        | 145       | INS4  |
| <b>1.4.2.5</b>   | <b>INGENIERÍA CIVIL</b>                      | <b>144 días</b> | <b>lun 21/01/13</b> | <b>jue 08/08/13</b> |           |       |
| 1.4.2.5.1        | PREPARACIÓN DEL SITIO                        | 144 días        | lun 21/01/13        | jue 08/08/13        | 34        | ICEXP |
| <b>1.4.2.5.2</b> | <b>PLANO DE ESTRUCTURAS</b>                  | <b>30 días</b>  | <b>jue 21/02/13</b> | <b>mié 03/04/13</b> | <b>78</b> |       |
| 1.4.2.5.2.1      | VAPORIZADOR DE AMONIACO                      | 6 días          | jue 21/02/13        | jue 28/02/13        | 79        | IC2   |
| 1.4.2.5.2.2      | SOBRECALENTADOR DE AMONIACO                  | 6 días          | vie 01/03/13        | vie 08/03/13        | 152,80    | IC2   |
| 1.4.2.5.2.3      | COMPRESORES DE AIRE                          | 6 días          | lun 11/03/13        | lun 18/03/13        | 153,81    | IC2   |
| 1.4.2.5.2.4      | MEZCLADOR DE ALIMENTACIÓN AL                 | 6 días          | mar 19/03/13        | mar 26/03/13        | 154,82    | IC2   |

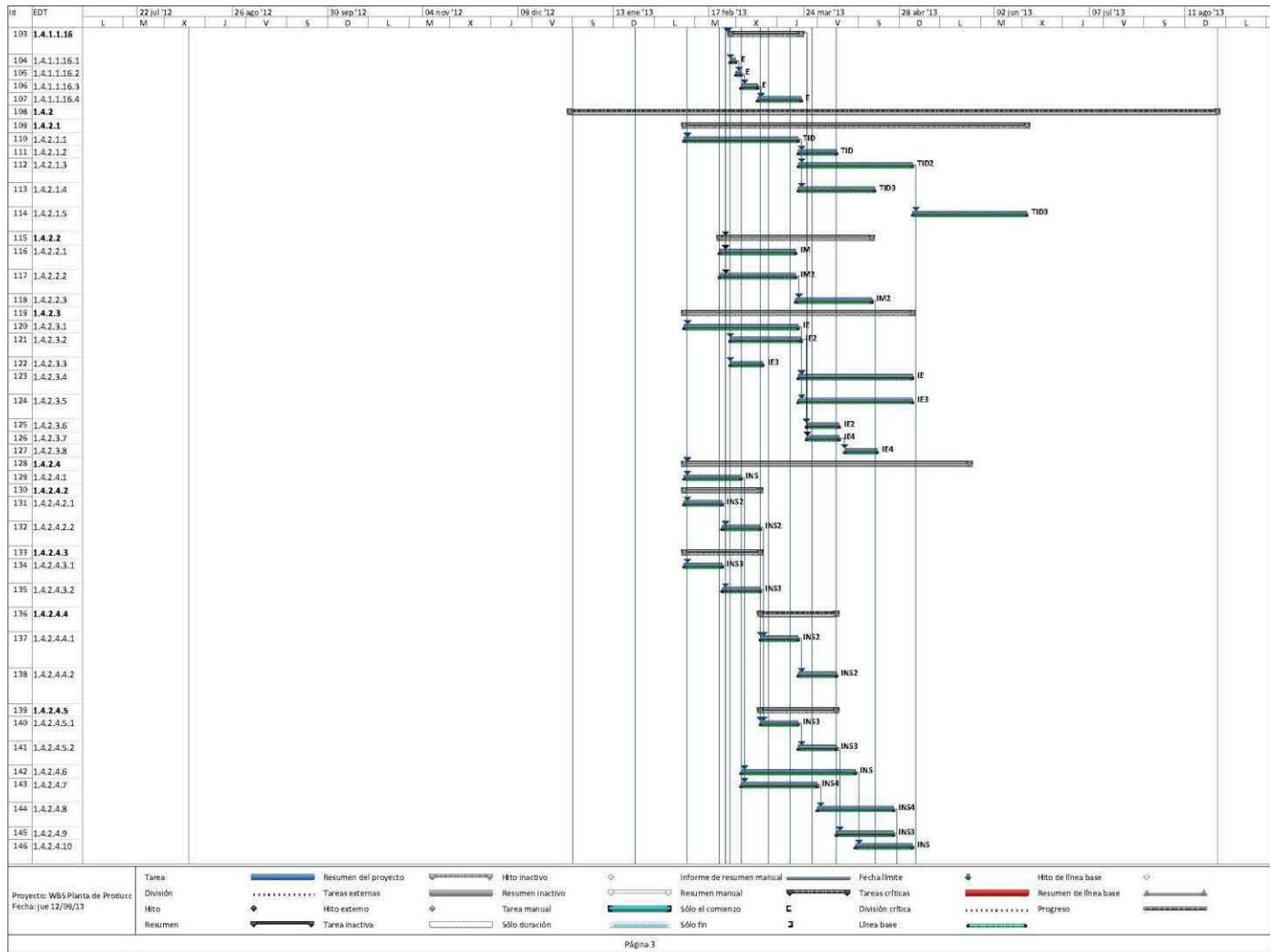
|                  |   |                 |                     |                     |        |      |
|------------------|---|-----------------|---------------------|---------------------|--------|------|
|                  | REACTOR                                 |                 |                     |                     |        |      |
| 1.4.2.5.2.5      | REACTOR                                 | 6 días          | jue 21/02/13        | jue 28/02/13        | 83     | IC3  |
| 1.4.2.5.2.6      | SOBRECALENTADOR DE VAPOR                | 6 días          | vie 01/03/13        | vie 08/03/13        | 156,84 | IC3  |
| 1.4.2.5.2.7      | CALDERA DE CALOR RESIDUAL               | 6 días          | lun 11/03/13        | lun 18/03/13        | 157,85 | IC3  |
| 1.4.2.5.2.8      | FILTRO DE PLATINO                       | 6 días          | mar 19/03/13        | mar 26/03/13        | 158,86 | IC3  |
| 1.4.2.5.2.9      | PRECALENTADOR GAS DE COLA               | 6 días          | jue 21/02/13        | jue 28/02/13        | 87     | IC4  |
| 1.4.2.5.2.10     | UNIDAD DE OXIDACIÓN                     | 6 días          | vie 01/03/13        | vie 08/03/13        | 160,88 | IC4  |
| 1.4.2.5.2.11     | ENFRIADOR/CONDENSADOR                   | 6 días          | lun 11/03/13        | lun 18/03/13        | 161,89 | IC4  |
| 1.4.2.5.2.12     | REFRIGERADOR SECUNDARIO                 | 6 días          | mar 19/03/13        | mar 26/03/13        | 162,90 | IC4  |
| 1.4.2.5.2.13     | ABSORBEDOR                              | 6 días          | jue 21/02/13        | jue 28/02/13        | 91     | IC5  |
| 1.4.2.5.2.14     | COLUMNA DE BLANQUEO                     | 6 días          | vie 01/03/13        | vie 08/03/13        | 164,92 | IC5  |
| 1.4.2.5.2.15     | SEPARADOR LÍQUIDO-VAPOR                 | 6 días          | lun 11/03/13        | lun 18/03/13        | 165,93 | IC5  |
| 1.4.2.5.2.16     | CALENTADOR GAS DE COLA                  | 6 días          | mar 19/03/13        | mar 26/03/13        | 166,94 | IC5  |
| 1.4.2.5.2.17     | UNIDAD DE REFRIGERACIÓN                 | 6 días          | mié 27/03/13        | mié 03/04/13        | 167,95 | IC5  |
| 1.4.2.5.3        | <b>RACK DE TUBERÍAS</b>                 | 30 días         | lun 25/02/13        | vie 05/04/13        | 97     | IC   |
| 1.4.2.5.4        | <b>LISTA DE MATERIALES</b>              | 15 días         | jue 04/04/13        | mié 24/04/13        | 151    | IC2  |
| 1.4.2.5.5        | <b>ESPECIFICACIONES DE ESTRUCTURAS</b>  | 15 días         | jue 04/04/13        | mié 24/04/13        | 151    | IC3  |
| 1.4.2.5.6        | <b>PLANO DE PLATAFORMAS Y ESCALERAS</b> | 20 días         | jue 18/04/13        | mié 15/05/13        | 118    | IC   |
| 1.4.2.5.7        | <b>PLANO INSTALACIONES SUBTERRANEAS</b> | 20 días         | vie 03/05/13        | jue 30/05/13        | 112    | IC3  |
| <b>1.4.2.6</b>   | <b>ARQUITECTURA</b>                     | <b>85 días</b>  | <b>vie 26/04/13</b> | <b>jue 22/08/13</b> |        |      |
| 1.4.2.6.1        | <b>DISEÑO ARQUITECTÓNICO</b>            | 30 días         | vie 26/04/13        | jue 06/06/13        | 144    | ARQ1 |
| 1.4.2.6.2        | <b>MODELOS TRIDIMENSIONALES</b>         | 35 días         | vie 07/06/13        | jue 25/07/13        | 175    | ARQ1 |
| 1.4.2.6.3        | <b>LISTA DE MATERIALES</b>              | 20 días         | vie 26/07/13        | jue 22/08/13        | 176    | ARQ1 |
| <b>1.4.2.7</b>   | <b>CONTROL AMBIENTAL</b>                | <b>161 días</b> | <b>vie 28/12/12</b> | <b>vie 09/08/13</b> |        |      |
| 1.4.2.7.1        | <b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b>     | 40 días         | vie 28/12/12        | jue 21/02/13        | 54     | AMB1 |
| <b>1.4.2.7.2</b> | <b>MANIFIESTO DE IMPACTO AMBIENTAL</b>  | 40 días         | vie 22/02/13        | jue 18/04/13        | 179    |      |
| 1.4.2.7.2.1      | DESCRIPCIÓN DEL DESARROLLO<br>PROPUESTO | 3 días          | vie 22/02/13        | mar 26/02/13        | 179    | AMB2 |
| 1.4.2.7.2.2      | DESCRIPCIÓN DE LA ZONA LOCAL            | 2 días          | mié 27/02/13        | jue 28/02/13        | 181    | AMB2 |

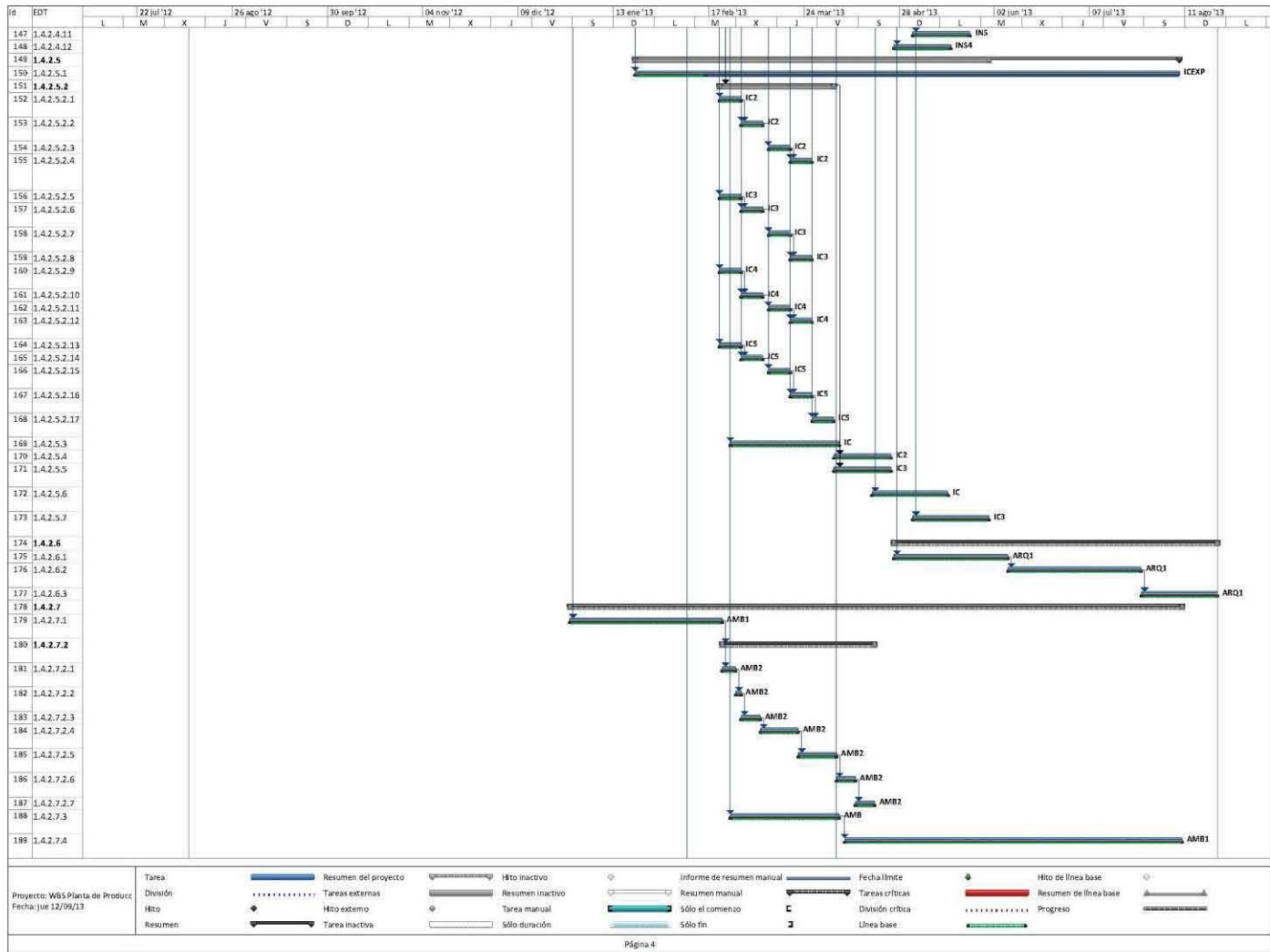


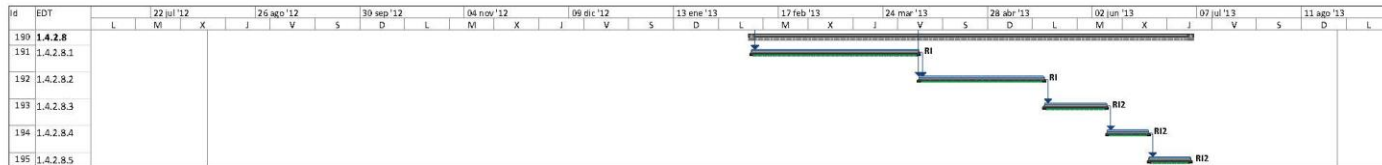
|                |   |                 |                     |                     |        |      |
|----------------|---|-----------------|---------------------|---------------------|--------|------|
| 1.4.2.7.2.3    | IMPACTOS POTENCIALES                            | 5 días          | vie 01/03/13        | jue 07/03/13        | 182    | AMB2 |
| 1.4.2.7.2.4    | EXAMEN DE LOS EFECTOS EN LA ZONA                | 10 días         | vie 08/03/13        | jue 21/03/13        | 183    | AMB2 |
| 1.4.2.7.2.5    | CONSULTAS Y OBJECIONES                          | 10 días         | vie 22/03/13        | jue 04/04/13        | 184    | AMB2 |
| 1.4.2.7.2.6    | PERSPECTIVAS DE EMPLEO                          | 5 días          | vie 05/04/13        | jue 11/04/13        | 185    | AMB2 |
| 1.4.2.7.2.7    | FACTORES AMBIENTALES                            | 5 días          | vie 12/04/13        | jue 18/04/13        | 186    | AMB2 |
| 1.4.2.7.3      | <b>PLAN DE MANEJO DE MATERIALES PELIGROSOS</b>  | 30 días         | lun 25/02/13        | vie 05/04/13        | 74,97  | AMB  |
| 1.4.2.7.4      | <b>LICENCIAS Y PERMISOS AMBIENTALES</b>         | 90 días         | lun 08/04/13        | vie 09/08/13        | 188    | AMB1 |
| <b>1.4.2.8</b> | <b>SEGURIDAD</b>                                | <b>105 días</b> | <b>vie 08/02/13</b> | <b>jue 04/07/13</b> |        |      |
| 1.4.2.8.1      | <b>ANÁLISIS DE RIESGOS HAZOP</b>                | 40 días         | vie 08/02/13        | jue 04/04/13        | 74     | RI   |
| 1.4.2.8.2      | <b>PLANO DE RED CONTRA INCENDIO</b>             | 30 días         | vie 05/04/13        | jue 16/05/13        | 191,97 | RI   |
| 1.4.2.8.3      | <b>ESPECIFICACIÓN DE EQUIPO CONTRA INCENDIO</b> | 15 días         | vie 17/05/13        | jue 06/06/13        | 192    | RI2  |
| 1.4.2.8.4      | <b>CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVIDAD</b>          | 10 días         | vie 07/06/13        | jue 20/06/13        | 193    | RI2  |
| 1.4.2.8.5      | <b>SEGURO DE LA PLANTA</b>                      | 10 días         | vie 21/06/13        | jue 04/07/13        | 194    | RI2  |











**Figura A5.1** Diagrama de Gantt del proyecto correspondiente al caso 2.

Realizando un análisis de lo sucedido, se determinó que la mala definición de las bases de usuario dio pie a que los encargados del estudio de mecánica de suelos determinaran que el sitio no era apto para realizar la planta, por lo que se tuvo que hacer un cambio de tierra. Dicho cambio propició que la preparación del sitio se prolongara a 144 días. Una vez simulado el retraso en la estructura de desglose de trabajo para este caso, se puede observar que la actividad al no formar parte de la ruta crítica y al no estar vinculada con otra tarea distinta al estudio de mecánica de suelos realizado previamente, no afecta la duración total del proyecto. Sin embargo el costo se ve afectado por el retraso en una cantidad de \$198,400.00<sup>75</sup>, aproximadamente el 7% del costo total del proyecto.

Es por eso que se debe ser estricto al momento de definir las bases de usuario, ya que un pequeño párrafo inconsistente puede provocar grandes impactos en el proyecto.

Este caso ejemplifica solamente lo que ocurriría presentándose un solo riesgo pero realmente es muy difícil que en un proyecto únicamente sea así, por lo que una vez más confirmamos que la programación dinámica para realizar el control del proyecto, es una buena opción.

<sup>75</sup> Dato obtenido en el Software Microsoft Project correspondiente al análisis de costos de dicho ejemplo .

## Apéndice 6. Índice de tablas

|   |     |
|---|-----|
| TABLA 1.1 CICLO DE VIDA DE UN PROYECTO.....   | 5   |
| TABLA 1.2. DATOS PARA LA CREACIÓN DEL DIAGRAMA DE GANTT .....                                   | 14  |
| TABLA 1.3. MOTIVOS DE FRACASO DE LOS PROYECTOS .....  | 36  |
| TABLA 1.4. MOTIVOS DE ÉXITO DE LOS PROYECTOS .....  | 37  |
| TABLA 1.5. DEFINICIÓN DE NIVELES PDRI.....  | 41  |
| TABLA 2.1. DEFINICIÓN DE ESCALAS DE IMPACTO PARA CUATRO OBJETIVOS DEL PROYECTO .....            | 50  |
| TABLA 2.2. MATRIZ DE PROBABILIDAD E IMPACTO.....  | 57  |
| TABLA 3.1. ANÁLISIS DE LOS CASOS DE ESTUDIO DE LA VARIANZA.....                                 | 91  |
| TABLA 5.1. PROPIEDADES FÍSICAS DEL ÁCIDO NÍTRICO.....   | 99  |
| TABLA 5.2. PROPIEDADES FÍSICAS DEL AMONIACO .....   | 101 |
| TABLA 5.3. REACCIONES QUÍMICAS PARA LA OXIDACIÓN DE AMONIACO .....                              | 103 |
| TABLA 5.4. ESTRUCTURA DE DESGLOSE DE TRABAJO PARA LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ÁCIDO NÍTRICO..... | 108 |
| TABLA 5.5. CLASIFICACIÓN GENERAL DE LOS RIESGOS DEL PROYECTO.....                               | 124 |
| TABLA 5.6. JERARQUIZACIÓN DE LOS RIESGOS ASOCIADOS AL PROYECTO .....                            | 128 |
| TABLA 5.7. ESCENARIOS A ESTUDIAR EN EL PROGRAMA PRIMAVERA PERTMASTER .....                      | 131 |
| TABLA 5.8. RESULTADOS DEL ANÁLISIS CUANTITATIVO AL 50% DEL PROYECTO .....                       | 134 |
| TABLA 5.9. RESULTADOS DEL ANÁLISIS CUANTITATIVO AL 100% DEL PROYECTO .....                      | 134 |
| TABLA 5.10. ESTRUCTURA DE DESGLOSE DE TRABAJO REPRESENTATIVA CASO 1.....                        | 136 |
| TABLA 5.11. PARÁMETROS NECESARIOS PARA ANÁLISIS DE VALOR GANADO ..                              | 152 |

|   |     |
|---|-----|
| TABLA 5.12. VALORES DE COSTO REAL Y VALOR GANADO AL 24% DEL AVANCE DEL PROYECTO.....                          | 157 |
| TABLA 5.13. VALORES DE COSTO PLANEADO PARA LA TOTALIDAD DE AVANCE DEL PROYECTO.....                           | 158 |
| TABLA A4.1 ESTRUCTURA DE DESGLOSE DE TRABAJO PARA LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ÁCIDO NÍTRICO TIEMPO MÁXIMO..... | 175 |
| TABLA A4.2 ESTRUCTURA DE DESGLOSE DE TRABAJO PARA LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ÁCIDO NÍTRICO TIEMPO MÍNIMO..... | 183 |



## Apéndice 7. Índice de figuras

|   |    |
|---|----|
| FIGURA 1.1 COSTO DEL PROYECTO Y NIVEL DE PERSONAL TÍPICOS A LO LARGO DEL CICLO DE VIDA                                  | VI |
| DA DEL PROYECTO   | 5  |
| FIGURA 1.2 SECUENCIA DE FASES TÍPICA DE UN CICLO DE VIDA DEL PROYECTO.....  | 6  |
| FIGURA 1.3 ESTRUCTURA DE DESGLOSE DE TRABAJO DE SEIS NIVELES.....   | 11 |
| FIGURA 1.4 EJEMPLO DE DIAGRAMA DE GANTT .....   | 14 |
| FIGURA 1.5 EJEMPLO DE DIAGRAMA PERT .....   | 15 |
| FIGURA 1.6 EJEMPLO DE RUTA CRÍTICA.....   | 16 |
| FIGURA 1.7 DIAGRAMA DE RED SIMPLE DEL CRONOGRAMA DEL PROYECTO UTILIZANDO EL MÉTODO DE DIAGRAMACIÓN POR PRECEDENCIA..... | 17 |
| FIGURA 1.8 GRUPOS DE PROCESOS DE PLANEACIÓN .....   | 25 |
| FIGURA 1.9 ETAPAS DEL FRONT END LOADING .....   | 33 |
| FIGURA 1.10 MODELO DE PROCESOS FRONT END LOADIND .....  | 33 |
| FIGURA 1.11 FRONT END LOADING.....  | 34 |
| FIGURA 1.12 REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL CONCEPTO DE ALINEACIÓN.....  | 38 |
| FIGURA 1.13 ESQUEMA DE ALINEACIÓN ORGANIZACIONAL PARA UN PROYECTO .....   | 38 |
| FIGURA 1.14 ÉXITO VS PUNTUACIÓN .....   | 42 |
| FIGURA 2.1 EL DIRECTOR DEL PROYECTO EVITA EL RIESGO .....   | 45 |
| FIGURA 2.2 EL DIRECTOR DEL PROYECTO TOMA RIESGO NEUTRAL.....  | 45 |
| FIGURA 2.3 EL DIRECTOR DEL PROYECTO ACEPTA EL RIESGO .....  | 46 |
| FIGURA 2.4 EJEMPLO DE UNA ESTRUCTURA DE DESGLOSE DE RIESGO .....  | 49 |
| FIGURA 2.5 ANÁLISIS DE RIESGOS EN EL CICLO DE VIDA DEL PROYECTO.....  | 52 |
| FIGURA 2.6 PROGRAMACIÓN DE ANÁLISIS DE RIESGOS.....   | 60 |
| FIGURA 2.7 SIMULACIÓN DE RIESGOS DE COSTOS .....  | 61 |
| FIGURA 2.8 DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD COMÚNMENTE UTILIZADAS .....   | 62 |

|   |     |
|---|-----|
| FIGURA 3.1 RECOPIACIÓN DE DATOS DE COSTOS Y DIAGRAMA DE FLUJO DE INFORMES.<br>.....           | 78  |
| FIGURA 3.2 METODOLOGÍA DE LA VARIANZA .....   | 83  |
| FIGURA 3.3 CPI ANÁLISIS GRÁFICO DE SITUACIONES .....  | 83  |
| FIGURA 4.1 RELACIÓN TRIANGULAR DE LOS FUNDAMENTOS DE LA PROGRAMACIÓN<br>DINÁMICA .....        | 95  |
| FIGURA 5.1 DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO PARA LA PLANTA DE ÁCIDO NÍTRICO ...                   | 110 |
| FIGURA 5.2 DIAGRAMA DE GANTT DEL PROYECTO .....   | 123 |
| FIGURA 5.3 DISTRIBUCIÓN DE FECHAS A LO LARGO DEL PROYECTO 6%-6%. .....                        | 132 |
| FIGURA 5.4 DISTRIBUCIÓN DE COSTOS DEL PROYECTO 6%-6%.....                                     | 132 |
| FIGURA 5.5 DISTRIBUCIÓN DE FECHAS A LO LARGO DEL PROYECTO 6%-72%. .....                       | 133 |
| FIGURA 5.6 DISTRIBUCIÓN DE COSTOS DEL PROYECTO 6%-72%.....                                    | 133 |
| FIGURA 5.7 DIAGRAMA DE GANTT DEL PROYECTO .....   | 151 |
| FIGURA 5.8 GRÁFICO DEL ESTADO REAL DEL PROYECTO EN LA FECHA DE CORTE .....                    | 159 |
| FIGURA 5.9 GRÁFICO COMPARATIVO DEL AVANCE REAL Y EL PLANEADO MEDIANTE EL<br>VALOR GANADO..... | 160 |
| FIGURA A3.1 DISTRIBUCIÓN DE FECHAS A LO LARGO DEL PROYECTO 6%-39%.....                        | 171 |
| FIGURA A3.2 DISTRIBUCIÓN DE COSTOS A LO LARGO DEL PROYECTO 6%-39%. .....                      | 171 |
| FIGURA A3.3 DISTRIBUCIÓN DE FECHAS A LO LARGO DEL PROYECTO 39%-39%.....                       | 172 |
| FIGURA A3.4 DISTRIBUCIÓN DE COSTOS A LO LARGO DEL PROYECTO 39%-39%. .....                     | 172 |
| FIGURA A3.5 DISTRIBUCIÓN DE FECHAS A LO LARGO DEL PROYECTO 39%-72%.....                       | 173 |
| FIGURA A3.6 DISTRIBUCIÓN DE COSTOS A LO LARGO DEL PROYECTO 39%-72%. .....                     | 173 |
| FIGURA A3.7 DISTRIBUCIÓN DE FECHAS A LO LARGO DEL PROYECTO 72%-72%.....                       | 174 |
| FIGURA A3.8 DISTRIBUCIÓN DE COSTOS A LO LARGO DEL PROYECTO 72%-72%. .....                     | 174 |
| FIGURA A5.1 DIAGRAMA DE GANTT DEL PROYECTO CORRESPONDIENTE AL CASO 2. ...                     | 203 |