UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRES BELLO

DIRECCIÓN DE POSTGRADO

ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE PROYECTOS

# PLAN DE GERENCIA DEL ALCANCE, TIEMPO Y RIESGOS DEL PROYECTO DE AMPLIACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA DE CAMPO ROSARIO

Presentado a la Universidad Católica Andrés Bello,

Por:

**JIMMY J. DELGADO S.**

**C.I.: 12.671.279**

Como requisito parcial para optar al grado de:

**ESPECIALISTA EN GERENCIA DE PROYECTOS**

**Realizado con la tutoría del profesor: Andrés E. Vidal R.**

Caracas, Enero de 2007

# ÍNDICE GENERAL


PÁG.

INTRODUCCIÓN..... 11

CAPITULO 1. PROPUESTA DE PROYECTO

1.1. PLANTEAMIENTO Y DELIMITACION DE LA PROBLEMÁTICA 13

1.2. JUSTIFICACIÒN..... 14

1.3. OBJETIVOS DEL PROYECTO..... 15

1.3.1. OBJETIVO GENERAL..... 15

1.3.2. OBJETIVOS ESPECIFICO..... 15

1.4. MARCO METODOLOGICO..... 16

1.4.1. DIAGNOSTICO..... 16

1.4.2. DESARROLLO..... 17

1.4.3. ELABORACION DEL INFORME FINAL..... 19

1.4.4. RESULTADOS ESPERADOS..... 19

1.4.5. CONSIDERCIONES ETICAS..... 19

CAPITULO 2. MARCO TEORICO-CONCEPTUAL

2.1. CONSIDERACIONES TECNICA..... 20

2.1.1. EL AGUA..... 20

2.1.2. DESHIDRATACION DEL PETROLEO..... 21

2.1.3. TRATAMIENTO DE EFLUENTES..... 21

2.1.4. EVALUACION DE LOS CAUDALES Y DE LA CALIDAD DE LOS DESECHOS..... 21

2.1.5. ESQUEMA DEL PROCESO DE TRATAMIENTO DE AGUA DE LA PLANTA EXISTENTE..... 22

2.2. PLANES GERENCIALES..... 24

2.2.1. GERENCIA DEL ALCANCE..... 24

2.2.2. GERENCIA DEL TIEMPO..... 24

2.2.3. GERENCIA DEL RIESGO..... 25

**CAPITULO 3. MARCO ORGANIZACIONAL**

3.1. OPERACIONES EN VENEZUELA..... 27

3.2. INVERTIR EN LA GENTE..... 28

3.3. RECONOCIMIENTO INTERNACIONAL..... 28

3.4. LINEAMIENTO ESTRATEGICOS..... 29

**CAPITULO 4. DESARROLLO DEL PROYECTO**

4.1. GERENCIA DEL ALCANCE DEL PROYECTO..... 33

4.1.1. INICIACION..... 34

4.1.2. PLANIFICACION DEL ALCANCE..... 36

4.1.2.1. ENUNCIACION..... 37

4.1.2.2. GESTION DEL ALCANCE..... 39

4.1.3. ESTRUCTURA DESAGREGADA DEL TRABAJO..... 39

4.1.4. VERIFICACION DEL ALCANCE..... 41

4.1.5. CONTROL DE CAMBIOS DEL ALCANCE..... 41

4.2. GERENCIA DEL TIEMPO..... 42

4.2.1. DEFINICION DE ACTIVIDADES..... 43

4.2.2. SECUENCIAS DE ACTIVIDADES..... 43

4.2.3. ESTIMACION DE LA DURACION DE LAS ACTIVIDADES.. 44

4.2.4. DESARROLLO DEL CRONOGRAMA..... 51

4.2.5. PLAN DE GESTION DE TIEMPOS..... 54

4.2.6. CONTROL DEL CRONOGRAMA..... 54

4.3 GERENCIA DE LOS RIESGOS..... 56

4.3.1. PLAN DE GESTION DE RIESGOS..... 56

4.3.2. IDENTIFICACION DE RIESGOS..... 59

4.3.3. ANALISIS CUALITATIVO DE RIESGOS..... 59

4.3.4. ANALISIS CUANTITATIVO DE RIESGOS..... 61

4.3.5. SIMULACION DE MONTECARLO..... 64

4.3.6. PLANIFICACION DE LA RESPUESTA A RIESGOS..... 65

4.3.7. SUPERVISION Y CONTROL DE RIESGOS..... 68

**CAPITULO 5. RESULTADOS DEL PROYECTO**..... 70

**CAPITULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**..... 74

**BIBLIOGRAFIA**..... 78

**ANEXOS**

A. FORMATO DE INSPECCION DE EQUIPOS..... 79

B. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES..... ..... 80

C. REPORTE DE SIMULACION DE MONTECARLO ..... 87

**UNIVERSIDAD CATOLICA ANDRES BELLO**

**TITULO:** Ampliación de la Planta de Tratamiento de agua de Campo Rosario de 45.000 BPD a 75.000 BPD.

**TUTOR:** Andrés Vidal

**AUTOR:** Jimmy Delgado
Enero 2007

## RESUMEN

Tecpetrol de Venezuela es una empresa petrolera que opera la unidad Colón en el Estado Zulia. La misma posee una Planta de Tratamiento de agua que maneja 45.000 BPD de agua y se prevé, con la perforación de 5 nuevos pozos, que aumente el volumen de agua a tratar hasta 75.000 BPD. Adicionalmente, la empresa no posee una guía formal que englobe la aplicación de la totalidad de las áreas de conocimiento de la Gerencia de Proyecto para manejar la ampliación requerida, es por todo esto que se ha propuesto elaborar un Plan de Gerencia para las áreas de Alcance, Tiempo y Riesgos del Proyecto de Ampliación de la Planta de Tratamiento de agua de Campo Rosario.

El tipo de investigación es de aplicación profesional orientado a Investigación y Desarrollo. Este tipo de investigación esta dividida en tres etapas: Diagnóstico, Desarrollo y elaboración del Informe final. El Gerente de proyecto asignado por la empresa a la Obra es el Ing. Rodolfo Arrieta, profesional con amplia experiencia, quien tiene la tarea de asegurar que el proyecto sea culminado en un tiempo máximo de nueve meses y dentro de un presupuesto de 4.900 MMBs.

Inicialmente en la Gestión del Alcance se definieron los entregables del Proyecto y se desarrolló la EDT dividida en cinco Fases: Diseño, Contratación, Procura, Construcción y Calibración y Pruebas. Luego en la Gestión del Tiempo se descompuso la EDT en 195 actividades y se obtuvo, con la ayuda de Microsoft Project®, el Cronograma del Proyecto, obteniéndose una duración de 145 días y un camino crítico que esta conformado, principalmente, por las actividades relacionadas con el T-203 A.

En el Plan de Gestión de los Riesgos del Proyecto se identificaron mediante una tormenta de ideas, un listado de los Riesgos que se prioritizaron mediante un Análisis Cualitativo, tomando en cuenta los de mayor probabilidad de ocurrencia y mayor impacto al Proyecto; a) La temporada de lluvias, b) Lentitud de procesos de procura, c) la lentitud de asignación de personal por el SISDEM y d) la Falta de pericia del personal obrero, fueron los Riesgos que resultaron de este análisis. Para realizar el análisis cuantitativo se utilizó el Software que emplea la Simulación de Montecarlo (Cristal Ball®), del cual obtuvimos que el proyecto tiene una probabilidad de 34% de culminar en un tiempo de 145 días y un 80% de probabilidad para culminar en una duración de 153 días.

Se podría concluir que: la empresa no está empleando las mejores prácticas para Gerenciar sus Proyectos, que el Camino Crítico esta conformado, en su mayoría, por actividades relacionadas con el T-203 A (Diseño, Procura, Construcción y Pruebas), situación que nos alerta tempranamente para dedicarle un mayor cuidado a esas actividades. Adicionalmente, la aplicación de los Planes Gerenciales elaborados, en el proyecto en marcha, va a ayudar a que el Proyecto cumpla con las metas de Costo y Tiempo establecidas por la Empresa.

# INTRODUCCION

Tecpetrol de Venezuela es una empresa de exploración, explotación y producción de petróleo que opera la unidad Colón del municipio Jesús María Semprun del Estado Zulia. Los pozos de esta unidad fueron reactivados en el año 1994, en el marco del proceso de licitación de campos marginales que se dio durante el gobierno del Dr. Rafael Caldera.

El petróleo, preciado líquido oleaginoso que se encuentra en el subsuelo y se emplea puro o refinado para un sin fin de usos y aplicaciones, cuando se extrae del pozo, viene asociado, por lo general, además de gas, a una cantidad variable de agua, la cual, se tiene que separar y tratar para ser reutilizada en las operaciones o para ser dispuesta en ríos o efluentes naturales. Para ello, se dispone de una Planta de Tratamiento de Agua en Campo Rosario, la cual maneja una producción neta aproximada de 10.000 Barriles Por Día (BPD), relativos a 54 pozos activos explotados en la Unidad.

La Planta de Tratamiento posee una capacidad instalada para manejar 45.000 BPD y se prevé, con la perforación de 5 nuevos pozos, que aumente el volumen de agua a tratar hasta 75.000 BPD, aproximadamente, hecho que genera el requerimiento urgente de aumentar la Capacidad de la Planta en unos 30.000 BPD como mínimo.

Como producto de esta situación, Tecpetrol definió el "Proyecto para la *Ampliación de la Planta de Tratamiento de la Estación Campo Rosario de 45000 BPD* hasta 75000 BPD", el cual se encuentra actualmente en su fase de Ejecución.

Definiendo un Proyecto como "un emprendimiento temporal, de elaboración progresiva, realizado para crear un producto o servicio único" es necesario la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades del Proyecto para satisfacer las necesidades del mismo. La Gerencia de Proyectos, de acuerdo al *PMBOK (Project Management Body of Knowledge) está compuesta por nueve áreas de* conocimiento como son: Integración, Alcance, Tiempo, Costos, Calidad, Recursos

Humanos, Comunicaciones, Riesgos y Adquisiciones del Proyecto. La Gestión del Alcance en conjunto con la del Tiempo y Costos, conforman los Procesos Centrales de la Gerencia de Proyectos, las demás gestiones facilitan y trabajan en torno a estas tres. Es importante destacar, que la mayoría de los proyectos que se ejecutan sin la aplicación de metodologías y prácticas de Gerencia de Proyectos tienen un alto riesgo de excederse en tiempo de ejecución y costos además de probables requerimientos de cambios en su alcance.

Tecpetrol de Venezuela no posee una guía formal, que incluya la metodología necesaria para Gerenciar los distintos Proyectos que suelen generarse en la empresa. Es por ello que el presente trabajo de investigación tiene como finalidad la elaboración de planes para Gerenciar el Alcance, el Tiempo y los Riesgos del Proyecto de Ampliación de la Planta de Tratamiento de Campo Rosario, actualmente en ejecución, para que los mismos, además de beneficiar al proyecto en sí, sirvan como punto de partida para la adopción, por parte de Tecpetrol, de una manera de gerenciar los proyectos basada en mejores prácticas recomendadas a nivel mundial, a través de los estándares del PMI (Project Management Institute), para la Dirección de los Proyectos.

Se van a llevar a cabo los planes de Gerencia del Alcance y del Tiempo debido a que ellos forman parte de las tres áreas centrales de la Gerencia del Proyecto, la Gerencia del Riesgo se va a desarrollar debido a que es un área de conocimiento novedosa y con gran influencia en el correcto desenvolvimiento de las dos primeras.

# CAPITULO 1. PROPUESTA DE PROYECTO

## 1.1. Planteamiento y Delimitación de la Problemática

El petróleo es un preciado líquido oleaginoso que se encuentra en el subsuelo y se emplea puro o refinado para un sin fin de usos y aplicaciones. En la mayoría de los casos, el petróleo cuando se extrae del pozo viene asociado a gas natural y a cierta cantidad de agua, la cual, se tiene que separar y tratar para ser reutilizada en las operaciones o para ser dispuesta en ríos o efluentes naturales.

En Venezuela, existen regulaciones impuestas por el Ministerio de Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables (MARNR) en cuanto a la calidad del agua o mejor dicho, el contenido máximo permisible de algunas sustancias y/o elementos químicos en el agua dispuesta al ambiente por las industrias en general. Tecpetrol de Venezuela, operador de la unidad Colón del municipio Jesús María Semprun del Estado Zulia posee una Planta de tratamiento de agua en Campo Rosario, la cual maneja la producción de varios pozos explotados en la Unidad, dicha Planta posee una capacidad instalada para manejar 45000 BPD y se prevé, con la perforación de nuevos pozos, que aumente el volumen de agua a tratar hasta 75.000 BPD, aproximadamente.

La incapacidad de poder manejar en la Planta de Tratamiento toda el agua producto de la deshidratación del crudo proveniente de los nuevos Pozos productores del Campo Rosario y del Campo de la Palma, condicionará, en gran manera, las operaciones normales de la planta y la producción de algunos pozos. Algunos de los problemas que se pueden presentar con frecuencia debido a esta situación son: gastos innecesarios de energía, paradas injustificadas de pozos, disminución de la calidad de la corriente de salida de la planta y alta sensibilidad a paradas motivadas por fallas relacionadas a terceros (fluctuaciones y fallas del sistema eléctrico).

Conocidos estos inconvenientes que se pueden presentar y previniendo la ocurrencia de los mismos, Tecpetrol de Venezuela definió el "Proyecto para la Ampliación de la Planta de Tratamiento de la Estación Campo Rosario de 45000 BPD hasta 75000 BPD", proyecto que se encuentra actualmente en su fase de Ejecución.

Adicionalmente, otro problema con el cual se enfrenta la empresa es la ausencia de una guía formal que englobe la aplicación de la totalidad de las áreas de Conocimiento de la Gerencia de Proyectos en las Obras que desarrolla, aunque, cabe destacar, que sí posee un Departamento de Proyectos compuesto por un grupo de profesionales con formación en el área.

El presente trabajo de investigación tiene como finalidad llevar a cabo la Definición y Plan de Gerencia del: Alcance, Tiempo y Riesgos del proyecto de ampliación de la Planta de Tratamiento de Agua de Campo Rosario para que así pueda llegar a manejar, de manera eficiente y en el menor tiempo posible, la producción de agua de los campos de la Palma y Rosario.

## 1.2. Justificación

La mayoría de los proyectos que se ejecutan sin la aplicación de metodologías y prácticas de Gerencia de Proyectos se exceden en tiempo, costo y requieren de cambios en su alcance. Sin embargo, no basta solo con realizar planes que cubran cada una de las áreas medulares de los proyectos, para desarrollar una Planificación más ajustada a la realidad, es necesario tener en cuenta los riesgos que pueden afectar tanto de manera positiva como negativa.

A pesar que cada proyecto es único e irrepetible, al desarrollar guías y planes concretos para gerenciarlos, se logra que el departamento de proyectos incorpore pautas y guías definidas, alineadas a los planes estratégicos de la empresa, que, con algunas modificaciones y adaptaciones, puedan ser aplicadas a otros proyectos a realizar a futuro.

Cabe destacar que por razones de tiempo, no se va a realizar un Plan de Gerencia que incluya a todas las áreas de aplicación de la Gerencia del Proyecto de Ampliación de la Planta de Tratamiento de la Estación Rosario (Costos, Tiempo, Calidad, Procura y Contratación, Recursos Humanos, Riesgos, Alcance, Comunicaciones e Integración), únicamente se van a desarrollar los Planes de Gerencia de: Tiempo y Alcance, por ser dos Planes fundamentales y que sirven de apoyo para la ejecución de la mayoría de los planes restantes; y así como el Plan de Riesgos debido a que ofrece un enfoque distinto y más completo en cuanto a la influencia de riesgos externos en la duración de las actividades que conforman el Proyecto.

## 1.3. Objetivos del Proyecto

A continuación se presentan el objetivo general y los objetivos específicos establecidos en el presente trabajo de investigación.

### 1.3.1. Objetivo General

Elaborar un Plan de Gerencia para las áreas de Alcance, Tiempo y Riesgos del Proyecto de Ampliación de la Planta de Tratamiento de agua de Campo Rosario de 45000 BPD hasta 75000 BPD.

### 1.3.2. Objetivos Específicos

- Definir el Alcance del trabajo a realizar.
- Identificar los equipos y facilidades necesarias para la ampliación de la Planta de tratamiento de agua.
- Elaborar la Estructura desagregada del trabajo involucrado en el proyecto de ampliación.

- Definir los tiempos de duración y la secuencia de todas las actividades a ejecutar.
- Desarrollar el Cronograma de trabajo.
- Identificar y prioritizar según su probabilidad de ocurrencia, los Riesgos que puedan presentarse en el Proyecto y definir un Plan de Respuesta para cada uno de ellos.

## 1.4. Marco Metodológico

A continuación se presentan los tres aspectos resaltantes a considerar para desarrollar la Metodología del Trabajo de Investigación.

El tipo de investigación es de aplicación profesional orientado a Investigación y Desarrollo, ya que se tiene como propósito satisfacer una necesidad del ambiente interno de la organización a través del desarrollo de un producto (Yáber y Valeriano, 2003). En este caso existe una necesidad operacional como lo es la Ampliación de la Planta de Tratamiento, y una necesidad Gerencial Estratégica como lo es el Desarrollo de los Planes de Gerencia de Alcance, Tiempo y Riesgos para el Proyecto de Ampliación. El desarrollo del tipo de investigación a aplicar se va a dividir en tres etapas: Diagnóstico, Desarrollo e Informe Final.

### 1.4.1. Diagnóstico:

❖ Recopilación de información

Búsqueda de bibliografía especializada en tratamiento de agua, manual de operación de la planta de campo Rosario, Planos de la Planta, PMBOK y consulta en Internet.

- Visita a la planta de tratamiento

Visita para el reconocimiento de la planta, ubicación y disposición de equipos actuales, visualización de ubicación de equipos requeridos para la ampliación.

- Identificación de los equipos, recursos y facilidades necesarias

Establecer con el grupo de especialistas de la empresa, los equipos requeridos, la ubicación y el diseño de las facilidades necesarias para la instalación de los nuevos equipos.

- Entrevista con expertos para la determinación de la red de secuencia de las actividades y las duraciones de las mismas.

Reuniones con expertos para la determinación de la secuencia lógica de las actividades y las duraciones de las mismas.

- Entrevista con expertos para la determinación de los riesgos que se puedan presentar a lo largo del proyecto.

Reunión con expertos del Departamento de Proyectos y con habitantes de la zona en donde se va a llevar a cabo el Proyecto para determinar todos los posibles Riesgos que se puedan presentar.

### 1.4.2. Desarrollo:

- Elaboración de la estructura desagregada del trabajo

Reuniones con el grupo de proyecto para la identificación de todas las actividades necesarias para el desarrollo del proyecto.

- Elaboración del cronograma de actividades

Utilizando Microsoft Project como herramienta computacional, elaborar el cronograma de actividades del Proyecto.

- Desarrollo del análisis cuantitativo de riesgos

Listar y prioritizar los Riesgos identificados según su probabilidad de ocurrencia y su grado de afectación al Proyecto.

- Desarrollo del análisis cualitativo de riesgos

Realizar mediante la herramienta computacional "Simulación de Montecarlos", la incidencia de los Riesgos identificados en la duración del Proyecto y en el grado de confiabilidad con el cual se va a realizar las estimaciones. Adicionalmente mediante el Diagrama Tornado se Simulará el comportamiento o sensibilidad de las actividades del proyecto para saber así cual o cuales son las que representan mayor Riesgo en la duración del Proyecto.

- Elaboración del Plan de Gerencia del Alcance

Se tomará en cuenta la EDT, la elaboración por Fases y los aspectos más importantes a considerar para el desarrollo del Plan propuestos por el PMBOK.

- Elaboración del plan de Gerencia del Tiempo.

Se basará en el cronograma de actividades, la elaboración por Fases y los aspectos más importantes a considerar para el desarrollo del Plan propuestos por el PMBOK.

- Elaboración del plan de gerencia de riesgos

Estará fundamentado en el Análisis Cuantitativo y Cualitativo de Riegos y los aspectos más importantes a considerar para el desarrollo del Plan propuestos por el PMBok.

### 1.4.3. Elaboración del Informe Final

Redacción y revisión del Informe Final del proyecto de Tesis con la asesoría del Tutor asignado por la Universidad Católica Andrés Bello y enmarcándola en la Guía Práctica para la Elaboración del Trabajo Especial de Grado (TEG) Especialización en Gerencia de Proyectos.

### 1.4.4. Resultados Esperados

El resultado principal que se espera son los planes de Gerencia del Alcance, Tiempo y Riesgos del Proyecto de Ampliación de la Planta de Tratamiento de Agua de Campo Rosario. Con la elaboración y ejecución de dichos Planes se espera que el Proyecto culmine satisfactoriamente con el Alcance y Tiempo establecido y con el mínimo impacto por ocurrencia de riesgos sobre el Plan de Ejecución. Adicionalmente, se espera que este Plan represente el punto de partida para elaborar un Manual de Gerencia para la empresa que abarque la totalidad de las áreas de conocimiento de la Gerencia de Proyectos, con aplicación para todo tipo de iniciativa que se lleve a cabo.

### 1.4.5. Consideraciones Éticas

En el Trabajo de Investigación a desarrollar se tomará en cuenta el Código de Ética del Ingeniero y del Gerente de Proyectos en todas las actividades a llevar a cabo enunciadas en el Marco Metodológico. Se va a guardar absoluta confidencialidad en cuanto a aspectos estratégicos y secretos operativos y empresariales de Tecpetrol de Venezuela. Se nombraran todas las fuentes bibliográficas que se utilicen y se nombraran en los Agradecimientos del trabajo Final a todas las personas e instituciones que colaboren en la elaboración del Proyecto a desarrollar.

# CAPITULO 2. MARCO TEORICO-CONCEPTUAL

Existen varias áreas de conocimiento o temas que van a servir como base teórica para poder llevar a cabo los Objetivos planteados en el presente trabajo de investigación. Básicamente se pueden dividir en dos grandes áreas: La relacionada con los aspectos técnicos a considerar para la Ampliación de la Planta de Tratamiento como tal y la relacionada con la Elaboración de los Planes Gerenciales.

## 2.1. Consideraciones Técnicas

A continuación se presentan algunos conceptos y aspectos técnicos a considerar para la elaboración de la propuesta de Ampliación de la Planta de Tratamiento de agua de la estación Campo Rosario.

### 2.1.1. El Agua

El agua es un componente de nuestra naturaleza que ha estado presente en la Tierra desde hace más de 3.000 millones de años, ocupando tres cuartas partes de la superficie del planeta. Su naturaleza se compone de tres átomos, dos de oxígeno que unidos entre si forman una molécula de agua, $H_2O$, la unidad mínima en que ésta se puede encontrar. La forma en que estas moléculas se unen entre sí determinará la forma en que encontramos el agua en nuestro entorno; como líquidos, en lluvias, ríos, océanos, etc., como sólidos en témpanos y nieves o como gas en las nubes.

Gran parte del agua de nuestro planeta, alrededor del 98%, corresponde a agua salada que se encuentra en mares y océanos, el agua dulce que poseemos en un 69% corresponde a agua atrapada en glaciares y nieves eternas, un 30% está constituido por aguas subterráneas y una cantidad no superior al 0,7% se encuentra en forma de ríos y lagos.

### 2.1.2. Deshidratación del Petróleo

El petróleo que sale del pozo de producción es una mezcla de petróleo líquido, gas natural y agua de formación. Durante el principio de la producción primaria, el agua puede ser muy escasa. Sin embargo, la mayor parte de la producción contiene proporciones mensurables de agua producida (hasta el 95%). Esta debe separarse del petróleo, ya que las especificaciones del crudo de entrega final al Cliente estipulan un contenido máximo de agua sumamente bajo, del 1% aproximadamente.

### 2.1.3. Tratamiento de Efluentes

Los criterios de calidad del agua de los efluentes ya no son materia de arreglos locales entre las agencias reglamentadoras regionales y las industrias; se establecen por estatutos estatales y federales. Al considerar el tratamiento de un efluente para su descarga a una corriente o a un lago receptor debe aplicarse un control periódico y continuo de las características del agua vertida para garantizar el cumplimiento de las disposiciones y reglamentos legales. Adicionalmente, se deben realizar estudios e investigaciones para cada planta de tratamiento por separado, no se puede estandarizar el tratamiento que se aplica debido a que el agua de formación puede variar su composición aún en pozos que se encuentren muy cercanos.

### 2.1.4. Evaluación de los Caudales y de la Calidad de los Desechos

El registro de los volúmenes de agua que requieren tratamiento es de primordial importancia. Debe medirse el flujo de la descarga total de la planta. Es necesario realizar evaluaciones y controles de los pozos que aportan agua hacia la estación para poder conocer con un alto grado de precisión, el volumen total de agua a tratar.

Se deben establecer las características químicas del agua de desecho y la cantidad de contaminantes presentes. El artículo 10 de la Gaceta Oficial N° 4418 Extraordinaria del 27 / Abril / 1992 (Decreto 883), expresa los valores o rangos límites

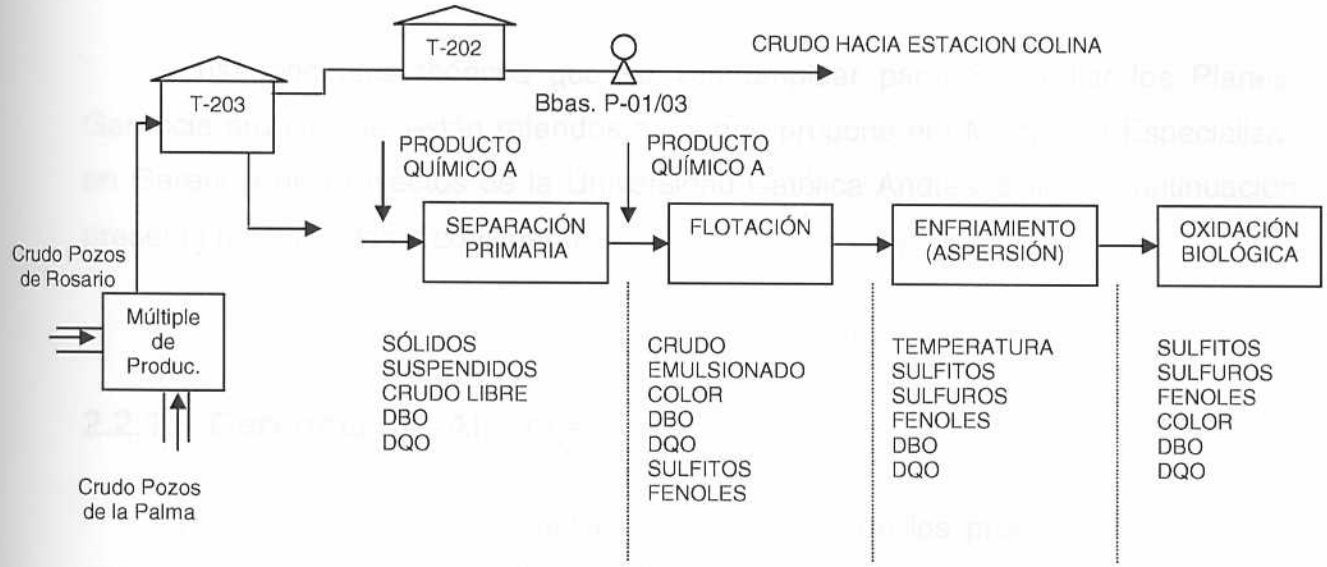
máximos de calidad para vertidos líquidos, en forma directa o indirecta, a ríos, estuarios, lagos y embalses. En nuestro caso, la planta de tratamiento de agua de campo Rosario vierte el agua tratada hacia el Río Catatumbo.

### 2.1.5. Esquema del proceso de tratamiento de agua de la planta existente

Como ya se conoce en el planteamiento del Objetivo general del presente trabajo de investigación, se va a realizar una "Ampliación de la planta de tratamiento existente" por lo cual no es competencia de la investigación realizar el Diseño de los procesos o de los equipos necesarios para tratar el agua proveniente de la deshidratación del crudo, únicamente se van a proponer los equipos, recursos y facilidades adicionales requeridas para aumentar la capacidad de tratamiento de agua de la Planta de 45000 a 75000 BPD de agua. Sin embargo, es importante nombrar que los equipos propuestos van a poseer características similares a los ya existentes.

A continuación se presenta un Esquema del tratamiento de agua existente en la Estación campo Rosario (Figura 1) y los parámetros o contaminantes a remover en cada etapa:

*Figura 1. Esquema del proceso de tratamiento de agua de la estación Campo Rosario*




(Fuente: Manual De Procedimientos Operacionales Planta De Tratamiento Campo Rosario, Tecpetrol De Venezuela S.A. Maracaibo, Agosto 2002)

La producción proveniente de los pozos llega al Múltiple de producción, allí se inyecta un químico desesmulsificante para romper la emulsión natural crudo-agua y pasa al Tanque de Lavado T-203, donde por tiempo de residencia y diferencia de densidades entre el crudo y el agua, ocurre la separación permitiendo retirar el crudo por la parte superior del tanque y el agua por la inferior. EL crudo por un vertedero pasa al Tanque de Producción General T-202 y luego es enviado hacia el oleoducto por las Bombas de Crudo P-01/03 hasta la estación Colina.

El agua es enviada a los Tanques Desnatadores (Separación Primaria) inyectándole previamente un clarificante a fin de favorecer la separación del crudo emulsionado en el agua. El agua descarga de estos equipos hacia las Celdas de Flotación (Etapa de Flotación) en los cuales por medio de la inyección de gas inducido se completa la remoción de crudo. Seguidamente el agua de las Celdas de Flotación es enviada a la Piscina Desnatadora F-01 en la cual es sometida a un proceso de enfriamiento por medio de una cascada escalonada y por un sistema de aspersión (Enfriamiento). De la piscina F-01 pasa a la F-02 y luego hacia la F-03 en la cual por degradación biológica de la materia orgánica presente en el agua se disminuyen sus propiedades químicas (Oxidación Biológica). En la Figura N°1 se puede observar los parámetros que se tratan en cada etapa.

## 2.2. Planes Gerenciales(PMBOX)

Los conceptos teóricos que se van emplear para desarrollar los Planes de Gerencia propuestos, están referidos a los que propone el PMBok y la Especialización en Gerencia de Proyectos de la Universidad Católica Andrés Bello. A continuación se presenta los aspectos a considerar:

### 2.2.1. Gerencia del Alcance

La gestión del alcance del proyecto comprende los procesos requeridos para asegurar que el proyecto incluya todo el trabajo necesario, y solamente el trabajo necesario, para completar el proyecto con éxito. Está relacionada principalmente con la definición y control de lo que está o no está incluido en el proyecto. (PMBOX)

A continuación se presenta una visión general de los siguientes procesos principales de la gestión del alcance del Proyecto:

1. Iniciación: autorización del proyecto o fase.
2. Planificación del alcance: desarrollo de un enunciado escrito del alcance como la base para futuras decisiones del proyecto.
3. Definición del Alcance: subdivisión de los principales entregables del proyecto en componentes más pequeños y manejables.
4. Verificación del Alcance: formalización de la aceptación del alcance del proyecto.
5. Control de Cambios del Alcance: control de los cambios al alcance del Proyecto.

### 2.2.2. Gerencia del Tiempo

La gestión de tiempos del proyecto incluye los procesos requeridos para asegurar la ejecución del proyecto en el tiempo fijado. A continuación se presenta una visión general de los siguientes procesos principales en el desarrollo del cronograma de tiempos del proyecto:

1. Definición de actividades: identificación de las actividades específicas que deben ejecutarse para producir los diversos entregables del proyecto.
2. Secuenciamiento de actividades: identificación y documentación de las relaciones de dependencia.
3. Estimación de la duración de las actividades: estimación del número de períodos laborales que se requerirán para completar las actividades individuales.
4. Desarrollo del cronograma: análisis de la secuencia de las actividades, duración de las actividades y requerimientos de recursos para crear el cronograma del proyecto.
5. Control del Cronograma: control de los cambios al cronograma del proyecto.

### 2.2.3. Gerencia del Riesgo

La gestión de riesgos es el proceso sistemático de identificación, análisis y respuesta a los riesgos del proyecto. Ello incluye maximizar las probabilidades y consecuencias de sucesos positivos y minimizar las probabilidades y consecuencias de sucesos adversos a los objetivos del proyecto. A continuación se presenta un panorama general de los siguientes procesos principales:

1. Planificación de la gestión de Riesgos: decisión acerca de cómo enfocar y planificar las actividades de gestión de riesgos para un proyecto.
2. Identificación de riesgos: determinación de que riesgos pueden afectar el proyecto y documentación de sus características.
3. Análisis Cualitativo de Riesgos: realización de un análisis cualitativo de los riesgos y las condiciones para establecer una prioridad según sus efectos sobre los objetivos del proyecto.
4. Análisis Cuantitativo de Riesgos: medición de la probabilidad y las consecuencias de los riesgos y estimación de sus implicancias en los objetivos del proyecto.
5. Planificación de la Respuesta a riesgos: desarrollo de procedimientos y técnicas para aumentar las oportunidades y reducir las amenazas a los objetivos del proyecto.

6. Supervisión y Control de Riesgos: supervisión de riesgos residuales, identificación de nuevos riesgos, ejecución de planes de reducción de riesgos y evaluación de su efectividad durante todo el ciclo de vida del proyecto.

Estos procesos interactúan recíprocamente y con los procesos en las otras áreas de conocimiento. Cada proceso puede implicar el esfuerzo de uno o más individuos o grupos de individuos, según las necesidades del proyecto. Aunque los procesos se presentan aquí como elementos discretos con interfaces bien definidas, en la práctica pueden solaparse y actuar entre sí.

# CAPITULO 3. MARCO ORGANIZACIONAL

Tecpetrol es una empresa Argentina de exploración y producción de petróleo y gas, perteneciente al Grupo Techint, con operaciones en Argentina, Venezuela, Bolivia, Ecuador, Perú y México.

La producción total de Tecpetrol en Argentina la sitúa entre las siete mejores empresas de exploración y producción en el país. Fuera de la Argentina, Tecpetrol opera la Unidad Colón, Cuenca de Maracaibo, en el oeste de Venezuela, y el Campo Bermejo, Cuenca Oriental, en Ecuador. Además, Tecpetrol participa con un 25% como socio no operador en el Área Ramos, en la Cuenca Noroeste en Argentina y con un 20% en las Áreas exploratorias Ipati, Cuenca Tarija, Bolivia.

La producción de petróleo operada actual de Tecpetrol es 23,4 millones de barriles (MBbls) por año, mientras que la producción operada de gas es 3.529 MMm3 por año. La Empresa emplea a más de 520 personas

Tecpetrol ha sido reiteradamente premiada, tanto por sus actividades específicas como por el apoyo a las comunidades donde trabaja. Entre los premios recibidos cabe destacar el Premio Carlos Pellegrini (1997 y 1999) e Idelas (1998), en reconocimiento a las acciones comunitarias desarrolladas en las zonas donde opera la Compañía, y el Premio Invertir (1996 y 1998), en reconocimiento al desarrollo de proyectos e inversión en los yacimientos Aguaragüe (Cuenca Noroeste, Argentina) y El Tordillo (Cuenca del Golfo San Jorge, Argentina) respectivamente.

## 3.1. Operaciones en Venezuela

La unidad Colón es un área de explotación petrolera localizada al suroeste del Lago de Maracaibo, con unos 3200 Km2 de extensión. Su reactivación fue asignada en 1994, en el marco del proceso de licitación de campos marginales, al consorcio

Tecpetrol-Coparex-CMS Oil & Gas, siendo Tecpetrol de Venezuela S.A. el operador de esta sociedad.

Después de una intensa actividad de perforación y reparación de pozos iniciada en 1995, el consorcio desarrolló exitosamente la tecnología de bombeo electrosumergible en campo Rosario en 1997. Los descubrimientos posteriores del yacimiento de gas y crudo en Campo Socuavo y La Palma han abierto amplias perspectivas a la expansión operacional del área, y han contribuido a incrementar y mantener sustancialmente la actividad petrolera de la zona, generando una importante cantidad de puestos de trabajo directos e indirectos.

Tanto para el despliegue de las actividades de operación iniciales como para las actuales, se han efectuado estudios ambientales no sólo para obtener los debidos permisos de las autoridades venezolanas, sino también en procura de una convivencia armónica y respetuosa con el entorno natural, social y cultural.

## 3.2. Invertir en la Gente

La Filosofía de inversión social aplicada por el consorcio en la Unidad Colón es la misma que identifica a Tecpetrol en sus actividades en el ámbito internacional. Se resume en un sencillo enunciado "Ayudamos a quien se ayuda". Lejos de ser una visión simplista, esta orientación entiende la labor comunitaria como un fin en sí mismo, desde un esquema de coparticipación y desarrollo auto-sustentable.

## 3.3. Reconocimiento Internacional

Durante la entrega de los World Petroleum Congress Excellence Awards, en el 2002, Tecpetrol fue premiada en la categoría Responsabilidad Social por su plan de acción con las comunidades indígenas en el norte de la República de Argentina, modelo similar que ahora el consorcio operado por Tecpetrol pone en marcha en la Unidad Colón. En tal sentido, la relación con la Etnia Barí parte de un conocimiento previo y

respeto mutuo, que considera aspectos socioeconómicos, culturales y necesidades específicas, a partir de los cuales se ejecutan proyectos orientados a contribuir al desarrollo sustentable de las poblaciones involucradas.

## 3.4 Lineamientos Estratégicos

Tecpetrol no posee una definición formal, como tal, de sus lineamientos estratégicos (Misión, Visión, Valores, etc.), más sin embargo desarrolló un documento que es el resultado de un proceso de reflexión interna y está elaborado con el fin de ser un instrumento práctico que acompañe su gestión. Las ideas contenidas en este documento permiten identificar su manera de pensar:

***Así Pensamos*** (www.tecpetrol.com, 2001)

Tecpetrol es una organización que busca la excelencia a través de la confianza.

**Compromiso Interno**

En Tecpetrol honramos la confianza que la Empresa y sus accionistas depositan en nosotros y trabajamos para proteger sus activos.
Confianza significa decir la verdad, saber escuchar y respetar al otro.
En Tecpetrol esperamos la verdad, toda la verdad y rápido.
A nuestros colaboradores les exigimos no ocultar información, ni brindar información errónea.
Nos comprometemos a escuchar.
Respetar es estar abierto y entender las razones de los demás.
Buscamos consistencia entre lo que se dice y lo que se hace.

Quienes formamos Tecpetrol estamos comprometidos a brindar nuestros mejores talentos por la Empresa, para trabajar en equipo, compartir nuestra capacidad e impulsar el crecimiento de quienes trabajan con nosotros.

Compromiso significa tener puesta la camiseta.

Trabajo en equipo quiere decir pensar juntos, integrarse, divertirse y cooperar.

Esperamos honestidad intelectual para pensar más allá de la propia conveniencia.

El éxito se logra con nuestros mejores esfuerzos aplicados de manera inteligente y responsable. Evaluamos a nuestros colaboradores por la disposición a brindar su máxima capacidad a la Empresa.

Pedimos los mejores esfuerzos para lograr los mejores resultados.

Esperamos que todos empujen, siempre.

Requerimos colaboradores que hagan los deberes y que sean buenas personas.

**Compromiso Externo**

Nos comprometemos a implementar las prácticas que garanticen la seguridad de nuestro personal y la de terceros y la adecuada protección del medio ambiente.

Realizamos nuestro trabajo comunitario como un fin en sí mismo y contribuimos al desarrollo de las comunidades en las que operamos.

Actuamos sin paternalismo y ayudamos a quien se ayuda.

Los contratistas y proveedores de Tecpetrol deben actuar bajo los mismos principios que guían la calidad y exigencia de nuestro trabajo.

El trato con ellos debe ser justo y equitativo.

Nuestros contratistas y proveedores deben actuar como lo haríamos nosotros.

En Tecpetrol cuidamos los intereses de nuestros socios como si fueran nuestros propios intereses.

Los integrantes de Tecpetrol no aceptamos reconocimientos o gratificaciones que pudieran constituir una influencia indebida sobre nuestro criterio profesional.

Nos abstenemos de actuar en situaciones que puedan implicar un conflicto entre los intereses de la organización y los personales.

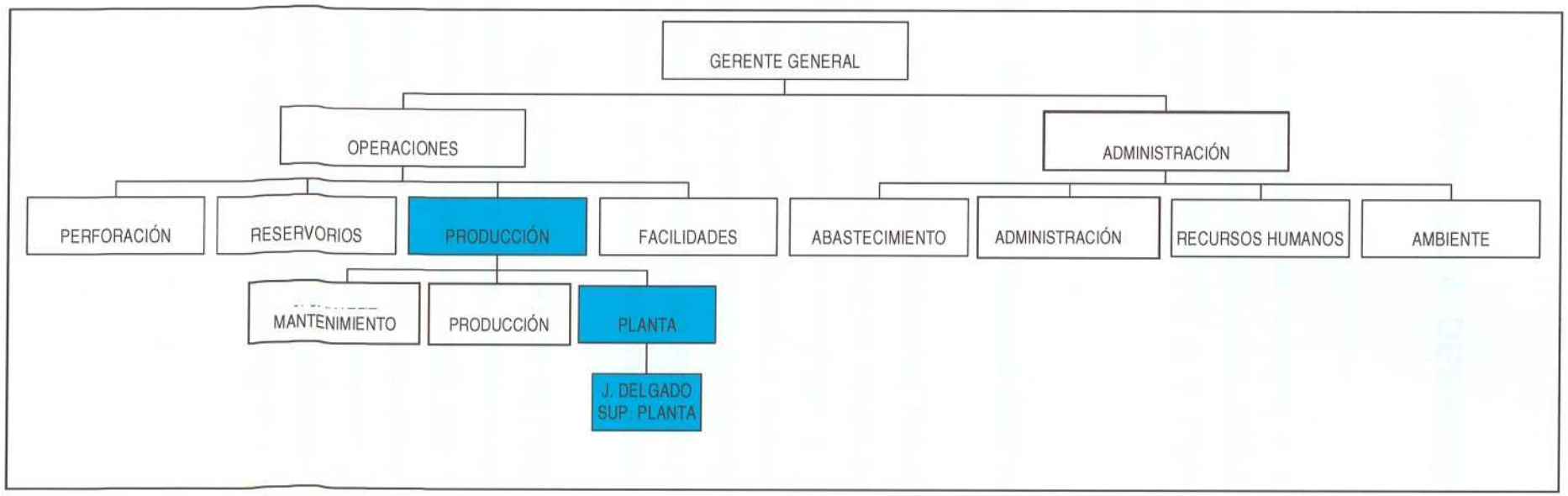
Nos comprometemos a cumplir la ley y a mantener relaciones transparentes con terceros y con el sector público.

Nuestras prácticas comerciales se basan en la competencia y en la cooperación abierta. Miramos primero el espíritu y mucho después la letra.

***Cumplimos con estos compromisos porque así pensamos***

En la Figura 2 está representada la estructura organizacional de la empresa Tecpetrol de Venezuela. La Gerencia que está directamente involucrada con el Proyecto es la de Producción, sin embargo, nos apoyaremos en la Gerencia de Facilidades, ya que ellos poseen el equipo de Proyectos, y por ende se encargan de Gerenciar y llevar a cabo las Obras que se requieren en Campo.

*Figura 2. Estructura organizacional de tecpetrol de Venezuela*




(Fuente: www.tecpetrol.com, 2004)

# CAPITULO 4. DESARROLLO DEL PROYECTO

A continuación se presenta el desarrollo integral de los puntos que conforman los Planes Gerenciales del Alcance, Tiempo y Riesgo para la Dirección del Proyecto de Ampliación de la Planta de Tratamiento de Agua de Campo Rosario.

## 4.1. Gerencia del Alcance del Proyecto

La Gestión del Alcance del Proyecto comprende los procesos requeridos para asegurar que el proyecto incluya todo el trabajo necesario, y solamente el trabajo necesario, para completar el proyecto con éxito. Está relacionada principalmente con la definición y control de lo que está o no está incluido en el proyecto. El presente trabajo de Investigación abarca las etapas de Iniciación, Planificación y Desarrollo del Alcance, y detalla como se debe llevar a cabo la Verificación del Alcance y el Control de cambios en el Alcance.

Esta Gerencia o Gestión de Proyecto, es una de las más importantes y fundamentales entre todas, debido a que las salidas de esta gestión alimentan, prácticamente, a todas las demás, esto quiere decir que una errada o deficiente definición del alcance llevaría al proyecto a un fracaso inminente. A continuación se detallan cada una de los procesos principales de la gestión del alcance del proyecto de "Ampliación de la capacidad de la planta de tratamiento de agua en la estación Campo Rosario de 45.000 BPD a 75.000 BPD"

### 4.1.1. Iniciación

- **DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

Aumentar la capacidad de la planta de tratamiento de agua en la estación Campo Rosario de 45.000 BPD a 75.000 BPD.

- **DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO**

Con la finalidad de aumentar la capacidad de la planta de tratamiento de agua en la estación Campo Rosario de 45.000 BPD a 75.000 BPD se requiere instalar equipos que tengan la capacidad volumétrica y la eficiencia necesaria para manejar el volumen de agua adicional y tratarlo bajo los parámetros exigidos por los órganos del estado con competencia en materia ambiental.

En este proceso se requiere de: Un Tanque Cortador o Lavador en donde se lleve a cabo la separación primaria entre el crudo y el agua, Equipos o recipientes en donde se lleve a cabo el desnatado y/o separación secundaria de la partículas de crudo remanentes en el agua y otras sustancias químicas no deseadas, Bombas para el manejo de crudo, Bombas para el manejo de agua y Bombas para el manejo del crudo recuperado de los equipos de separación secundaria conocido como "sloop".

- **UBICACIÓN DE LAS INSTALACIONES**

Estación Campo Rosario, ubicada en el Municipio Jesús Maria Semprun del Estado Zulia.

Coordenadas UTM
Norte: 1.017.870,900
Este: 768.269,899

- **SITUACIÓN ACTUAL**

La estación Campo Rosario procesa actualmente 36.000 BPD de crudo húmedo de aproximadamente 27°API y un corte de agua del 90%. Para el procesamiento del crudo, procedente de los pozos, se dispone de un Tanque de prueba o de medición de 5.000 Bbls de capacidad, un (1) Tanque de Lavado de 20.000 Bbls de capacidad y un Tanque de Producción de 10.000 Bbls de capacidad. Así mismo se cuenta con dos (2) recipientes desnatadores con una capacidad de 25.000 BPD cada uno, tres (3) Celdas de Flotación por gas/aire inducido de 15.000 BPD de capacidad cada una, dos (2) trenes de tres (3) piscinas cada uno, seis (6) fosas para el tratamiento del agua de formación y cinco (5) bombas centrifugas para la disposición del agua hacia el Río Catatumbo, operando bajo el esquema de cuatro en funcionamiento y una en reserva.

La adición de producción proveniente del área La Palma incrementa la cantidad de crudo a procesar hasta 98.600 BPD de crudo húmedo con aproximadamente 75.000 BPD de agua de formación para ser tratada y bombeada hacia el Río Catatumbo, razón por la cual es necesario ampliar la capacidad de separación, tratamiento y disposición de la Estación Campo Rosario.

- **DIRECTOR DEL PROYECTO**

El director del proyecto asignado por el Gerente de Facilidades de Tecpetrol de Venezuela es el Ing. Civil Rodolfo Arrieta, quien tiene una experiencia de más de veinte años trabajando en la Industria Petrolera en Proyectos de Construcción.

- **RESTRICCIONES**

Debido a la pronta campaña de perforaciones de los nuevos pozos en el Campo de la Palma se requiere que el proyecto sea culminado en un lapso de tiempo de nueve meses y dentro de un presupuesto de 4.900 MMBs.

### 4.1.2. Planificación del Alcance

En esta etapa se llevó a cabo el juicio de expertos para poder elaborar la Enunciación del Alcance. En el momento de Visualizar la necesidad, a futuro, de manejar un mayor caudal de agua y crudo debido a la Perforación de nuevos pozos se manejaron dos alternativas: Una nueva Planta de Tratamiento en la estación la Palma o la Ampliación de la estación Rosario.

La Planta de Tratamiento nueva incluía a los mismos equipos a utilizar en la Ampliación de Rosario y adicionalmente se tenían que construir una serie de Piscinas de Tratamiento (Enfriamiento y Oxidación Biológica) hecho que convertía a esta opción a la que involucraba un mayor presupuesto entre las dos. Adicionalmente, el hecho de construir una nueva planta de tratamiento requiere la aprobación de una permisología muy difícil de conseguir debido a que involucra aspectos del medio ambiente. Debido a las razones expuestas y a la Confiabilidad de los equipos de la planta de tratamiento existente, se tomó la decisión de Ampliar la Planta de Tratamiento de Agua de la Estación Rosario en equipos similares a los ya instalados.

#### 4.1.2.1. Enunciación del Alcance

- **JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

El plan actual para incremento de la producción de crudo total neto en la Unidad Colon contempla alcanzar y mantener un nivel de producción de 21.000 BPD, lo cual implica manejar aproximadamente 75.000 BPD de agua. Sin embargo, la capacidad de la planta de tratamiento de agua Estación Campo Rosario se encuentra limitada por las razones antes expuestas, por lo que se requiere ejecutar el presente proyecto, cuyo objetivo persigue ampliar la capacidad

de separación, tratamiento y bombeo de agua de formación al Río Catatumbo y crudo hacia la estación La Colina.

- **PRODUCTO DEL PROYECTO**

Se instalará un (1) Tanque de Lavado T-203 A de 20.000 Bbls. para el proceso de separación primaria del agua / crudo, un (1) Recipiente Vertical Desnatador S-02 A de 25.000 BPD de capacidad, dos (2) Celdas de Flotación por gas/aire inducido S-05 A/B de 15.000 BPD de capacidad cada una y ocho (8) bombas centrifugas distribuidas en: Tres(3) bombas horizontales multi-etapas de 10.000 BPD de capacidad, dos (2) para bombear agua al Río Catatumbo y una (1) para el despacho de crudo hacia la estación la Colina. Cuatro (4) bombas verticales API para las piscinas de tratamiento y un (1) bomba centrífuga horizontal para la transferencia de crudo desde el tanque de prueba al tanque de lavado. Estas bombas y los demás equipos serán instalados con sus facilidades civiles, mecánicas, eléctricas y de instrumentación.

La instalación e interconexión de estos equipos entre sí y con los ya existentes conforman la Ampliación de la Capacidad de la Planta de Tratamiento de agua de Campo Rosario, lo cual va a permitir manejar el volumen adicional de agua de formación de los nuevos pozos a perforar.

- **ENTREGABLES DEL PROYECTO**

1. Tanque de Lavado de 20.000 Bbls. de capacidad con sus componentes de seguridad y de control.
2. Recipiente Vertical Desnatador de 25.000 BPD de capacidad con sus accesorios y facilidades de instrumentación y control y eléctricas.
3. Dos (2) Celdas de Flotación por gas/aire inducido de 15.000 BPD de capacidad con dos (2) Bombas centrifugas cada una y sus conexiones y facilidades de instrumentación y control, eléctricas y mecánicas.

4. Dos (2) Bombas Horizontales multi-etapas de 10.000 BPD de capacidad, para bombear agua al Río Catatumbo con sus conexiones y facilidades de instrumentación y control, eléctricas y mecánicas.
5. Una (1) Bomba Horizontal multi-etapa de 10.000 BPD de capacidad para el despacho de crudo hacia la estación la Colina con sus conexiones y facilidades de instrumentación y control, eléctricas y mecánicas.
6. Cuatro (4) Bombas Verticales API para las piscinas de tratamiento con sus conexiones y facilidades de instrumentación y control, eléctricas y mecánicas.
7. Una (1) Bomba Centrifuga Horizontal para la transferencia de crudo desde el tanque de prueba al tanque de lavado con sus conexiones y facilidades de instrumentación y control, eléctricas y mecánicas.
8. Sistema de Tuberías y Válvulas para la interconexión de los nuevos equipos entre ellos mismos y con los ya existentes.

- **OBJETIVOS DEL PROYECTO**

1. Culminar el Proyecto en un plazo no mayor de 9 meses.
2. Concluir la Obra dentro del presupuesto estimado (4.900 MMBs.)
3. Culminar el Proyecto con los más altos estándares de Calidad.
4. Obtener resultados similares o mejores, con los equipos instalados en el presente Proyecto de Ampliación, a los que se logran actualmente en la planta de tratamiento en cuanto a la deshidratación del crudo y al tratamiento del agua.

### 4.1.2.2. Gestión del Alcance

El alcance del proyecto será gestionado respetando la Estructura Desagregada del Trabajo propuesta en la Definición del Alcance. El Gerente del proyecto tendrá la facultad de decidir sobre cambios menores tales como

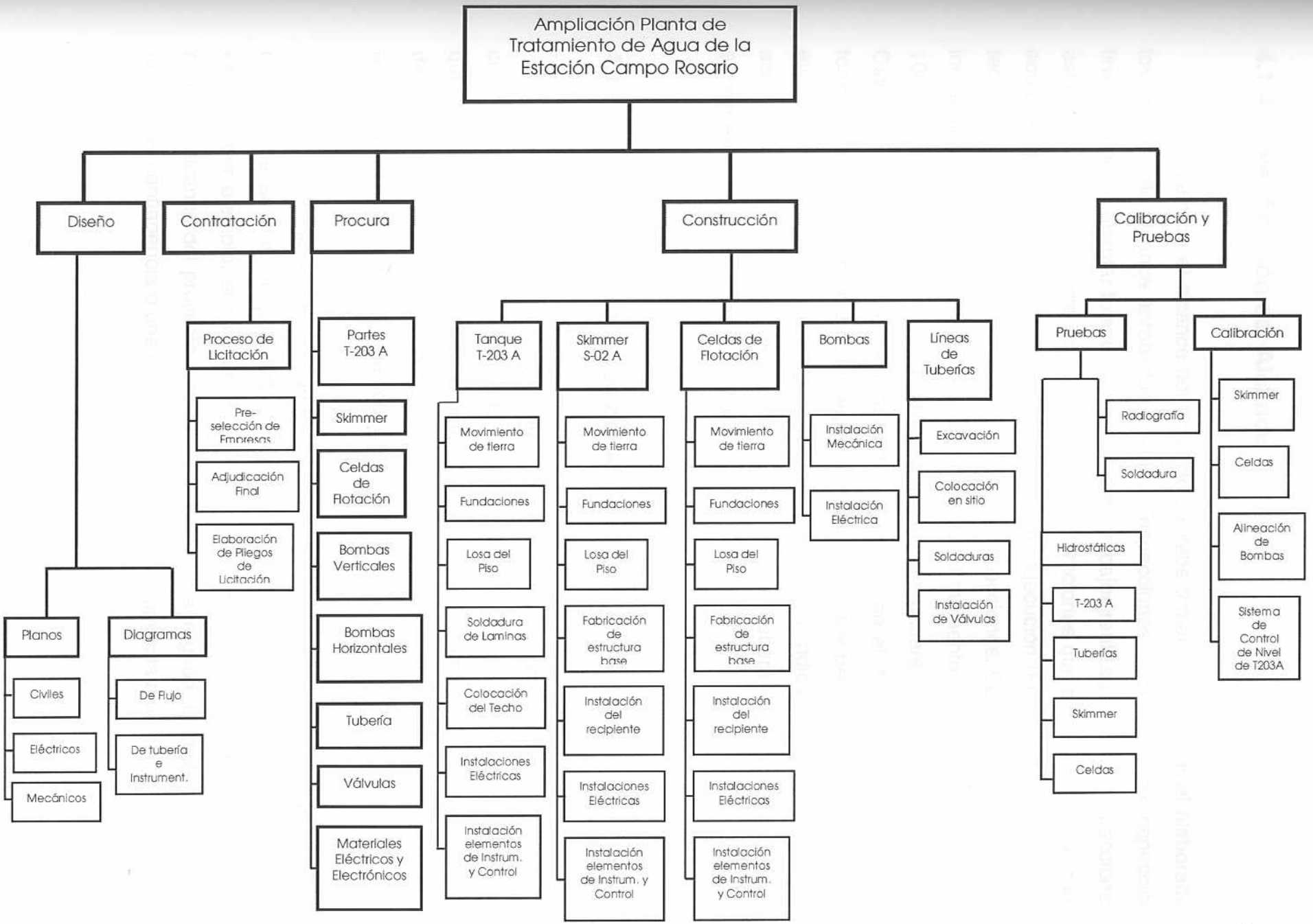
(Cambios de ruta de tuberías, ubicación de equipos, entre otros) los cambios mayores en la ejecución deberán ser analizados en conjunto entre Empresa Ejecutora, el Gerente del Proyecto y el Gerente de Facilidades.

Los cambios aprobados deben documentarse en el Plan de Ejecución del Proyecto (PEP) y deben ser tomados en cuenta en los Planos "Como Construidos".

### 4.1.3 Estructura Desagregada del Trabajo

Teniendo en consideración los entregables del proyecto, y también la estructuración de algunos proyectos históricos de la empresa, se llevó a cabo La Estructura Desagregada del Trabajo de Ampliación de la Planta de Tratamiento de Campo Rosario. En la Figura 3 se puede observar que el proyecto esta dividido en seis grandes etapas: Diseño, Contratación, Procura, Construcción y Calibración y Pruebas.

**Figura 3. Estructura Desagregada del Trabajo**



### 4.1.4. Verificación del Alcance

Para verificar el alcance del proyecto se debe tomar la EDT original elaborada, los cambios de alcance aprobados y realizar inspecciones parciales y una inspección final para poder aceptar total o parcialmente los trabajos realizados. Estas inspecciones están ligadas directamente con las pruebas y calibraciones que se deben realizar a los equipos instalados. En el Cronograma Maestro de Ejecución (Figura 4) se detallan las fechas en las cuales se deben llevar a cabo las inspecciones. Como se puede apreciar los equipos deben inspeccionarse, por separado, al momento que ya están en sitio y 100% instalados y se debe hacer una inspección general luego de la Fase de Calibraciones y pruebas respectivas. Adicionalmente, en el Anexo A se presenta un formato de inspección final de un equipo en general. Cabe destacar, que si el equipo evaluado no cumpliese con alguno de los parámetros indicados no se emitirá la aceptación del equipo y por ende la Contratista deberá corregir la(s) falla(s) encontradas para luego volver a inspeccionar el equipo.

### 4.1.5. Control de Cambios del Alcance(PMBOX)

El control de cambios del alcance debe estar ligado con los otros procesos de control (tiempos, costos, calidad, etc.) y esta relacionado con a) influir en los factores que crean cambios en el alcance para asegurar que los cambios sean acordados; b) determinar cuándo se ha producido un cambio del alcance y administrar los cambios reales cuando ocurren, si es que ocurren.

Este proceso se alimenta de los informes de rendimiento y los requerimientos de cambio que se definan por distintas causas, entre las cuales tenemos: un evento externo (por ejemplo, el cambio de una regulación ambiental), un error u omisión al definir el alcance del proyecto, un cambio en el valor agregado, la implementación de un plan de contingencia o una solución alternativa en respuesta a un riesgo, entre otros.

Estos cambios identificados y/o requeridos, deben manejarse como se detalla en el punto 4.1.2.2, en lo referente a los niveles de aprobación. Un mal manejo en el Control de Cambios del Alcance puede producir, dependiendo de la magnitud del cambio y la etapa en donde se presente, el fracaso del proyecto. Luego de aceptado el cambio debe documentarse, incluirse en la EDT del proyecto y pasar a evaluarlo en el Control Integrado de Cambios del Proyecto para ejercer las acciones necesarias para que sea tomado en cuenta en las demás Gerencias de control del Proyecto.

## 4.2. Gerencia del Tiempo

La gestión de tiempos del proyecto incluye los procesos requeridos para asegurar la ejecución del proyecto en el tiempo fijado. Esta gerencia está fuertemente ligada a la Gerencia de Costos debido a que dependiendo de la cantidad de recursos que se asignen, el Cronograma del Proyecto puede variar en la duración y en la secuencia de las actividades. Es importante destacar que se van a planificar las actividades con el supuesto de tener recursos ilimitados, esto debido a que la elaboración de la Gestión de Costos no está incluida en el alcance del presente trabajo de investigación. No obstante, la Gerencia de Facilidades ofreció a la Gerencia General que el Proyecto se culminaría en un período de nueve (9) meses, siendo este lapso de tiempo un estimado de clase "V" obtenido por el juicio de expertos y por datos históricos de Proyectos similares llevados a cabo en la planta de tratamiento.

A continuación se presenta en forma detallada cada uno de los procesos que integran la gestión del tiempo en el proyecto de "Ampliación de la Capacidad de la Planta de Tratamiento de Agua en la Estación Campo Rosario de 45.000 BPD a 75.000 BPD"

### 4.2.1. Definición de actividades

Las actividades se van a definir basándonos en la Estructura Desagregada del Trabajo (Figura 3), mediante la Técnica de Descomposición. Para ello se descompuso la EDT en actividades medibles y a las cuales se les puede asignar recursos. En la Tabla 1 se puede detallar la Lista de Actividades del Proyecto. Es importante destacar que siempre se recomienda lograr un nivel de adecuado de desagregación que permita ejercer el control y seguimiento de las actividades.

### 4.2.2. Secuencia de actividades

La identificación y documentación de las relaciones lógicas entre las actividades incluidas en el proyecto se van a llevar a cabo tomando en cuenta dependencias obligatorias, las cuales fueron determinadas tomando en cuenta la data de proyectos anteriores mediante la técnica de juicio de expertos. A continuación se presenta un ejemplo del criterio utilizado en una de las actividades:

Para construir el Skimmer S-02 A se debe comprar el equipo y transportarlo al lugar de la obra, luego hay que llevar a cabo el replanteo en el área en donde se va a instalar, seguidamente hay que excavar y fabricar las fundaciones, luego se debe construir la losa del piso y la base del recipiente e instalar este último. Como siguiente paso, se tiene que realizar todo lo necesario para instalar el Skimmer eléctrica e instrumentalmente. Por último, hay que realizarle una prueba hidrostática al recipiente y llevar a cabo la Calibración y puesta a punto del equipo para verificar su funcionamiento.

Como se puede apreciar, el secuenciamiento de estas actividades responde a un orden lógico para el montaje de cualquier equipo en general en el cual se debe primero instalar las bases, luego el equipo y por último sus facilidades. La secuencia de las actividades se puede observar en el cronograma final elaborado (Anexo B).

### 4.2.3. Estimación de la duración de las actividades

En Tecpetrol de Venezuela no se elaboran cronogramas de actividades para los distintos proyectos que se ejecutan, usualmente, se le solicita a las empresas Contratistas de Ingeniería que van a participar en la Licitación, un documento en el cual se especifique el Cronograma de las actividades que conforman la Fase de Ejecución.

Para llevar a cabo la estimación de la duración de las actividades de la presente investigación se utilizó información histórica, específicamente documentos de proyectos y el conocimiento del equipo de trabajo. El Juicio de expertos y estimaciones análogas fueron las técnicas empleadas para definir las duraciones de las actividades que conforman el Proyecto.

En la mayoría de las tareas se utilizaron estimaciones análogas debido a que son actividades similares a las que se llevaron a cabo en la instalación de los equipos existentes en la Planta de tratamiento que se desea ampliar. Estas estimaciones se dividieron en tres columnas; valor favorable, más probable y desfavorable, esto para indicar un rango en el cual la actividad puede variar. Estos datos, en parte, nos van a ayudar a llevar a cabo el Cronograma de actividades y *a posteriori* nos van a ser útiles para llevar a cabo el Plan de Gerencia del Riesgo. A continuación en la Tabla 1 se presentan las actividades del Proyecto con sus respectivas duraciones.

**TABLA 1. Lista de Actividades y Duraciones**

| | DURACIÓN (Días) | | |
|---|---|---|---|
| **ACTIVIDADES** | **Favorable** | **Más probable** | **Desfavorable** |
| **1. Diseño.** | | | |
| 1.1. Planos. | | | |
| 1.1.1. Planos Civiles. | 10 | 14 | 20 |
| 1.1.2. Planos Eléctricos. | 3 | 5 | 7 |
| 1.1.3. Planos Mecánicos. | 3 | 5 | 7 |
| 1.2. Diagramas. | | | |
| 1.2.1. Diagramas de Flujo. | 2 | 3 | 4 |
| 1.2.2. Diagrama de tubería e instrumentación. | 1 | 2 | 3 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| **2. Contratación.** | | | |
| 2.1. Proceso de Licitación. | | | |
| 2.1.1. Elaboración de Pliegos de Licitación. | 1 | 2 | 3 |
| 2.1.2. Preselección de empresas. | 10 | 15 | 20 |
| 2.1.3. Adjudicación Final. | 3 | 5 | 7 |
| **3. Procura.** | | | |
| 3.1. Solicitud de Presupuestos. | 7 | 10 | 15 |
| 3.2. Evaluación de Presupuestos. | 2 | 3 | 5 |
| 3.3. Compra (Incluye transporte hasta el sitio de la obra. | | | |
| 3.3.1. Partes T-203 A. | 30 | 40 | 50 |
| 3.3.2. Skimmer. | 25 | 35 | 40 |
| 3.3.3. Celdas de Flotación. | 25 | 35 | 40 |
| 3.3.4. Bombas Verticales. | 15 | 18 | 20 |
| 3.3.5. Bombas Horizontales. | 15 | 18 | 20 |
| 3.3.6. Tuberías. | 12 | 15 | 18 |
| 3.3.7. Válvulas. | 12 | 15 | 18 |
| 3.3.8. Materiales eléctricos y electrónicos. | 15 | 20 | 25 |
| **4. Construcción.** | | | |
| 4.1. Tanque T-203 A. | | | |
| 4.1.1. Replanteo. | 1 | 2 | 3 |
| 4.1.2. Movimiento de tierras. | | | |
| 4.1.2.1. Excavación. | 10 | 15 | 20 |
| 4.1.2.2. Bote de escombros. | 1 | 2 | 3 |
| 4.1.3. Fundaciones. | 12 | 15 | 18 |
| 4.1.4. Losa del piso. | | | |
| 4.1.4.1. Vaciado. | 4 | 6 | 8 |
| 4.1.4.2. Fraguado. | 3 | 4 | 5 |
| 4.1.5. Soldadura de láminas. | 25 | 30 | 35 |
| 4.1.6. Instalación estructura interna del tanque. | | | |
| 4.1.6.1. Soldadura. | 8 | 10 | 13 |
| 4.1.6.2. Apernado de columnas bases. | 1 | 1 | 2 |
| 4.1.7. Colocación del Techo. | 3 | 4 | 6 |
| 4.1.8. Hoya del Tanque. | | | |
| 4.1.8.1. Relleno. | 5 | 7 | 10 |
| 4.1.8.2. Compactación. | 6 | 8 | 10 |
| 4.1.8.3. Asfaltado. | 1 | 2 | 3 |
| 4.1.8.4. Conformación de muros de la Hoya. | | | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 4.1.8.4.1. Relleno. | 2 | 4 | 6 |
| 4.1.8.4.2. Colocación de piedras. | 2 | 3 | 4 |
| 4.1.8.4.3. Impregnación de las piedras con asfalto. | 1 | 2 | 3 |
| 4.1.9. Instalaciones Eléctricas. | | | |
| 4.1.9.1. Excavación de zanja. | 3 | 4 | 6 |
| 4.1.9.2. Tendido enterrado de cable. | 2 | 3 | 4 |
| 4.1.9.3. Compactación con arena lavada. | 2 | 3 | 4 |
| 4.1.9.4. Vaciado de concreto. | 2 | 3 | 4 |
| 4.1.9.5. Relleno y compactación. | 2 | 3 | 4 |
| 4.1.9.6. Conexión Sistema de puesta a tierra. | 1 | 1 | 2 |
| 4.1.10. Instalación de elementos de Instrumentación y Control. | | | |
| 4.1.10.1. Válvula de control. | 1 | 1 | 2 |
| 4.1.10.2. Controlador de nivel. | 1 | 1 | 2 |
| 4.1.10.3. Interruptor de nivel. | 1 | 1 | 2 |
| 4.1.10.4. Transmisor de nivel. | 1 | 1 | 2 |
| 4.1.10.5. Visor de nivel magnético. | 1 | 1 | 2 |
| 4.1.11. Elementos del Sistema de espuma contra incendio (SCI). | | | |
| 4.1.11.1. Soportes de la tubería. | 1 | 2 | 3 |
| 4.1.11.2. Instalación de tubería. | 1 | 2 | 3 |
| 4.1.11.3. Instalación de la cámara de espuma. | 1 | 1 | 2 |
| 4.1.12. Instalación de Válvulas de Presión y Vacío. | 1 | 2 | 3 |
| 4.2. Skimmer S-02 A. | | | |
| 4.2.1. Replanteo. | 1 | 1 | 2 |
| 4.2.2. Excavación. | 1 | 2 | 4 |
| 4.2.3. Colocación de Encabillado y encofrado metálico. | 3 | 4 | 5 |
| 4.2.4. Losa del piso. | | | |
| 4.2.4.1. Vaciado. | 2 | 3 | 4 |
| 4.2.4.2. Fraguado. | 4 | 5 | 6 |
| 4.2.5. Fabricación de estructura base. | 1 | 1 | 2 |
| 4.2.6. Instalación del Recipiente. | 1 | 1 | 2 |
| 4.2.7. Instalaciones Eléctricas. | | | |
| 4.2.7.1. Excavación de Zanja. | 3 | 4 | 6 |
| 4.2.7.2. Tendido enterrado de cable. | 1 | 2 | 3 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 4.2.7.3. Compactación con arena. | 2 | 3 | 4 |
| 4.2.7.4. Vaciado de concreto. | 2 | 3 | 4 |
| 4.2.7.5. Fraguado de concreto. | 4 | 6 | 8 |
| 4.2.7.6. Instalación de gaveta en tablero de control. | 2 | 3 | 4 |
| 4.2.7.7. Conexionado. | 1 | 2 | 3 |
| 4.2.7.8. Conexión Sistema de puesta a tierra. | 4 | 5 | 7 |
| 4.2.9. Instalación de elementos de Instrumentación y Control. | | | |
| 4.2.9.1. Instalación de Líneas y Válvulas para alimentación de aire. | 4 | 6 | 7 |
| 4.2.9.2. Instalación de Manómetros y Relees. | 1 | 2 | 3 |
| 4.3. Celdas de Flotación (02). | | | |
| 4.3.1. Replanteo. | 1 | 1 | 2 |
| 4.3.2. Excavación. | 3 | 4 | 6 |
| 4.3.3. Colocación de Encabillado y encofrado metálico. | 6 | 8 | 10 |
| 4.3.4. Losa del piso. | | | |
| 4.3.4.1. Vaciado. | 4 | 6 | 7 |
| 4.3.4.2. Fraguado. | 4 | 5 | 7 |
| 4.3.5. Fabricación de estructura base. | 1 | 2 | 3 |
| 4.3.6. Instalación del Recipiente. | 1 | 2 | 3 |
| 4.3.7. Instalaciones Eléctricas. | | | |
| 4.3.7.1. Excavación de Zanja. | 6 | 8 | 10 |
| 4.3.7.2. Tendido enterrado de cable. | 3 | 4 | 5 |
| 4.3.7.3. Compactación con arena. | 5 | 6 | 7 |
| 4.3.7.4. Vaciado de concreto. | 5 | 6 | 7 |
| 4.3.7.5. Fraguado. | 8 | 10 | 12 |
| 4.3.7.6. Instalación de gaveta en tablero de control. | 4 | 6 | 8 |
| 4.3.7. Conexionado. | 2 | 3 | 4 |
| 4.3.7.8. Conexión Sistema de puesta a tierra. | 8 | 10 | 12 |
| 4.3.9. Instalación de elementos de Instrumentación y Control. | | | |
| 4.3.9.1. Instalación de Transmisores de Presión y Nivel. | 3 | 4 | 5 |
| 4.3.9.2. Instalación de líneas y válvulas para alimentación de aire. | 10 | 12 | 15 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 4.3.10. Instalación Mecánica. | | | |
| 4.3.10.1. Instalación de motor y bomba. | 1 | 2 | 3 |
| 4.4. Bombas Verticales. | | | |
| 4.4.1. Instalación Eléctrica. | | | |
| 4.4.1.1. Conexionado desde Tablero existente. | 1 | 2 | 3 |
| 4.4.2. Instalación Mecánica. | | | |
| 4.4.2.1. Instalación de motor y acople con cuerpo de la Bomba. | 2 | 4 | 6 |
| 4.4.3. Instalación de elementos de Instrumentación y Control. | | | |
| 4.4.3.1. Conexionado del sistema de control de nivel de las Fosas. | 1 | 2 | 3 |
| 4.4.3.2. Sistema de protección del motor. | 1 | 1 | 2 |
| 4.5. Bombas Horizontales. | | | |
| 4.5.1. Bomba de transferencia de crudo hacia Colina. | | | |
| 4.5.1.1. Instalación Eléctrica. | | | |
| 4.5.1.1.1. Excavación de Zanja. | 1 | 2 | 3 |
| 4.5.1.1.2. Tendido enterrado de cable. | 1 | 2 | 3 |
| 4.5.1.1.3. Instalación de Tablero de Control. | 1 | 1 | 2 |
| 4.5.1.1.4. Instalación de Arrancador e interruptor. | 1 | 1 | 2 |
| 4.5.1.2. Instalación Mecánica. | | | |
| 4.5.1.2.1. Instalación de motor y acople con cuerpo de la Bomba. | 1 | 2 | 3 |
| 4.5.1.3. Instalación de elementos de Instrumentación y Control. | | | |
| 4.5.1.3.1. Sistema de protección del motor. | 1 | 1 | 2 |
| 4.5.2. Bombas de Transferencia de agua hacia al Río Catatumbo. | | | |
| 4.5.2.1. Instalación Eléctrica. | | | |
| 4.5.2.1.1. Excavación de Zanja. | 2 | 3 | 4 |
| 4.5.2.1.2. Tendido enterrado de cable. | 2 | 3 | 4 |
| 4.5.2.1.3. Instalación de Tablero de Control. | 1 | 1 | 2 |
| 4.5.2.1.4. Instalación de Arrancador e interruptor. | 1 | 1 | 2 |
| 4.5.2.2. Instalación Mecánica. | | | |
| 4.5.2.2.1. Instalación de Base para el motor. | 1 | 2 | 3 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 4.5.2.2.2. Instalación de motor y acople con cuerpo de la Bomba. | 1 | 2 | 3 |
| 4.5.2.3. Instalación de elementos de Instrumentación y Control. | | | |
| 4.5.2.3.1. Sistema de protección del motor. | 1 | 1 | 2 |
| 4.5.3. Bomba de Achique del Tanque de Control. | | | |
| 4.5.3.1. Instalación Eléctrica. | | | |
| 4.5.3.1.1. Excavación de Zanja. | 1 | 2 | 3 |
| 4.5.3.1.2. Tendido enterrado de cable. | 1 | 2 | 3 |
| 4.5.3.1.3. Instalación de Tablero de Control. | 1 | 1 | 2 |
| 4.5.3.1.4. Instalación de Arrancador e interruptor. | 1 | 1 | 2 |
| 4.5.3.2. Instalación Mecánica. | | | |
| 4.5.3.2.1. Instalación de Base para el motor. | 1 | 1 | 2 |
| 4.5.3.2.2. Instalación de motor y acople con cuerpo de la Bomba. | 1 | 1 | 2 |
| 4.5.3.3. Instalación de elementos de Instrumentación y Control. | | | |
| 4.5.3.3.1. Sistema de protección del motor. | 1 | 1 | 2 |
| 4.6. Líneas de Tuberías. | | | |
| 4.6.1. Líneas de succión y descarga del T-203 A. | | | |
| 4.6.1.1. Colocación en zanja excavada. | 5 | 7 | 10 |
| 4.6.1.2. Soldadura. | 15 | 20 | 25 |
| 4.6.1.3. Instalación de válvulas. | 3 | 4 | 6 |
| 4.6.2. Líneas de succión y descarga del Skimmer S-02 A. | | | |
| 4.6.2.1. Colocación en sitio. | 1 | 1 | 2 |
| 4.6.2.2. Soldadura. | 3 | 5 | 7 |
| 4.6.2.3. Instalación de válvulas. | 1 | 1 | 2 |
| 4.6.3. Líneas de succión y descarga de las Celdas de Flotación. | | | |
| 4.6.3.1. Colocación en sitio. | 1 | 1 | 2 |
| 4.6.3.2. Soldadura. | 5 | 7 | 9 |
| 4.6.3.3. Instalación de válvulas. | 1 | 2 | 3 |
| 4.6.4. Líneas de succión y descarga de las Bombas Horizontales. | | | |
| 4.6.4.1. Líneas de succión y descarga de la Bomba de transferencia de crudo hacia | | | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Colina. | | | |
| 4.6.4.1.1. Colocación en sitio. | 1 | 1 | 2 |
| 4.6.4.1.2. Soldadura. | 1 | 2 | 3 |
| 4.6.4.1.3. Instalación de válvulas. | 1 | 1 | 2 |
| 4.6.4.2. Líneas de succión y descarga de la Bomba de transferencia de agua hacia el Río Catatumbo. | | | |
| 4.6.4.2.1. Colocación en sitio. | 1 | 1 | 2 |
| 4.6.4.2.2. Soldadura. | 1 | 2 | 3 |
| 4.6.4.2.3. Instalación de válvulas. | 1 | 1 | 2 |
| 4.6.4.3. Líneas de succión y descarga de la Bomba de Achique del Tanque de Control. | | | |
| 4.6.4.3.1. Colocación en sitio. | 1 | 1 | 2 |
| 4.6.4.3.2. Soldadura. | 1 | 1 | 2 |
| 4.6.4.3.3. Instalación de válvulas. | 1 | 1 | 2 |
| **5. Calibración y Pruebas.** | | | |
| 5.1. Pruebas. | | | |
| 5.1.1. Hidrostáticas. | | | |
| 5.1.1.2. Prueba H. T-203 A. | 5 | 7 | 9 |
| 5.1.1.3. Prueba H. Tuberías. | 2 | 3 | 5 |
| 5.1.1.4. Prueba H. Skimmer. | 1 | 2 | 3 |
| 5.1.1.5. Prueba H. Celdas. | 2 | 2 | 3 |
| 5.1.2. Radiografías. | | | |
| 5.1.2.1. Soldaduras. | 6 | 8 | 10 |
| 5.2. Calibración y puesta a punto. | | | |
| 5.2.1. Cal. Y puesta a punto de Skimmer. | 1 | 2 | 3 |
| 5.2.2. Cal. Y puesta a punto de Celdas. | 3 | 4 | 5 |
| 5.2.3. Cal. Y puesta a punto de Bombas. | | | |
| 5.2.3.1. Cal. y puesta a punto de Bbas. Verticales. | 1 | 2 | 3 |
| 5.2.3.2. Cal. y puesta a punto de Bbas. Horizontales. | 2 | 3 | 4 |
| 5.2.4. Calibración del Sistema de control de nivel del T-203 A. | 1 | 2 | 3 |

### 4.2.4. Desarrollo del cronograma

El cronograma del proyecto nos indica la fecha de inicio y de finalización de las actividades que conforman el proyecto. En nuestro caso, la fecha de inicio esta fijada por el equipo de proyecto y la fecha de finalización va a estar determinada por el cronograma, el cual depende, claro está, del calendario, las duraciones y la secuencia de las actividades. La elaboración del cronograma del proyecto responde a los siguientes objetivos:

1. Establecer compromisos de inicio y terminación.
2. Identificación de eventos claves.
3. Identificación de interdependencias entre actividades.
4. Detección anticipada de áreas potencialmente conflictivas.
5. Análisis de los escenarios/opciones de contingencia.
6. Mejorar la comunicación entre el personal de proyecto.
7. Apoyar al sistema de información del proyecto.

A continuación se presentan las consideraciones y aspectos tomados en cuenta para la elaboración del cronograma:

- **Día de inicio:** se iniciaron las actividades el lunes 9 de Octubre de 2006.
- **Calendario:** se va a trabajar de lunes a viernes en una jornada de ocho horas diarias, a excepción de los días feriados nacionales y regionales.
- **Restricciones:** el Proyecto no debe durar más de nueve meses.
- **Adelantos y retrasos:** algunas actividades tienen relación de adelanto o retraso con respecto a otra actividad, como por ejemplo, la actividad de fraguado de concreto debe iniciar un día después de iniciado el vaciado de concreto y debe culminar cuatro días después del ultimo día de vaciado.

El día de inicio del proyecto, las relaciones de dependencia, la secuencia y duración de las actividades y el calendario, se introdujeron en el Software de dirección

de proyectos de Microsoft Project® dando como resultado el Cronograma del Proyecto, el camino crítico y el día de culminación de la obra.

En el Anexo B se presenta el Cronograma del Proyecto en la forma del gráfico de barras o Diagrama Gantt del Proyecto. Como se puede apreciar, el proyecto culminaría el 2 de Mayo de 2007, con una duración de 145 días hábiles, o seis meses y veinticuatro días, duración que cumple con la restricción dada por la Gerencia de máximo nueve meses. Esta diferencia también nos confirma que la duración propuesta por la Gerencia de Facilidades de nueve meses se excedió en dos meses y seis días de la obtenida por el Cronograma, hecho que evidencia una errónea estimación y la necesidad de utilizar prácticas y herramientas empleadas en la Gerencia de Proyectos.

La ruta que requiere mayor atención por parte del equipo de trabajo es el camino crítico y esta identificada por las actividades que están en color rojo. Como se puede apreciar en el Anexo B, la etapa de Diseño y la de Procura, específicamente en la Solicitud de Presupuestos y la Compra de los componentes del T-203 A, en adición a la etapa de Construcción del Tanque T-203 A y la realización de la Calibración y pruebas correspondientes, conforman la ruta crítica del Proyecto, lo cual nos alerta, en una etapa temprana de Planificación, a ponerle especial cuidado a los trabajos que involucran al T- 203 A., el cual, es el entregable de mayor importancia en el proyecto.

Ahora bien, existe un instrumento que relaciona las actividades críticas con las actividades totales, y dependiendo de su valor se puede caracterizar, a priori, al proyecto, en cuanto a la probabilidad que tiene de culminar en la fecha programada. En el presente proyecto se pueden visualizar diez y seis (16) actividades críticas de un total de 195, por lo cual, aplicando la fórmula de índice de severidad se tiene lo siguiente:

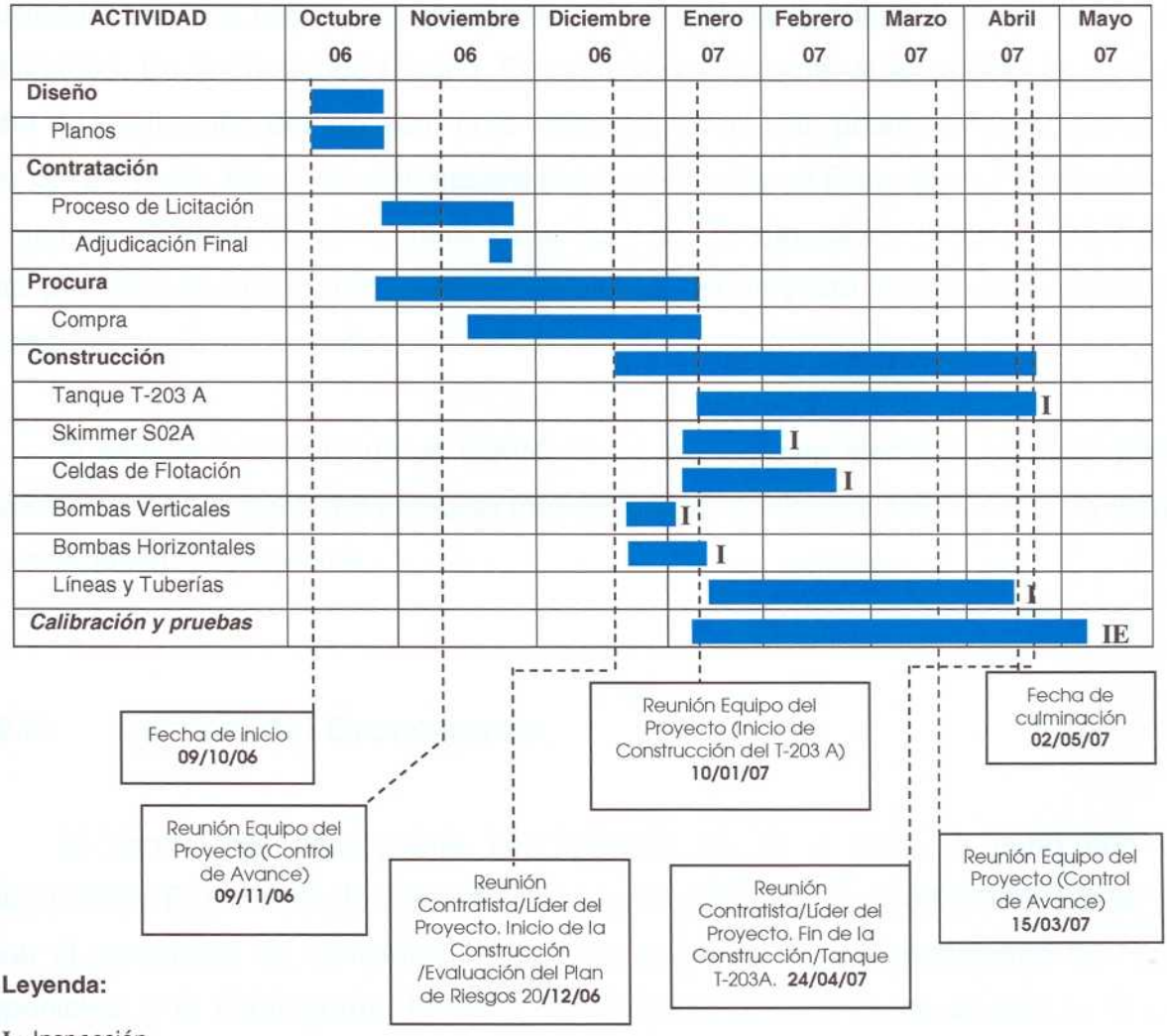
$$\text{Índice de Severidad} = \frac{\text{Número de Actividades Críticas} \times 100}{\text{Número de Actividades Totales}}$$

$$\text{Índice de Severidad} = \frac{16}{195} \times 100 = 8.2\%$$

Este valor nos indica que existe cierta flexibilidad en la red del proyecto y también una "Alta "probabilidad de que el proyecto culmine en la fecha programada.

Adicional al Cronograma de Ejecución o Diagrama de Gantt existe otra herramienta que nos permite controlar y monitorear el Proyecto teniendo en cuenta eventos claves. El Cronograma Maestro del Proyecto es un instrumento que debe contener: a) Eventos Claves, b) Reuniones Gerenciales, c) Fechas de inicio y terminación y el Diagrama de Barras o eventos, entre otros. En la Figura 4 se presenta el Cronograma Maestro del Proyecto de Ampliación de la Planta de Tratamiento de Campo Rosario.

**Figura 4. Cronograma Maestro del Proyecto**




**Leyenda:**

**I**= Inspección.
**IE**= Inspección General de Equipos.

### 4.2.5. Plan de Gestión de Tiempos

Diariamente un integrante del equipo de proyecto (Planificador) debe actualizar el Cronograma del Proyecto y compararlo con la línea Base planificada, el resultado de dicha comparación debe ser notificada al Gerente del Proyecto para que tome o consulte al resto del equipo de proyecto las acciones correctivas a tomar, de ser necesario. Adicionalmente, el Planificador debe ser garante de que se cumplan las reuniones y eventos claves pautados.

Desde el día de inicio del proyecto se debe respetar el Cronograma elaborado para el cumplimiento de las actividades, a excepción de que; por factores de mayor eficiencia del grupo de trabajo o por retrasos en actividades que se conozcan con anticipado, se deba realizar un cambio en la fecha de inicio o duración de una o varias actividades. En las fases de Diseño, Contratación y Procura, si el cambio no afecta la fecha de finalización del proyecto ni la criticidad del mismo, podrá ser aprobado por el líder del proyecto, de no ser así, deberá ser discutido con el Gerente de Facilidades. En el caso de presentarse un cambio en la fase de Construcción, el contratista deberá estar presente en las reuniones tanto con el líder del proyecto como con el gerente de facilidades, según se amerite.

Si llegase a ocurrir que un cambio en el cronograma afecte el lapso de tiempo máximo para la duración del proyecto (nueve meses) se deberá llevar a cabo la técnica de aceleración de proyectos.

### 4.2.6. Control del Cronograma

El control del cronograma del proyecto se va a llevar a cabo con dos instrumentos: El software de dirección de proyecto Microsoft Project® en el cual se va a llevar el porcentaje de completación de cada actividad y otros parámetros de control disponibles, y el Cronograma Maestro del Proyecto (Figura 4), en el cual se lleva el control de avance de las actividades resumen mas importantes y significativas para el

proyecto, la realización de reuniones del equipo de proyecto en fechas claves y las fechas de las inspecciones a los equipos a instalar. Como resultado de este seguimiento se podrían obtener los siguientes puntos: (PMBOX)

1. Actualizaciones del cronograma. Una actualización del cronograma es cualquier modificación a la información del cronograma usado para administrar el proyecto, debiendo notificarse, según sea necesario, a los interesados apropiados. Las actualizaciones del cronograma pueden o no requerir ajustes a otros aspectos del plan del proyecto. Las revisiones son una categoría especial de actualizaciones del cronograma. Las revisiones son cambios a las fechas de inicio y finalización del cronograma en el cronograma aprobado del proyecto. Estos cambios son generalmente incorporados en respuesta a cambios de alcance o cambios de las estimaciones. En algunos casos, las demoras en el cronograma pueden ser tan severas que se requiere una re-planificación que provea de datos realistas para medir el rendimiento. Sin embargo, esta acción debería usarse como último recurso para controlar el cronograma. La planificación de nuevas fechas debería ser el modo normal de las revisiones del cronograma.

2. Acciones correctivas. Una acción correctiva es cualquier tipo de acción realizada para alinear el rendimiento futuro del proyecto con el plan del proyecto. Las acciones correctivas en el área de gestión de tiempos a menudo implican aceleraciones: acciones especiales tomadas para asegurar la finalización de una actividad en tiempo con la menor demora posible.

3. Lecciones aprendidas. Las causas de las variaciones, los fundamentos detrás de las acciones correctivas elegidas y otros tipos de lecciones aprendidas del control del cronograma deberían ser documentados, de modo que pasen a ser parte de la base de datos históricos para éste y otros proyectos de la empresa.

## 4.3. Gerencia de los Riesgos

La Gerencia de Riesgos, como ya se indicó en el marco teórico, es el proceso sistemático de identificación, análisis y respuesta a los riesgos del proyecto. Ello incluye maximizar las probabilidades y consecuencias de sucesos positivos y minimizar las probabilidades y consecuencias de sucesos adversos a los objetivos del proyecto.

Este proceso va a ser supervisado y liderizado por el Gerente del Proyecto Ing. Rodolfo Arrieta y debe ser consultado con los Gerentes de línea de Tecpetrol de Venezuela en las actividades de Diseño, Procura y Contratación y también con el Contratista que gane el Proceso Licitatorio para la Construcción.

En la actualidad, la empresa no posee una Política de Gestión de Riesgos como tal, en general, el riesgo se ha venido manejando de una forma reactiva más que preventiva, es decir, no se ha tomado en cuenta la gestión de riesgos a nivel de las fases de visualización, conceptualización y desarrollo **(Front End Loading)** como generalmente lo hacen las empresas de clase mundial.

La importancia de la elaboración de la Gestión de Riesgos en el presente trabajo de investigación radica en el hecho de poder implementar en el Proyecto de Ampliación de la Planta de Tratamiento de Agua de Campo Rosario, y en proyectos futuros, una metodología que permita evaluar el impacto de los riesgos que se puedan presentar (técnicos, de gestión, de la organización y externos) y así poder planificar en tiempo y forma un Plan de Respuesta a estos riesgos que incluya las acciones preventivas y/o correctivas a tomar. Como ya se nombró arriba, la elaboración del Plan de Gestión de Riesgos representaría una innovación metodológica en Tecpetrol de Venezuela.

### 4.3.1. Plan de Gestión del Riesgo

A continuación se presenta el Plan de gestión del Riesgo del Proyecto, en el cual se define como se va a estructurar y llevar a cabo la identificación, el análisis

cuantitativo y cualitativo, la planificación de la respuesta y la supervisión y control de los riesgos durante el ciclo de vida del proyecto.

- METODOLOGIA: Se deben llevar a cabo reuniones entre el líder del Proyecto y los Gerentes de línea de Tecpetrol de Venezuela (Producción, Facilidades, Abastecimiento y Seguridad, Higiene y Ambiente) para recabar información y puntos de vista en cuanto a los posibles Riesgos que pueden presentarse a lo largo del Proyecto y las posibles acciones para controlarlos. De esta tormenta de ideas se deben identificar los Riesgos y proponer acciones para prevenir los perjudiciales y lograr que ocurran los que podrían beneficiar al proyecto.

  Para el análisis cualitativo de los riesgos se recomienda emplear la Matriz de probabilidad e impacto como herramienta debido a que se le asigna calificaciones de riesgo (muy bajo, bajo, moderado, alto y muy alto) a riesgos o condiciones basándose en la combinación de escalas de probabilidad e impacto. Riesgos con alta probabilidad y alto impacto probablemente requieran un análisis adicional, incluyendo la cuantificación y una gestión de riesgos agresiva. Para el análisis cuantitativo, se aconseja hacer uso de de la técnica de Simulación de Montecarlo ya que se estaría utilizando un modelo que traduce las incertidumbres especificadas a un nivel detallado en su impacto potencial en los objetivos, que están expresados a nivel de todo el proyecto. Para este análisis se utiliza la EDT (Actividades resumen y la totalidad de las que forman parte de la ruta crítica) y la tabla de duraciones de actividades.

  El Plan de respuesta a los Riesgos se obtendrá luego de conocer el análisis cuantitativo y cualitativo de los riesgos identificados, mediante la aplicación de diferentes estrategias de respuesta, entre los cuales se tienen: Evitación, Transferencia, Mitigacion o Aceptación.

- Puntaje e interpretación: Tomando en cuenta la recomendación del PMBok, se va a asumir una escala de probabilidad general entre 0 (no existe probabilidad) y 1 (certeza), con valores de 0.1/ 0.3/ 0.5/ 0.7/ 0.9.

  - ✓ Probabilidad de ocurrencia muy alta: 0.9
  - ✓ Probabilidad de ocurrencia alta: 0.7
  - ✓ Probabilidad de ocurrencia media: 0.5
  - ✓ Probabilidad de ocurrencia baja: 0.3
  - ✓ Probabilidad de ocurrencia muy baja: 0.1

  Para la escala de impacto de riesgos se va a tomar una escala cardinal no lineal, reflejando el deseo de la organización de evitar riesgos de alto impacto. Los valores de los distintos niveles, al igual que la escala de la probabilidad de ocurrencia, también están situados entre 0 y 1.

  - ✓ Nivel de impacto muy alto: 0.8
  - ✓ Nivel de impacto alto: 0.4
  - ✓ Nivel de impacto medio: 0.2
  - ✓ Nivel de impacto bajo: 0.1
  - ✓ Nivel de impacto muy bajo: 0.05

- Seguimiento: en el Plan de Ejecución del Proyecto (PEP) deben documentarse los nuevos riesgos identificados, los riesgos que ocurran y las incidencias de estos riesgos en el Proyecto a manera de evaluar el Plan de Respuestas formulado y poderlo plasmar como lecciones aprendidas. Los riesgos que surjan y no hayan sido tomados en cuenta se deben evaluar simulándolos por la herramienta de Montecarlo para conocer el impacto que pudiera tener en la duración total del Proyecto, inclusive es factible, que la actividad si no pertenecía al camino crítico ahora si lo haga.

### 4.3.2. Identificación de Riesgos

Siguiendo la Metodología sugerida se identificaron, a través de una tormenta de ideas los posibles riesgos que podrían afectar al Proyecto, organizándose en categorías definidas las cuales, representan fuentes comunes de riesgo para el área: riesgos técnicos, riesgos de la organización y riesgos externos.

- Riegos Técnicos: Falta de pericia del personal obrero, mala calidad de los materiales, fallas en el diseño de la ingeniería de los procesos

- Riesgos de la Organización: Lentitud de los procesos de aprobación de las Compras de materiales y equipos, flexibilidad para aprobar cambios de alcance justificados.

- Riesgos Externos: Temporadas de Lluvias, Lentitud en el proceso de asignación de personal obrero por parte del Sistema de Democratización del Empleo (SISDEM), problemas con los sindicatos de la zona, permisología para la perforación de los nuevos pozos cuya producción justifica el proyecto.

### 4.3.3. Análisis Cualitativo de Riesgos

El análisis cualitativo de riesgos, básicamente, es el proceso de evaluar el impacto y la probabilidad de los riesgos identificados. En nuestro caso se hace uso de la Matriz de evaluación de probabilidad e impacto del riesgo como herramienta para el análisis (Tabla 2).

**Tabla 2.** ***Matriz de Calificación del Riesgo***

| Probabilidad | Calificación del Riesgo = P x I | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.9 | 0.05 | 0.09 | 0.18 | 0.36 | 0.72 |
| 0.7 | 0.04 | 0.07 | 0.14 | 0.28 | 0.56 |
| 0.5 | 0.03 | 0.05 | 0.10 | 0.20 | 0.40 |
| 0.3 | 0.02 | 0.03 | 0.06 | 0.12 | 0.24 |
| 0.1 | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 0.04 | 0.08 |
| | **0.05** | **0.10** | **0.20** | **0.40** | **0.80** |
| | **Impacto sobre el Proyecto** | | | | |

La Calificación del Riesgo esta determinada por el color del cuadro del Riesgo evaluado; para riesgo bajo (gris oscuro), moderado (gris claro) y alto (negro). Tomando en cuenta los riesgos identificados y la Matriz de calificación del Riesgo se elaboró la Tabla 3 en la cual se prioritizan los riesgos de mayor probabilidad de ocurrencia e impacto al proyecto.

**Tabla 3.** ***Prioritización de Riesgos del proyecto***

| Riesgo | Probabilidad de Ocurrencia | Impacto | Resultado |
|---|---|---|---|
| Falta de pericia del personal obrero | 0.7 | 0.4 | 0.28 |
| Mala calidad de los materiales | 0.1 | 0.2 | 0.02 |
| Fallas en el Diseño de la Ingeniería de los Procesos | 0.1 | 0.8 | 0.08 |
| Lentitud de los procesos de aprobación de las Compras de materiales y equipos | 0.5 | 0.4 | 0.28 |
| Inflexibilidad para aprobar cambios de alcance justificados | 0.3 | 0.2 | 0.06 |
| Temporadas de Lluvias | 0.9 | 0.8 | 0.72 |
| Lentitud en el proceso de asignación de personal obrero por parte del SISDEM | 0.7 | 0.4 | 0.28 |
| Problemas con los sindicatos de la zona | 0.3 | 0.2 | 0.06 |

Basándonos en la calificación del Riesgo definida, se van a tomar en cuenta para el análisis cuantitativo los riesgos altos (de color negro) debido a que tienen alta probabilidad de ocurrencia e implican un gran impacto a los Costos, Tiempo y Calidad del Proyecto.

Existen cuatro (04) riesgos a los cuales se les va a llevar a cabo el análisis cuantitativo como los son: falta de pericia del personal obrero, lentitud de los procesos de aprobación de las compras de materiales y equipos, temporadas de Lluvias y la lentitud en el proceso de asignación de personal obrero por parte del Sistema de Democratización del Empleo (SISDEM), ya que fueron los riesgos identificados por el análisis cualitativo como de alta importancia para el proyecto.

### 4.3.4. Análisis Cuantitativo de Riesgos

Este proceso, tal y como se indicó en el marco teórico, tiene por finalidad analizar numéricamente la probabilidad de cada riesgo y sus consecuencias en los objetivos del proyecto. Este análisis se llevó a cabo utilizando la Simulación de Montecarlo para: determinar la probabilidad de culminar en el tiempo previsto por el Cronograma del proyecto, determinar los riesgos que requieren una mayor atención e identificar objetivos de Tiempo y Alcance realistas y alcanzables.

Este proceso se alimentó de la EDT y de la lista de riesgos, ordenados por prioridad, obtenida en el análisis cualitativo. El juicio de expertos del equipo del proyecto sirvió para establecer la relación entre los Riesgos identificados y las actividades del proyecto.

La Técnica de Simulación de Montecarlo se empleó por medio de un Software denominado Cristal Ball®, el cual se obtuvo mediante la descarga gratuita (Licencia temporal) desde un sitio en Internet www.decisionering.com durante una semana.

Como se puede apreciar en la tabla 4, se colocaron todas las actividades del proyecto; la totalidad de las críticas y las actividades resumen de las no críticas, esto para poder obtener una simulación precisa y concisa. Las actividades que poseen el recuadro de la duración más probable en color verde son los supuestos y se definieron de esta manera debido a que son las actividades que pueden ser afectadas por los riesgos obtenidos en la Tabla 3 y para evaluar como influyen las variaciones en sus duraciones a la fecha de duración total del proyecto. Cada actividad identificada como "supuesto" se le asignó una distribución triangular con un valor favorable, más probable y desfavorable, a excepción de cuatro variables que se les definió una distribución uniforme debido a que el valor favorable coincidía con el más probable.

A la celda que contenía la duración total del proyecto se le asignó la variable pronóstico y es la que se evalúa cuando los supuestos varían. Es decir, cuando se corren las simulaciones (1000 corridas) los supuestos cambian su valor, al igual que el pronóstico, y al final se obtienen valores estadísticos y probabilísticos que caracterizan a la variable pronóstico.

## Tabla 4. Datos para la Simulación del Proyecto

| AMPLIACION PLANTA DE TRATAMIENTO DE CAMPO ROSARIO | | | | |
|---|---|---|---|---|
| AVTIVIDADES | Favorable | Más Probable | Desfavorable | Duracion del proyecto |
| Planos Civiles | 10 | 14 | 18 | 14 |
| Planos Eléctricos | 3 | 5 | 7 | 5 |
| Planos Mecánicos | 3 | 5 | 7 | 5 |
| Diagramas de Flujo | 2 | 3 | 4 | 3 |
| Diagrama de tubería e instrumentación | 1 | 2 | 3 | 2 |
| Proceso de Licitación | 17 | 22 | 30 | 36 |
| Solicitud de Presupuestos | 7 | 10 | 15 | 24 |
| Evaluación de Presupuestos | 2 | 3 | 5 | 27 |
| Compra Partes T-203A | 30 | 40 | 50 | 67 |
| Skimmer | 30 | 35 | 40 | 62 |
| Celdas de Flotación | 30 | 35 | 40 | 62 |
| Bombas Verticales | 15 | 18 | 20 | 52 |
| Bombas Horizontales | 15 | 18 | 20 | 52 |
| Tuberías | 12 | 15 | 20 | 52 |
| Válvulas | 12 | 15 | 20 | 52 |
| Materiales eléctricos y electrónicos | 15 | 20 | 25 | 62 |
| Tanque T-203A Replanteo | 1 | 2 | 3 | 69 |
| Movimiento de tierras | 15 | 17 | 20 | 86 |
| Excavación (Incluye Zanjas de Tuberias) | 12 | 15 | 18 | 84 |
| Bote de escombros | 1 | 2 | 3 | 86 |
| Fundaciones | 12 | 15 | 20 | 99 |
| Vaciado de Concreto | 4 | 6 | 8 | 105 |
| Fraguado | 3 | 4 | 6 | 107 |
| Soldadura de láminas | 25 | 30 | 35 | 129 |
| Soldadura Estructura interna | 8 | 10 | 13 | 139 |
| Apernado de columnas bases | 1 | 1 | 2 | 130 |
| Colocación del Techo | 3 | 4 | 5 | 134 |
| Construccion de Hoya del Tanque | 15 | 19 | 25 | 118 |
| Instalaciones Eléctricas | 16 | 19 | 22 | 126 |
| Instalación de elementos de Instrumentación y Control | 3 | 4 | 5 | 138 |
| Soportes de la tubería | 1 | 2 | 3 | 136 |
| Instalación de tubería | 1 | 2 | 3 | 138 |
| Instalación de la cámara de espuma | 1 | 1 | 2 | 139 |
| Instalación de Válvulas de Presión y Vacío | 1 | 2 | 3 | 136 |
| Skimmer S02A | 20 | 23 | 26 | 85 |
| Celdas de Flotacion (2) | 32 | 37 | 40 | 99 |
| Bombas Verticales (4) | 7 | 9 | 12 | 61 |
| Bombas Horizontales (4) | 15 | 18 | 22 | 70 |
| Colocación en zanja excavada tuberia T203A | 5 | 7 | 9 | 106 |
| Soldaduras | 17 | 20 | 23 | 126 |
| Instalación de Válvulas | 3 | 4 | 5 | 130 |
| Lineas de succion y descarga del Skimmer S02A | 5 | 7 | 9 | 81 |
| Lineas de succion y descarga de las Celdas S03A/B | 8 | 10 | 13 | 91 |
| Lineas de succion y descarga de las Bombas Horizontales | 7 | 9 | 11 | 75 |
| Prueba HidrostáticaT-203A | 6 | 7 | 8 | 143 |
| Prueba Hidrostática Tuberías | 2 | 3 | 5 | 78 |
| Prueba Hidrostática Skimmer | 2 | 2 | 3 | 83 |
| Prueba Hidrostática Celdas | 2 | 2 | 4 | 93 |
| Radiografías | 7 | 8 | 10 | 86 |
| Calibracion Skimmer | 1 | 2 | 3 | 85 |
| Calibracion Celdas | 2 | 4 | 6 | 97 |
| Calibracion Bbas Verticales | 1 | 2 | 3 | 63 |
| Calibracion Bbas Horizontales | 2 | 3 | 4 | 73 |
| Calibracion Sistema de control de nivel del T-203A | 1 | 2 | 3 | 145 |

### 4.3.5 Simulación de Montecarlo

En el Anexo C se presenta el reporte obtenido de la aplicación de ésta herramienta computacional.

Los aspectos más importantes a destacar de los resultados obtenidos de la Simulación de Montecarlo son los siguientes:

- La media aritmética o el valor promedio de la duración total del proyecto es de 148 días.
- La probabilidad de culminar en la fecha arrojada por el cronograma obtenido en la Gerencia del Tiempo (145 días) es de aproximadamente 34%.
- La duración obtenida para culminar el proyecto con una probabilidad del 80% es de 153 días.
- Se comprueba el teorema del límite central el cual nos dice que aun cuando la distribución de las actividades eran del tipo triangular, la distribución de la variable duración es del tipo normal.
- Las actividades que presentan una mayor contribución hacia la Varianza de la variable duración total del proyecto son: Compra de partes del T-203 A con un 54%, la Soldadura de las láminas del T-203 A con un 13%, la construcción de las fundaciones del T-203 A, la excavación para las fundaciones del T-203 A y la Solicitud de Presupuestos para la compra de materiales, éstas últimas tres con un 8%.

### 4.3.6 Planificación de la Respuesta a Riesgos

La planificación de las respuesta a los riesgos es el proceso de desarrollar opciones y determinar acciones para incrementar las oportunidades y reducir las amenazas a los objetivos del proyecto Para ello vamos a tomar los riesgos obtenidos en el análisis cuantitativo y relacionarlos con las actividades identificadas en el análisis cualitativo como las que mayor incidencia tenían a las variaciones de la duración total de proyecto.

La incidencia que tiene la temporada de lluvias es el riesgo identificado de mayor prioridad según el análisis cualitativo llevado a cabo. La zona en donde se va a desarrollar el proyecto tiene dos temporadas de lluvias marcadas; desde finales de marzo hasta principios de Mayo y desde finales de Octubre hasta principios de Diciembre, es importante resaltar que las lluvias son frecuentes pero no constantes, por lo cual pueden haber días soleados en estas temporadas . El Cronograma del Proyecto tiene como inicio el mes de Octubre hasta el mes de Mayo, por lo cual estaría presente la primera temporada de lluvia. La mayoría de las actividades del proyecto en la fase de construcción se ven afectadas por este riesgo, sin embargo las que tienen mas incidencia en la duración del proyecto son las que se muestran en la tabla 5, estas actividades están en la ruta critica y forman parte de la Construcción del Tanque T-203 A.

La Aceptación Activa es la respuesta para manejar el riesgo de las temporadas de lluvia debido a que no se puede mitigar por ser un fenómeno natural. El plan de contingencia a adoptar, si el riesgo ocurre, es la planificación de jornadas adicionales de trabajo en horas extras y los días sábados, unido a la inclusión de mayor cantidad de trabajadores en las actividades asociadas a este Riesgo.

El siguiente riesgo a analizar es la Lentitud de los Procesos de Aprobación de las Compras de Materiales y Equipos, esta situación ocurre desde hace poco tiempo en la compañía debido al proceso de transición en el cual están envueltas las empresas que tenían contratos de Convenios Operativos y ahora forman parte de Empresas Mixtas en

las cuales PDVSA es socio mayoritario. En este proceso de transición se han retrasado algunos procedimientos administrativos en los cuales se requieren aprobaciones adicionales y revisiones exhaustivas por parte de los nuevos Gerentes.

El departamento de abastecimientos no se escapa a esta situación y últimamente se han retrasado compras de algunos equipos y contratación de servicios. Dos actividades del camino crítico se ven afectadas por este Riesgo, como lo son la Solicitud de Presupuestos y la compra de partes del Tanque T-203 A, en consecuencia, se debe ejercer como respuesta a este riesgo, la *Mitigación*, es decir, se deben tomar acciones que reduzca la probabilidad de ocurrencia y/o las consecuencias del riesgo a limites aceptables. Entre estas acciones se tienen: a) Solicitar presupuestos a empresas nacionales que ofrezcan tiempos de entrega menores, b) Buscar proveedores estables y responsables con el cumplimiento de los tiempos de entrega, c) Gestionar los procesos de aprobación de las compras de equipos con la Gerencia PDVSA justificando las compras a un nivel detallado, y de forma eficiente y expedita.

El tercer riesgo que se presenta es la Lentitud en el Proceso de asignación de personal obrero por parte del SISDEM. Esta situación se viene repitiendo desde los inicios de este Sistema por el cual se han retrasado algunos trabajos, ya licitados, debido a la tardanza en la búsqueda y otorgamiento del personal obrero requerido. A pesar de que esta situación ha mejorado, todavía sigue representando un riesgo potencial a las actividades de la Fase de construcción del proyecto, especialmente a las que se presentan en la Tabla 5 como lo son la Excavación y las Fundaciones para la Construcción del T-203 A, las cuales pertenecen al camino crítico.

La respuesta para afrontar este riesgo se basa en la *Transferencia* hacia la contratista para que se maneje en conjunto la responsabilidad de manejar el riesgo. En este caso se deben cumplir todas las exigencias del SISDEM para que el proceso sea lo mas expedito posible y también se debe ejercer presión continua para que este organismo cumpla con los tiempos que "teóricamente" están estipulados por ellos para asignar al personal solicitado.

El último riesgo a tratar y que guarda una fuerte relación con el riesgo analizado en el párrafo anterior es La Falta de Pericia del Personal Obrero. La contratista no puede incluir a todos sus obreros de confianza y debe, por ley, solicitar el personal al SISDEM, este sistema como lleva poco tiempo funcionando posee únicamente referencias curriculares de las personas que se incluyen en las listas, esta situación conduce a una incertidumbre acerca de las capacidades y habilidades de este personal. Este riesgo influye en una gran cantidad de actividades del proyecto dentro de las cuales están la Excavación y las Fundaciones del Tanque T-203 A. Dichas actividades, como ya se dijo anteriormente, pertenecen al camino crítico y adicionalmente están entre las actividades que inciden mas en las variaciones de la duración del proyecto.

Este riesgo se debe *Mitigar* para disminuir sus consecuencias y su probabilidad de ocurrencia. El personal asignado por el SISDEM se debe evaluar para verificar sus capacidades y destrezas, realizándoles pruebas y si no cumplen con las exigencias mínimas se debe notificar al SISDEM para que busquen a otro personal, explicándole, claro esta, las razones de esta decisión.

**Tabla 5. Plan Resumen de Respuesta a los Riesgos del Proyecto**

| RIESGO IDENTIFICADO | ACTIVIDAD ASOCIADA | RESPUESTA AL RIESGO |
|---|---|---|
| Temporada de Lluvias. | • Soldadura de las láminas del T-203 A.<br>• Construcción de fundaciones del T-203 A.<br>• Excavación de las fundaciones del T-203 A. | Aceptación Activa |
| Lentitud de los procesos de aprobación de las compras de materiales y equipos. | • Compra de partes del T-203 A.<br>• Solicitud de Presupuestos. | Mitigación |
| Lentitud en el proceso de asignación de personal obrero por parte del SISDEM. | • Construcción de fundaciones del T-203 A.<br>• Excavación de las fundaciones del T-203 A. | Transferencia |
| Falta de pericia del personal obrero. | • *Construcción de fundaciones del T-203 A.*<br>• *Excavación de las fundaciones del T-203 A.* | Mitigación |

### 4.3.7 Supervisión y Control de Riesgos(PMBOX)

El Plan de respuesta a los riesgos identificados y analizados debe supervisarse para determinar si:

1. Las respuestas a los riesgos ha sido implementados como fueron planeadas.
2. Las acciones a las respuestas a los riesgos son tan efectivas como se esperaba o si se debe desarrollar nuevas respuestas
3. La exposición a los riesgos ha cambiado desde su anterior estado, a través del análisis de tendencias.
4. Se han seguido políticas y procedimientos adecuados.
5. Han aparecido u ocurrido riesgos que no habían sido previamente identificados.

En el presente estudio, se recomienda aplicar las siguientes técnicas para supervisar y controlar los riesgos en el proyecto:

1. Revisiones periódicas de los riesgos del proyecto. Estas revisiones deberían ser regularmente programadas. Los riesgos del proyecto deben estar en todas las reuniones del equipo. Cualquier cambio puede requerir un análisis cualitativo y/o cuantitativo adicional.

2. Análisis del valor del trabajo realizado. El valor del trabajo realizado es usado para supervisar el rendimiento general del proyecto, comparándolo con el plan de referencia inicial. Los resultados del análisis del valor del trabajo realizado pueden indicar desvíos potenciales de los objetivos de costo y tiempo del proyecto a su terminación. Cuando un proyecto se desvía significativamente de su plan de referencia inicial, debería realizarse una actualización de identificación y análisis de riesgos.

3. Planificación adicional de respuesta al riesgo. Si emerge un riesgo que no fue anticipado en el plan de respuesta o su impacto en los objetivos es mayor que lo esperado, la respuesta planificada podría no ser adecuada. En estos casos será

necesario realizar una planificación de respuesta adicional para controlar el riesgo.

Las herramientas utilizadas tienen que producir los siguientes procesos:

1. Planes de soluciones alternativas. Estas son respuestas no planificadas a la ocurrencia de riesgos que fueron previamente aceptados o no identificados. Estas soluciones alternativas deben estar adecuadamente documentadas e incorporadas al plan del proyecto y al plan de respuesta al riesgo.

2. Acciones correctivas. Las medidas correctivas consisten en llevar a cabo las acciones del plan de contingencia o de las soluciones alternativas.

3. Solicitudes de pedidos de cambio. La implementación de planes de contingencia o soluciones alternativas derivan frecuentemente en un requerimiento de cambio al plan del proyecto para dar así respuesta al riesgo.

4. Base de datos de riesgos. Un lugar de almacenamiento que facilita la recolección, mantenimiento y análisis de la información reunida y usada en los procesos de gestión del riesgo. El uso de esta base de datos ayudará a la gestión de riesgos a través de toda la organización y a través del tiempo servirá como base del programa de lecciones aprendidas.

# CAPITULO 5. RESULTADOS DEL PROYECTO

En el presente Capítulo se detalla el nivel de cumplimiento de los Objetivos planteados, teniendo en cuenta las Dificultades que se presentaron, las estrategias empleadas y las Lecciones aprendidas en el Desarrollo del Trabajo Especial de Grado.

- Definir el Alcance del trabajo a realizar.

Este punto se cumplió en un 100% tomando la información desarrollada por la Gerencia de Facilidades mediante la definición del producto del proyecto de Ampliación de la Planta. Cabe destacar que ya el Alcance estaba definido por Tecpetrol de Venezuela al momento de comenzar a desarrollar el presente trabajo especial de grado.

- Identificar los equipos y facilidades necesarias para la ampliación de la Planta de tratamiento de agua.

Este Objetivo se cumplió a cabalidad utilizando la información de obras anteriores y el Juicio de Expertos. Siendo este un proyecto de Ampliación se pudo determinar, teniendo en cuenta los equipos ya existentes, las características, modelos, eficiencia y facilidades de los equipos necesarios para la Ampliación de la Planta, al igual que el primer punto ya estaba definido por Tecpetrol de Venezuela antes de comenzar a Desarrollar el Trabajo Especial de Grado.

- Elaborar la Estructura desagregada del trabajo involucrado en el proyecto de ampliación.

La EDT se definió con la colaboración el Gerente del Proyecto teniendo en consideración los entregables del proyecto, y también la estructuración de algunos proyectos históricos de la empresa. El proyecto quedó dividido en cinco etapas: Diseño, Contratación y Procura; que están siendo desarrolladas por la empresa y la Construcción y Calibración y Pruebas; que van a ser llevadas a cabo por medio de una empresa de Ingeniería contratada. Este punto se llevó gran cantidad de tiempo debido a la importancia que tiene en el Desarrollo de los distintos Planes de Gestión que están

enmarcados en las áreas de conocimiento de la Gerencia de Proyectos. Es importante mencionar que se recomienda incluir una sexta etapa (Puesta en Marcha) en la EDT puesto a que se considera una actividad crucial en todo Proyecto y la cual no fue tomada en cuenta.

- Definir los tiempos de duración y la Secuencia de todas las actividades a ejecutar.

Para cumplir con este apartado, inicialmente, se definieron, mediante la técnica de descomposición, las actividades a un nivel tal que se pudieran medir y asignar recursos. Es importante llegar a un nivel de definición adecuado para evitar volver engorroso el Proyecto o por el contrario hacerlo muy general, el Proyecto cuenta con 195 actividades.

La secuencia de las actividades se llevó a cabo tomando en cuenta dependencias obligatorias y lógicas de ejecución, las duraciones de las actividades se desarrollaron basándonos en información histórica de proyectos anteriores llevados a cabo en Tecpetrol de Venezuela, mediante la técnica de Estimaciones análogas y el Juicio de Expertos. Es importante resaltar la importancia de contar con información histórica de los proyectos anteriores archivados de forma ordenada, para poder estimar duraciones convenientes y representativas de los tiempos reales. También es importante contar en este punto con personal que posea experiencia en cuanto a la realización de este tipo de proyectos en el área señalada.

- Desarrollar el Cronograma de trabajo.

El Cronograma de trabajo se llevó a cabo introduciendo en la herramienta computacional Microsoft Project®, como entradas, los puntos desarrollados en el Objetivo especifico anterior; el listado de actividades, sus duraciones y la secuencia lógica entre ellas, en adición al día de inicio del Proyecto, los días laborables y la duración de la jornada laboral, obteniendo así el Cronograma del Proyecto.

Según el Cronograma, el proyecto comenzando el 9 de Octubre de 2006 (fecha pasada) culminaría el 02 de Mayo de 2007, en seis meses y veinticuatro días, dos

meses y seis días menos a la duración estimada por la Gerencia de Facilidades, hecho que ratifica, como ya se nombró en el Capitulo anterior, la inconsistencia de las estimaciones que se llevan a cabo sin tomar en cuenta las prácticas recomendadas en el PMBok.

Esta gran herramienta computacional, además de desarrollar el Cronograma del Proyecto en varias vistas (Diagrama Gantt, Red lógica, entre otros) también señala el camino crítico del Proyecto, información importante para identificar las actividades que inciden de una manera más significativa a la duración total del Proyecto. En nuestro caso el camino crítico está conformado, en su mayoría, por actividades que pertenecen al Diseño, Contratación, Procura, Construcción y pruebas y calibraciones del Tanque de Lavado T-203 A.

Es importante mencionar que en un inicio se pretendió realizar el Diagrama de Red lógica de forma manual, pero dada la cantidad de actividades del Cronograma y a las limitaciones de tiempo no se pudo, básicamente se quería obtener de este Diagrama las Holguras de las actividades en el caso tal de aplicar aceleración del Proyecto si así lo hubiere requerido, sin embargo no fue necesario hacerlo por la diferencia, a favor, entre la duración propuesta en la Gestión de tiempos y la estimada por Tecpetrol de Venezuela.

- Identificar y prioritizar según su probabilidad de ocurrencia, los Riesgos que puedan presentarse en el Proyecto y definir un Plan de Respuesta para cada uno de ellos.

Este Objetivo desarrollado, totalmente novedoso en la empresa, se ejecutó en un 100%. El listado y prioritizacion de los Riesgos se consiguió luego de una tormenta de ideas entre el Gerente de Facilidades, el Gerente del Proyecto, el jefe de producción del campo y mi persona. EL análisis cualitativo y cuantitativo estuvo enmarcado en las metodologías recomendadas por el PMBok. En cuanto al análisis cuantitativo, cabe resaltar, que la Técnica de Simulación de Montecarlo se llevó a cabo por medio de una Licencia que se pudo obtener temporal del Software de Cristal Ball®. Esta Gran herramienta, además de realizar iteraciones de las posibles variaciones de la duración de las actividades y su influencia en la duración total del Proyecto, también elabora un

reporte probabilístico de la las distintas fechas en las cuales puede culminar el Proyecto, adicionalmente genera un gráfico de Sensibilidad para las actividades que inciden en forma significativa en los cambios de duración del proyecto.

Tal y como se detalló en el Capítulo anterior, el proyecto tiene un 34% de Probabilidad de que culmine en 145 días (duración obtenida en el cronograma elaborado) y un 80% de probabilidad de culminar en 153 días. Duración que esta muy por debajo de los casi doscientos días que estimó la Gerencia de Facilidades. Con los resultados obtenidos en el Plan de Gerencia de los Riesgos se puede afirmar que la aplicación de estas prácticas es necesaria en cualquier proyecto de la empresa ya que ofrece una visión y datos bastante útiles para prevenir los Riesgos y/o evitar de que si ocurren tengan un impacto negativo en el proyecto.

# CAPITULO 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A continuación se presentan las Conclusiones y las Recomendaciones formuladas del presente Trabajo Especial de Grado:

## 7.1. Conclusiones

- Tomando en cuenta aspectos técnico-económicos se decidió Ampliar la Planta de Tratamiento de Agua existente en Campo Rosario en vez de Instalar una nueva en Campo la Palma.

- Tecpetrol de Venezuela definió en su totalidad el Alcance del Producto y el Alcance del Proyecto de Ampliación de la Planta de Tratamiento de Agua de Campo Rosario previo al inicio del presente Trabajo de Investigación.

- El Equipo de Proyecto estableció los equipos y facilidades requeridos mediante la definición de los entregables del Proyecto tomando en cuenta la eficiencia y capacidades de las instalaciones existentes y a través del juicio de expertos.

- Se formuló la EDT de Ampliación de la Planta de Tratamiento de Campo Rosario en cinco (05) Fases: Diseño, Contratación, Procura, Construcción y Calibración y Pruebas basándose principalmente en la estructura empleada en la mayoría de los Proyectos llevados a cabo en la empresa.

- El Proyecto cuenta con 195 actividades obtenidas mediante la descomposición de las actividades detalladas en la EDT.

- La duración de las actividades se definieron mediante estimaciones análogas con otros Proyectos similares ejecutados en la empresa.

- La Secuencia de las actividades se realizó aplicando dependencias obligatorias, lógicas de ejecución y mediante el Juicio de expertos.

- La Duración del Proyecto obtenida en el Cronograma del Proyecto es menor a la presentada por la Gerencia de Facilidades de Tecpetrol en un 27% (145 Vs. 198), hecho que nos confirma que la empresa no esta empleando las mejores prácticas para Gerenciar sus Proyectos.

- El Camino Crítico esta conformado, en su mayoría, por actividades relacionadas con el T-203 A, situación que nos alerta tempranamente para dedicarle un mayor cuidado a esas actividades.

- El Índice de Criticidad del Proyecto es igual a 8.2%, valor que siendo menor a 10% nos indica que existe cierta flexibilidad en la red del proyecto y también una alta probabilidad de que el proyecto culmine en la fecha programada.

- La probabilidad de culminar en la fecha arrojada por el cronograma obtenido en la Gerencia del Tiempo (145 días) es de aproximadamente 34%.

- La duración obtenida para culminar el proyecto con una probabilidad del 80% (Valor Aceptable) es de 153 días.

- Los Riesgos de mayor incidencia obtenidos mediante el Análisis Cualitativo son los siguientes:

1. Temporada de Lluvias.
2. Lentitud de los procesos de aprobación de las compras de materiales y equipos.
3. Lentitud en el proceso de asignación de personal obrero por parte del SISDEM.
4. Falta de pericia del personal obrero.

El primer riesgo se va a responder con la Aceptación Activa. El segundo por medio de la Mitigación, el tercero con la Transferencia y el cuarto por medio de la Mitigación.

- Las actividades que presentan una mayor contribución hacia la Varianza de la variable duración total del proyecto, según el Análisis Cualitativo efectuado por medio de la Simulación de Montecarlo son:

1. Compra de partes del T-203 A con un 54%.
2. La Soldadura de las láminas del T-203 A con un 13%.
3. La construcción de las fundaciones del T-203 A con un 8%.
4. La excavación para las fundaciones del T-203 A con un 8%.
5. La Solicitud de Presupuestos para la compra de materiales con un 8%.

- La Herramienta computacional Cristal Ball® que se fundamenta en la Simulación de Montecarlo para realizar la simulación de los Proyectos es una herramienta que sirve de gran ayuda para elaboración del Plan de Gestión de Riesgos de la Ampliación de la Planta de Tratamiento de agua de Campo Rosario.

## 7.2. Recomendaciones

- Continuar el presente estudio con la Elaboración de los Planes Gerenciales que conforman las áreas de conocimiento de la Gerencia de Proyectos que no se desarrollaron.

- Aplicar los Planes de Gerencia desarrollados en el Proyecto, en ejecución, objeto del presente trabajo de investigación.

- Aplicar las metodologías recomendadas por el Projet Managment Institute para la Gerencia de los distintos Proyectos que se planifiquen en Tecpetrol de Venezuela.

- Incluir en el EDT de la Gestión del Alcance la etapa de Puesta en Marcha de la Planta de tratamiento de agua de Campo Rosario luego de la fase de ejecución de la Ampliación, enmarcado en la gestión de control de cambios del Proyecto.

- Adquirir Licencias para el uso de programas para la Dirección de Proyectos y para el Análisis de Riesgos en los Proyectos.

- Entrenar a los integrantes de la Gerencia de Facilidades que no posean instrucción previa en cuanto a la Gerencia de Proyectos en las empresas.

# BIBLIOGRAFÍA


- Santalla, Z. (2003), *Guía para la elaboración formal de reportes de investigación.* Caracas: Publicaciones UCAB.
- Estructura Organizacional. (2004)Recuperado en 12 de Marzo de 2005 de http://www.tecpetrol.com
- Así Pensamos. (2001) Recuperado en 12 de Marzo de 2005 de http://www.tecpetrol.com
- PMI. A Guide to the Project Management Body of Knowledge. (2000).
- Delgado, R (2001). En Manual de Operación de la Planta de tratamiento de Agua de Campo Rosario. Casigua El Cubo.

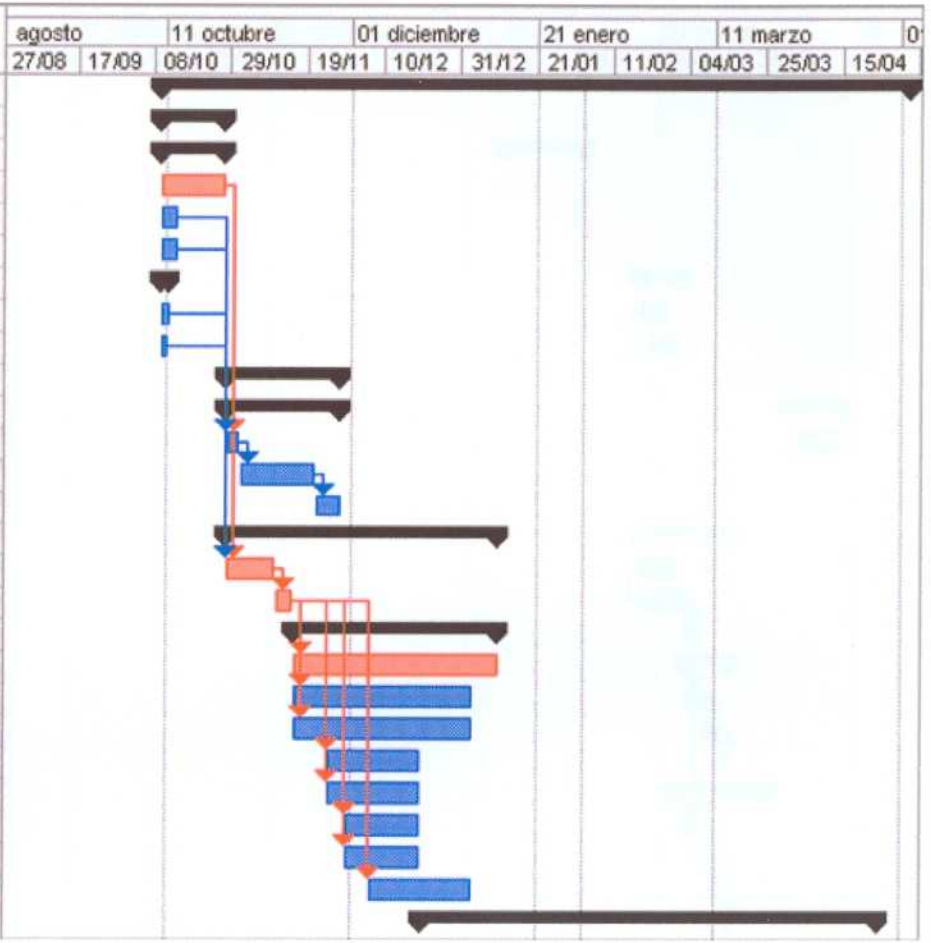
## ANEXO A. FORMATO DE INSPECCION DE EQUIPOS

| **LUGAR:** | ***FECHA:*** | |
|---|---|---|
| **EQUIPO:** | | |
| **PARAMETRO** | **EVALUACION** | **OBSERVACION** |
| Está el equipo en sitio sin ningún defecto aparente. | | |
| El equipo esta instalado eléctricamente. | | |
| El equipo esta instalado mecánicamente. | | |
| El equipo esta instalado instrumentalmente. | | |
| El equipo esta correctamente identificado. | | |
| El equipo opera bajo los parámetros de Diseño. | | |
| Condiciones Operacionales | Presión de succión= | |
| | Presión de Descarga= | |
| | Presión Interna= | |
| | Temperatura= | |
| | Amperaje= | |
| | Corriente= | |
| El equipo posee su Manual de Operación. | | |
| El equipo pasó satisfactoriamente las pruebas aplicadas. | | |
| *El equipo cumple con las condiciones de Seguridad, Higiene y Ambiente.* | | |

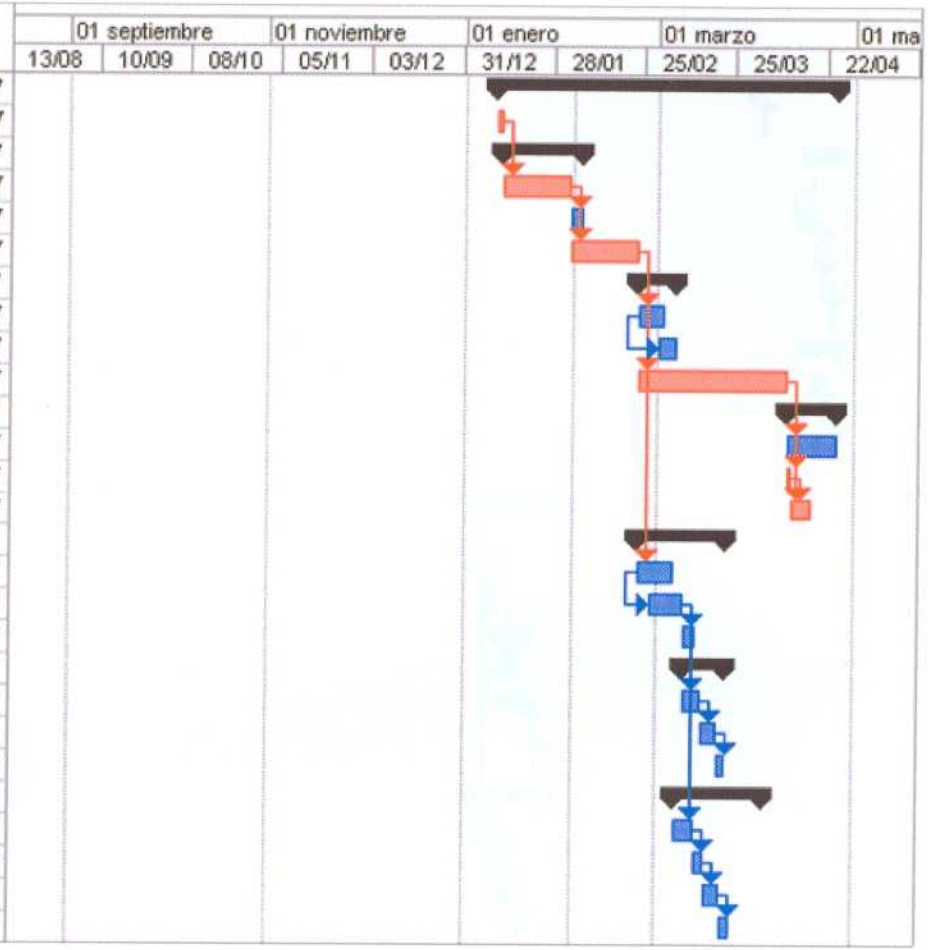
***Tipos de Evaluación:*** ***Cumple, No Cumple, No Aplica***

# ANEXO B. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

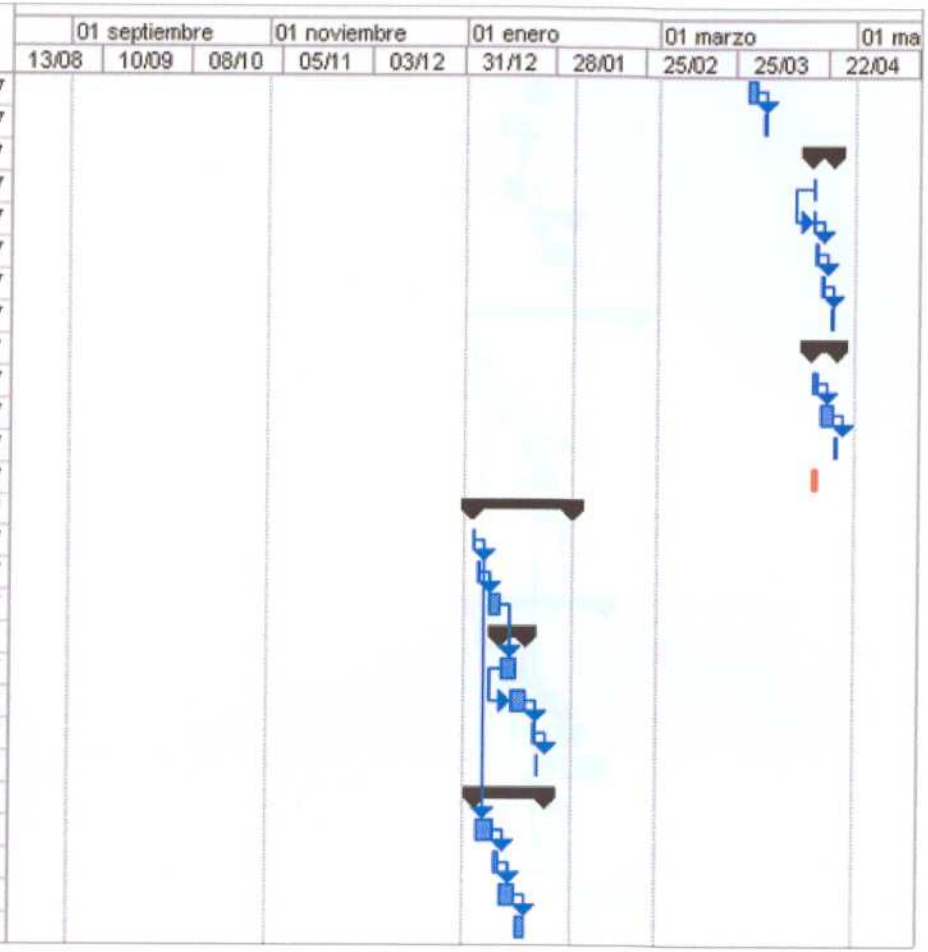
| Id | Nombre de tarea | Duración | Comienzo | Fin |
|---|---|---|---|---|
| 1 | **AMPLIACION DE LA PLANTA DE TRATAMIENT** | **145 días** | **lun 09/10/06** | **mié 02/05/07** |
| 2 | **Diseño** | **14 días** | **lun 09/10/06** | **jue 26/10/06** |
| 3 | **Planos** | **14 días** | **lun 09/10/06** | **jue 26/10/06** |
| 4 | Planos Civiles | 14 días | lun 09/10/06 | jue 26/10/06 |
| 5 | Planos Eléctricos | 5 días | lun 09/10/06 | vie 13/10/06 |
| 6 | Planos Mecánicos | 5 días | lun 09/10/06 | vie 13/10/06 |
| 7 | **Diagramas** | **3 días** | **lun 09/10/06** | **mié 11/10/06** |
| 8 | Diagramas de Flujo | 3 días | lun 09/10/06 | mié 11/10/06 |
| 9 | Diagrama de tubería e instrumentac | 2 días | lun 09/10/06 | mar 10/10/06 |
| 10 | **Contratación** | **22 días** | **vie 27/10/06** | **lun 27/11/06** |
| 11 | **Proceso de Licitación** | **22 días** | **vie 27/10/06** | **lun 27/11/06** |
| 12 | Elaboración de Pliegos de Licitación | 2 días | vie 27/10/06 | lun 30/10/06 |
| 13 | Preselección de empresas | 15 días | mar 31/10/06 | lun 20/11/06 |
| 14 | Adjudicación Final | 5 días | mar 21/11/06 | lun 27/11/06 |
| 15 | **Procura** | **53 días** | **vie 27/10/06** | **mar 09/01/07** |
| 16 | Solicitud de Presupuestos | 10 días | vie 27/10/06 | jue 09/11/06 |
| 17 | Evaluación de Presupuestos | 3 días | vie 10/11/06 | mar 14/11/06 |
| 18 | **Compra (Incluye transporte hasta e** | **40 días** | **mié 15/11/06** | **mar 09/01/07** |
| 19 | Partes T-203A | 40 días | mié 15/11/06 | mar 09/01/07 |
| 20 | Skimmer | 35 días | mié 15/11/06 | mar 02/01/07 |
| 21 | Celdas de Flotación | 35 días | mié 15/11/06 | mar 02/01/07 |
| 22 | Bombas Verticales | 18 días | vie 24/11/06 | mar 19/12/06 |
| 23 | Bombas Horizontales | 18 días | vie 24/11/06 | mar 19/12/06 |
| 24 | Tuberías | 15 días | mié 29/11/06 | mar 19/12/06 |
| 25 | Válvulas | 15 días | mié 29/11/06 | mar 19/12/06 |
| 26 | Materiales eléctricos y electrónicos | 20 días | mié 06/12/06 | mar 02/01/07 |
| 27 | **Construcción** | **87 días** | **mié 20/12/06** | **mar 24/04/07** |



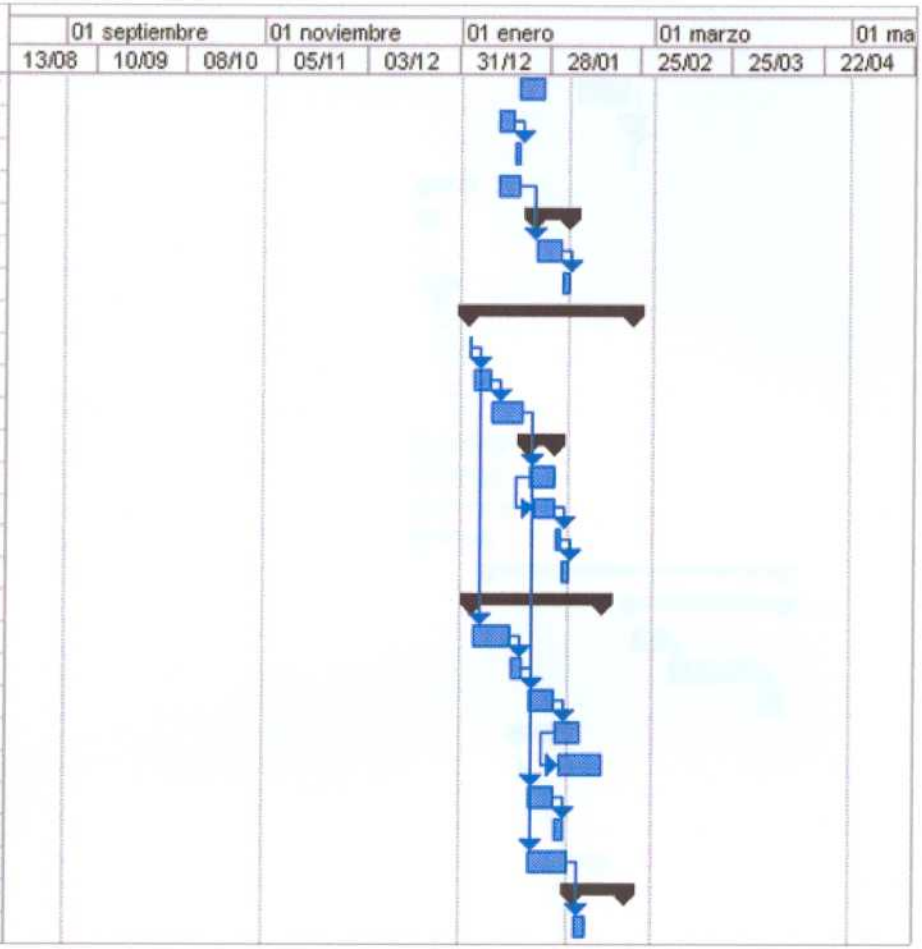
| Id | Nombre de tarea | Duración | Comienzo | Fin |
|---|---|---|---|---|
| 28 | **Tanque T-203A** | **72 días** | **mié 10/01/07** | **mar 24/04/07** |
| 29 | Replanteo | 2 días | mié 10/01/07 | jue 11/01/07 |
| 30 | **Movimiento de tierras** | **17 días** | **vie 12/01/07** | **lun 05/02/07** |
| 31 | Excavación (Incluye Zanjas de | 15 días | vie 12/01/07 | jue 01/02/07 |
| 32 | Bote de escombros | 2 días | vie 02/02/07 | lun 05/02/07 |
| 33 | Fundaciones | 15 días | vie 02/02/07 | jue 22/02/07 |
| 34 | **Losa del piso** | **8 días** | **vie 23/02/07** | **mar 06/03/07** |
| 35 | Vaciado de Concreto | 6 días | vie 23/02/07 | vie 02/03/07 |
| 36 | Fraguado | 4 días | jue 01/03/07 | mar 06/03/07 |
| 37 | Soldadura de láminas | 30 días | vie 23/02/07 | lun 09/04/07 |
| 38 | **Instalación Estructura interna d** | **10 días** | **mar 10/04/07** | **mar 24/04/07** |
| 39 | Soldadura | 10 días | mar 10/04/07 | mar 24/04/07 |
| 40 | Apernado de columnas bases | 1 día | mar 10/04/07 | mar 10/04/07 |
| 41 | Colocación del Techo | 4 días | mié 11/04/07 | lun 16/04/07 |
| 42 | **Hoya del Tanque** | **19 días** | **vie 23/02/07** | **mié 21/03/07** |
| 43 | Relleno | 7 días | vie 23/02/07 | lun 05/03/07 |
| 44 | Compactación | 8 días | mar 27/02/07 | jue 08/03/07 |
| 45 | Asfaltado | 2 días | vie 09/03/07 | lun 12/03/07 |
| 46 | **Conformación de muros d** | **9 días** | **vie 09/03/07** | **mié 21/03/07** |
| 47 | Relleno | 4 días | vie 09/03/07 | mié 14/03/07 |
| 48 | Colocación de piedras | 3 días | jue 15/03/07 | lun 19/03/07 |
| 49 | Impregnación de las piedr | 2 días | mar 20/03/07 | mié 21/03/07 |
| 50 | **Instalaciones Eléctricas** | **19 días** | **mié 07/03/07** | **lun 02/04/07** |
| 51 | Excavación de zanja | 4 días | mié 07/03/07 | lun 12/03/07 |
| 52 | Tendido enterrado de cable | 3 días | mar 13/03/07 | jue 15/03/07 |
| 53 | Compactación con arena lavac | 3 días | vie 16/03/07 | mar 20/03/07 |
| 54 | Vaciado de concreto | 3 días | mié 21/03/07 | vie 23/03/07 |



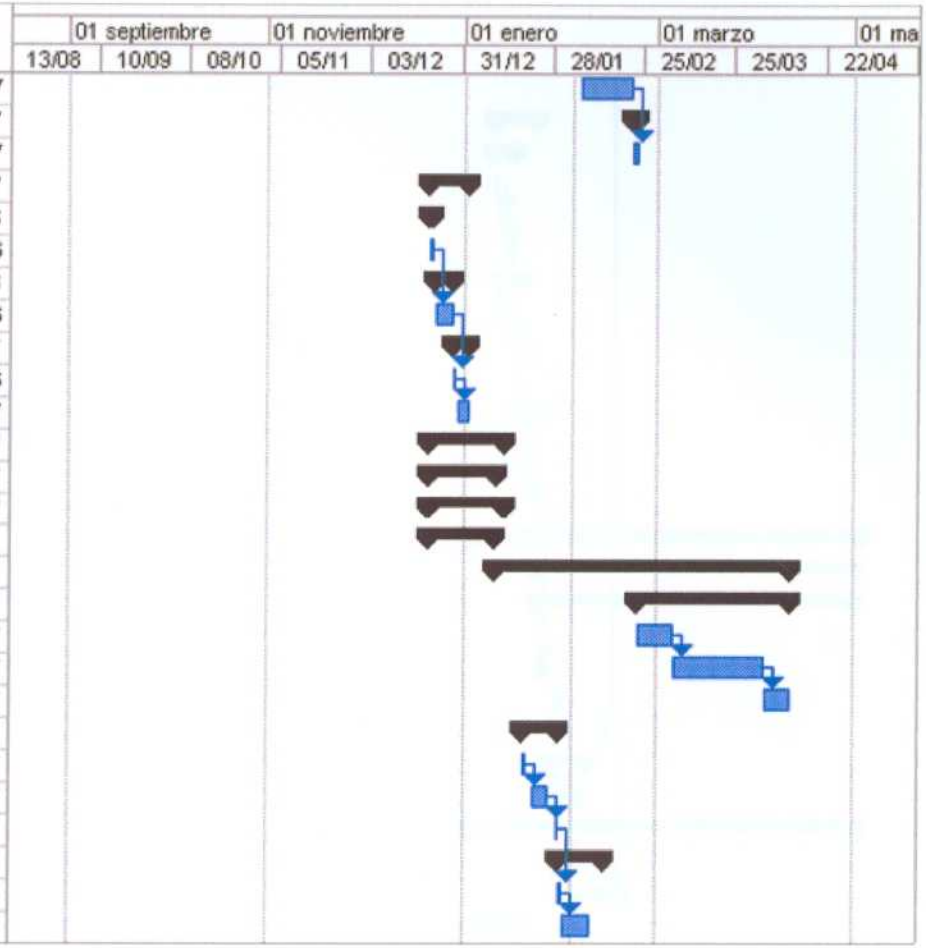
| Id | Nombre de tarea | Duración | Comienzo | Fin |
|---|---|---|---|---|
| 55 | Relleno y compactación | 3 días | mié 28/03/07 | vie 30/03/07 |
| 56 | Conexión Sistema de puesta a | 1 día | lun 02/04/07 | lun 02/04/07 |
| 57 | **Instalación de elementos de In** | **4 días** | **mar 17/04/07** | **lun 23/04/07** |
| 58 | Valvula de Control | 1 día | mar 17/04/07 | mar 17/04/07 |
| 59 | Controlador de nivel | 1 día | mar 17/04/07 | mar 17/04/07 |
| 60 | Interruptor de Nivel | 1 día | mié 18/04/07 | mié 18/04/07 |
| 61 | Transmisor de Nivel | 1 día | vie 20/04/07 | vie 20/04/07 |
| 62 | Visor de nivel Magnético | 1 día | lun 23/04/07 | lun 23/04/07 |
| 63 | **Elementos del Sistema de espı** | **5 días** | **mar 17/04/07** | **mar 24/04/07** |
| 64 | Soportes de la tubería | 2 días | mar 17/04/07 | mié 18/04/07 |
| 65 | Instalación de tubería | 2 días | vie 20/04/07 | lun 23/04/07 |
| 66 | Instalación de la cámara de esı | 1 día | mar 24/04/07 | mar 24/04/07 |
| 67 | Instalación de Válvulas de Presión y | 2 días | mar 17/04/07 | mié 18/04/07 |
| 68 | **Skimmer S02A** | **23 días** | **mié 03/01/07** | **vie 02/02/07** |
| 69 | Replanteo | 1 día | mié 03/01/07 | mié 03/01/07 |
| 70 | Excavacion | 2 días | jue 04/01/07 | vie 05/01/07 |
| 71 | Colocación de Encabillado y encofr | 4 días | lun 08/01/07 | jue 11/01/07 |
| 72 | **Losa del piso** | **6 días** | **vie 12/01/07** | **vie 19/01/07** |
| 73 | Vaciado de Concreto | 3 días | vie 12/01/07 | mar 16/01/07 |
| 74 | Fraguado | 5 días | lun 15/01/07 | vie 19/01/07 |
| 75 | Fabricación de estructura base | 1 día | lun 22/01/07 | lun 22/01/07 |
| 76 | Instalación del Recipiente | 1 día | mar 23/01/07 | mar 23/01/07 |
| 77 | **Instalaciones Eléctricas** | **16 días** | **jue 04/01/07** | **jue 25/01/07** |
| 78 | Excavación de Zanja | 4 días | jue 04/01/07 | mar 09/01/07 |
| 79 | Tendido enterrado de cable | 2 días | mié 10/01/07 | jue 11/01/07 |
| 80 | Compactación con arena | 3 días | vie 12/01/07 | mar 16/01/07 |
| 81 | Vaciado de concreto | 3 días | mié 17/01/07 | vie 19/01/07 |



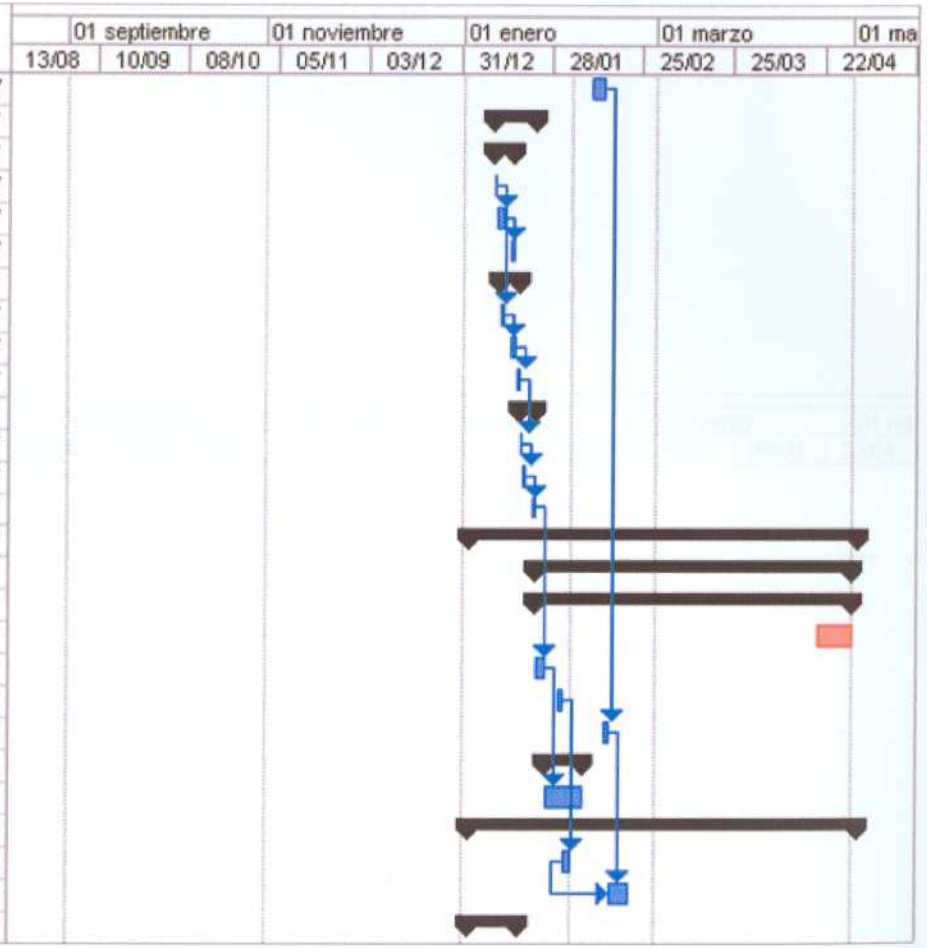
| Id | Nombre de tarea | Duración | Comienzo | Fin |
|---|---|---|---|---|
| 82 | Fraguado del Concreto | 6 días | jue 18/01/07 | jue 25/01/07 |
| 83 | Instalación de gaveta en tabler | 3 días | vie 12/01/07 | mar 16/01/07 |
| 84 | Conexionado | 2 días | mié 17/01/07 | jue 18/01/07 |
| 85 | Conexión Sistema de puesta a | 5 días | vie 12/01/07 | jue 18/01/07 |
| 86 | **Instalación de elementos de In** | **8 días** | **mié 24/01/07** | **vie 02/02/07** |
| 87 | Instalación de líneas y Válvula: | 6 días | mié 24/01/07 | mié 31/01/07 |
| 88 | Instalación de Manómetros, tra | 2 días | jue 01/02/07 | vie 02/02/07 |
| 89 | **Celdas de Flotacion (2)** | **37 días** | **mié 03/01/07** | **jue 22/02/07** |
| 90 | Replanteo | 1 día | mié 03/01/07 | mié 03/01/07 |
| 91 | Excavacion | 4 días | jue 04/01/07 | mar 09/01/07 |
| 92 | Colocación de Encabillado y encofr: | 8 días | mié 10/01/07 | vie 19/01/07 |
| 93 | **Losa del piso** | **6 días** | **lun 22/01/07** | **lun 29/01/07** |
| 94 | Vaciado de Concreto | 6 días | lun 22/01/07 | lun 29/01/07 |
| 95 | Fraguado | 5 días | mar 23/01/07 | lun 29/01/07 |
| 96 | Fabricación de estructura base | 2 días | mar 30/01/07 | mié 31/01/07 |
| 97 | Instalación del Recipiente | 2 días | jue 01/02/07 | vie 02/02/07 |
| 98 | **Instalaciones Eléctricas** | **29 días** | **jue 04/01/07** | **mar 13/02/07** |
| 99 | Excavación de Zanja | 8 días | jue 04/01/07 | lun 15/01/07 |
| 100 | Tendido enterrado de cable | 4 días | mar 16/01/07 | vie 19/01/07 |
| 101 | Compactación con arena | 6 días | lun 22/01/07 | lun 29/01/07 |
| 102 | Vaciado de concreto | 6 días | mar 30/01/07 | mar 06/02/07 |
| 103 | Fraguado del Concreto | 10 días | mié 31/01/07 | mar 13/02/07 |
| 104 | Instalación de gaveta en tabler | 6 días | lun 22/01/07 | lun 29/01/07 |
| 105 | Conexionado | 3 días | mar 30/01/07 | jue 01/02/07 |
| 106 | Conexión Sistema de puesta a | 10 días | lun 22/01/07 | vie 02/02/07 |
| 107 | **Instalación de elementos de In** | **12 días** | **lun 05/02/07** | **mar 20/02/07** |
| 108 | Instalación de Transmisores de | 4 días | lun 05/02/07 | jue 08/02/07 |



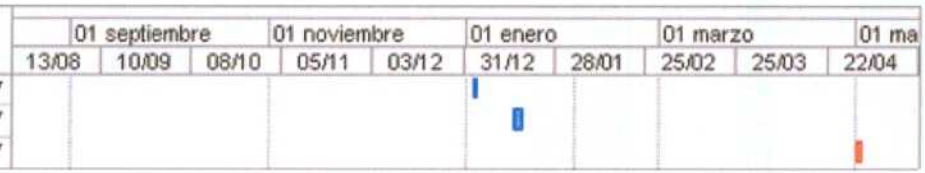
| Id | Nombre de tarea | Duración | Comienzo | Fin |
|---|---|---|---|---|
| 109 | Instalación de líneas y Válvulas | 12 días | lun 05/02/07 | mar 20/02/07 |
| 110 | **Instalación Mecánica** | **2 días** | **mié 21/02/07** | **jue 22/02/07** |
| 111 | Instalacion de motor y bomba | 2 días | mié 21/02/07 | jue 22/02/07 |
| 112 | **Bombas Verticales (4)** | **9 días** | **mié 20/12/06** | **lun 01/01/07** |
| 113 | **Instalación Eléctrica** | **2 días** | **mié 20/12/06** | **jue 21/12/06** |
| 114 | Conexionado desde Tablero e> | 2 días | mié 20/12/06 | jue 21/12/06 |
| 115 | **Instalación Mecánica** | **4 días** | **vie 22/12/06** | **mié 27/12/06** |
| 116 | Instalación de motor y acople c | 4 días | vie 22/12/06 | mié 27/12/06 |
| 117 | **Instalación de elementos de In** | **3 días** | **jue 28/12/06** | **lun 01/01/07** |
| 118 | Sistema de protección del motc | 1 día | jue 28/12/06 | jue 28/12/06 |
| 119 | Conexionado del sistema de cc | 2 días | vie 29/12/06 | lun 01/01/07 |
| 120 | **Bombas Horizontales (4)** | **18 días** | **mié 20/12/06** | **vie 12/01/07** |
| 121 | **Bomba de transferencia de cru** | **16 días** | **mié 20/12/06** | **mié 10/01/07** |
| 132 | **Bombas de Transferencia de a** | **18 días** | **mié 20/12/06** | **vie 12/01/07** |
| 143 | **Bomba de Achique del Tanque** | **15 días** | **mié 20/12/06** | **mar 09/01/07** |
| 154 | **Líneas de Tuberías** | **63 días** | **mié 10/01/07** | **mar 10/04/07** |
| 155 | **Lineas de succion y descarga c** | **31 días** | **vie 23/02/07** | **mar 10/04/07** |
| 156 | Colocación en zanja excavada | 7 días | vie 23/02/07 | lun 05/03/07 |
| 157 | Soldaduras | 20 días | mar 06/03/07 | lun 02/04/07 |
| 158 | Instalación de Válvulas | 4 días | mar 03/04/07 | mar 10/04/07 |
| 159 | **Lineas de succion y descarga c** | **7 días** | **vie 19/01/07** | **lun 29/01/07** |
| 160 | Colocación en sitio | 1 día | vie 19/01/07 | vie 19/01/07 |
| 161 | Soldaduras | 5 días | lun 22/01/07 | vie 26/01/07 |
| 162 | Instalación de Válvulas | 1 día | lun 29/01/07 | lun 29/01/07 |
| 163 | **Lineas de succion y descarga c** | **10 días** | **mar 30/01/07** | **lun 12/02/07** |
| 164 | Colocación en sitio | 1 día | mar 30/01/07 | mar 30/01/07 |
| 165 | Soldaduras | 7 días | mié 31/01/07 | jue 08/02/07 |



| Id | Nombre de tarea | Duración | Comienzo | Fin |
|---|---|---|---|---|
| 166 | Instalación de Válvulas | 2 días | vie 09/02/07 | lun 12/02/07 |
| 167 | **Lineas de succion y descarga c** | **9 días** | **mié 10/01/07** | **lun 22/01/07** |
| 168 | **Lineas de succion y descai** | **4 días** | **mié 10/01/07** | **lun 15/01/07** |
| 169 | Colocación en sitio | 1 día | mié 10/01/07 | mié 10/01/07 |
| 170 | Soldaduras | 2 días | jue 11/01/07 | vie 12/01/07 |
| 171 | Instalación de Válvulas | 1 día | lun 15/01/07 | lun 15/01/07 |
| 172 | **Lineas de succion y descai** | **4 días** | **vie 12/01/07** | **mié 17/01/07** |
| 173 | Colocación en sitio | 1 día | vie 12/01/07 | vie 12/01/07 |
| 174 | Soldaduras | 2 días | lun 15/01/07 | mar 16/01/07 |
| 175 | Instalación de Válvulas | 1 día | mié 17/01/07 | mié 17/01/07 |
| 176 | **Lineas de succion y descai** | **3 días** | **jue 18/01/07** | **lun 22/01/07** |
| 177 | Colocación en sitio | 1 día | jue 18/01/07 | jue 18/01/07 |
| 178 | Soldaduras | 1 día | vie 19/01/07 | vie 19/01/07 |
| 179 | Instalación de Válvulas | 1 día | lun 22/01/07 | lun 22/01/07 |
| 180 | **Calibración y Pruebas** | **84 días** | **mar 02/01/07** | **mié 02/05/07** |
| 181 | **Pruebas** | **67 días** | **mar 23/01/07** | **lun 30/04/07** |
| 182 | **Hidrostáticas** | **67 días** | **mar 23/01/07** | **lun 30/04/07** |
| 183 | Prueba HidrostáticaT-203A | 7 días | vie 20/04/07 | lun 30/04/07 |
| 184 | Prueba Hidrostática Tuberías | 3 días | mar 23/01/07 | jue 25/01/07 |
| 185 | Prueba Hidrostática Skimmer | 2 días | mar 30/01/07 | mié 31/01/07 |
| 186 | Prueba Hidrostática Celdas | 2 días | mar 13/02/07 | mié 14/02/07 |
| 187 | **Radiografías** | **8 días** | **vie 26/01/07** | **mar 06/02/07** |
| 188 | Soldaduras | 8 días | vie 26/01/07 | mar 06/02/07 |
| 189 | **Calibración y puesta a punto** | **84 días** | **mar 02/01/07** | **mié 02/05/07** |
| 190 | Skimmer | 2 días | jue 01/02/07 | vie 02/02/07 |
| 191 | Celdas | 4 días | jue 15/02/07 | mar 20/02/07 |
| 192 | **Bombas** | **12 días** | **mar 02/01/07** | **mié 17/01/07** |



| Id | | Nombre de tarea | Duración | Comienzo | Fin |
|---|---|---|---|---|---|
| 193 | | Verticales | 2 días | mar 02/01/07 | mié 03/01/07 |
| 194 | | Horizontales | 3 días | lun 15/01/07 | mié 17/01/07 |
| 195 | | Sistema de control de nivel del T-20 | 2 días | mar 01/05/07 | mié 02/05/07 |



# ANEXO C. REPORTE DE SIMULACION DE MONTECARLO

**Informe de Crystal Ball - Completo**
La simulación comenzó en 11/24/2006 en 22:40:46
La simulación se detuvo en 11/24/2006 en 22:40:48

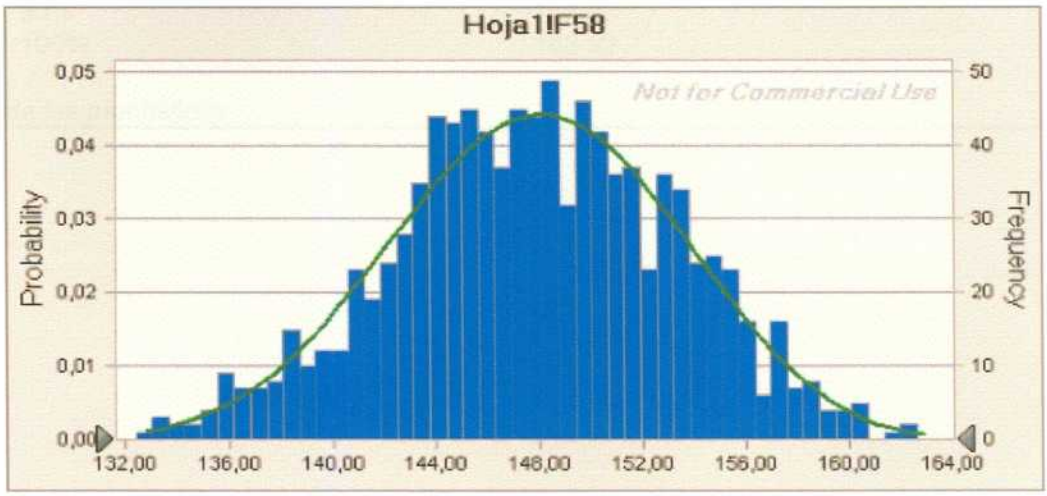
| | |
|---|---|
| Ejecutar preferencias: | |
| Cantidad de iteraciones ejecut | 1.000 |
| Velocidad extrema | |
| Monte Carlo | |
| Semilla aleatoria | |
| Control de precisión en | |
| Nivel de confianza | 95,00% |
| | |
| Estadísticas de ejecución: | |
| Tiempo total de ejecución (seg | 2,13 |
| Iteraciones/segundo (promedi | 469 |
| Números aleatorios por seg. | 25.788 |
| | |
| Datos de Crystal Ball: | |
| Supuestos | 55 |
| Correlaciones | 0 |
| Grupos correlacionados | 0 |
| Variables de decisión | 1 |
| Pronósticos | 1 |

**Pronósticos**

**Hoja de trabajo: [Montecarlos 2.xls]Hoja1**

**Pronóstico: F58** **Celda: F58**

Resumen:
El rango completo está entre 131,85 y 163,92
El caso base es 145,00
Luego de 1.000 los iteraciones, el error est. de la media es 0,18




| Estadísticas: | Valores pronosticados |
|---|---|
| Iteraciones | 1.000 |
| Media | 147,87 |
| Mediana | 147,74 |
| Moda | --- |
| Desviación Estándar | 5,45 |
| Varianza | 29,69 |
| Coeficiente de Asimetria | 0,1261 |
| Curtosis | 2,81 |
| Coeficiente de Variacion | 0,0369 |
| Mínimo | 131,53 |
| Máximo | 165,81 |
| Ancho del rango | 34,28 |
| Error Estándar de la Media | 0,17 |

**Pronóstico: F58 (continúa)** **Celda: F58**

| Percentiles: | Valores pronosticados |
|---|---|
| 0% | 131,85 |
| 10% | 140,84 |
| 20% | 143,24 |
| 30% | 144,89 |
| 40% | 146,28 |
| 50% | 147,84 |
| 60% | 149,31 |
| 70% | 150,83 |
| 80% | 152,83 |
| 90% | 154,88 |
| 100% | 163,92 |

Fin de los pronósticos

## Supuestos

**Hoja de trabajo: [Libro2]Hoja1**

**Supuesto: D22** **Celda: D22**

Triangular distribución con parámetros:

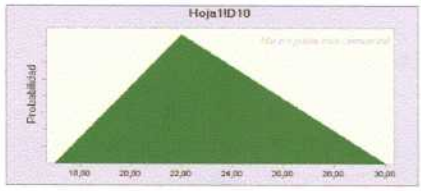
| | |
|---|---|
| Mínimo | 15,00 |
| Más probable | 17,00 |
| Máximo | 20,00 |

**Hoja de trabajo: [Montecarlos 2.xls]Hoja1**

**Supuesto: D10** **Celda: D10**

Triangular distribución con parámetros:

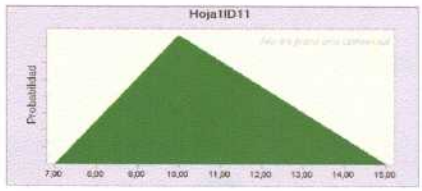
| | |
|---|---|
| Mínimo | 17,00 |
| Más probable | 22,00 |
| Máximo | 30,00 |




**Supuesto: D11** **Celda: D11**

Triangular distribución con parámetros:

| | |
|---|---|
| Mínimo | 7,00 |
| Más probable | 10,00 |
| Máximo | 15,00 |




**Supuesto: D12** **Celda: D12**

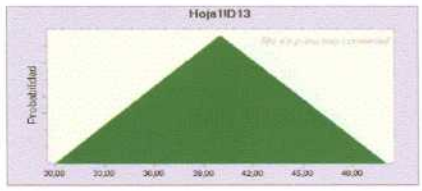
Triangular distribución con parámetros:

| | |
|---|---|
| Mínimo | 2,00 |
| Más probable | 3,00 |
| Máximo | 5,00 |

**Supuesto: D13** **Celda: D13**

Triangular distribución con parámetros:

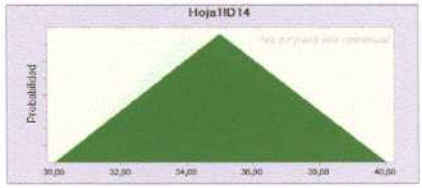
| | |
|---|---|
| Mínimo | 30,00 |
| Más probable | 40,00 |
| Máximo | 50,00 |




**Supuesto: D14** **Celda: D14**

Triangular distribución con parámetros:

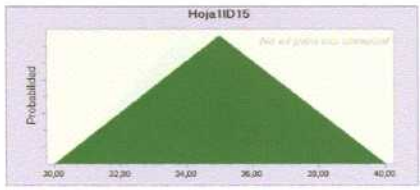
| | |
|---|---|
| Mínimo | 30,00 |
| Más probable | 35,00 |
| Máximo | 40,00 |




**Supuesto: D15** **Celda: D15**

Triangular distribución con parámetros:

| | |
|---|---|
| Mínimo | 30,00 |
| Más probable | 35,00 |
| Máximo | 40,00 |




**Supuesto: D16** **Celda: D16**

Triangular distribución con parámetros:

| | |
|---|---|
| Mínimo | 16,00 |
| Más probable | 18,00 |
| Máximo | 20,00 |

**Supuesto: D17** **Celda: D17**

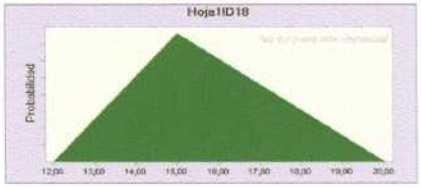
Triangular distribución con parámetros:

| | |
|---|---|
| Mínimo | 15,00 |
| Más probable | 18,00 |
| Máximo | 20,00 |

**Supuesto: D18** **Celda: D18**

Triangular distribución con parámetros:

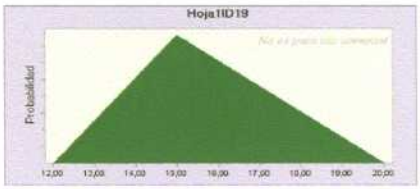
| | |
|---|---|
| Mínimo | 12,00 |
| Más probable | 15,00 |
| Máximo | 20,00 |




**Supuesto: D19** **Celda: D19**

Triangular distribución con parámetros:

| | |
|---|---|
| Mínimo | 12,00 |
| Más probable | 15,00 |
| Máximo | 20,00 |




**Supuesto: D20** **Celda: D20**

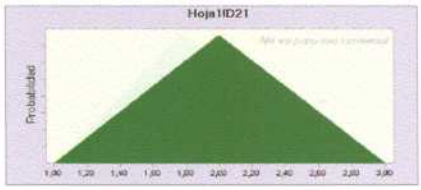
Triangular distribución con parámetros:

| | |
|---|---|
| Mínimo | 15,00 |
| Más probable | 20,00 |
| Máximo | 25,00 |

**Supuesto: D21** **Celda: D21**

Triangular distribución con parámetros:

| | |
|---|---|
| Mínimo | 1,00 |
| Más probable | 2,00 |
| Máximo | 3,00 |




**Supuesto: D22** **Celda: D22**

Triangular distribución con parámetros:

| | |
|---|---|
| Mínimo | 15,00 |
| Más probable | 17,00 |
| Máximo | 20,00 |

**Supuesto: D23** **Celda: D23**

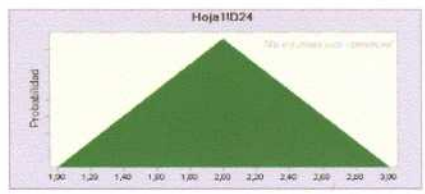
Triangular distribución con parámetros:

| | |
|---|---|
| Mínimo | 12,00 |
| Más probable | 15,00 |
| Máximo | 20,00 |

**Supuesto: D24** **Celda: D24**

Triangular distribución con parámetros:

| | |
|---|---|
| Mínimo | 1,00 |
| Más probable | 2,00 |
| Máximo | 3,00 |



**Supuesto: D25** **Celda: D25**

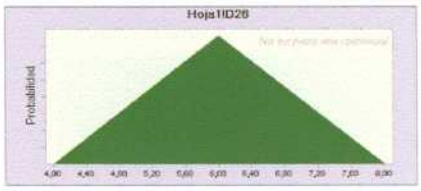
Triangular distribución con parámetros:

| | |
|---|---|
| Mínimo | 12,00 |
| Más probable | 15,00 |
| Máximo | 20,00 |

**Supuesto: D26** **Celda: D26**

Triangular distribución con parámetros:

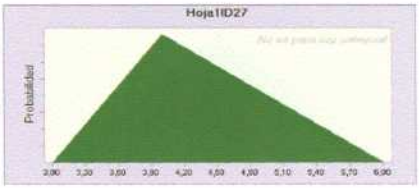
| | |
|---|---|
| Mínimo | 4,00 |
| Más probable | 6,00 |
| Máximo | 8,00 |




**Supuesto: D27** **Celda: D27**

Triangular distribución con parámetros:

| | |
|---|---|
| Mínimo | 3,00 |
| Más probable | 4,00 |
| Máximo | 6,00 |




**Supuesto: D28** **Celda: D28**

Triangular distribución con parámetros:

| | |
|---|---|
| Mínimo | 25,00 |
| Más probable | 30,00 |
| Máximo | 35,00 |

**Supuesto: D29** **Celda: D29**

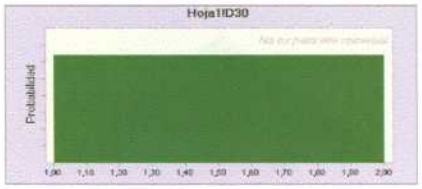
Triangular distribución con parámetros:

| | |
|---|---|
| Mínimo | 8,00 |
| Más probable | 10,00 |
| Máximo | 13,00 |

**Supuesto: D30** **Celda: D30**

Uniforme distribución con parámetros:

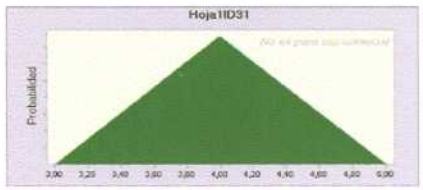
| | |
|---|---|
| Mínimo | 1,00 |
| Máximo | 2,00 |




**Supuesto: D31** **Celda: D31**

Triangular distribución con parámetros:

| | |
|---|---|
| Mínimo | 3,00 |
| Más probable | 4,00 |
| Máximo | 5,00 |




**Supuesto: D32** **Celda: D32**

Triangular distribución con parámetros:

| | |
|---|---|
| Mínimo | 15,00 |
| Más probable | 19,00 |
| Máximo | 25,00 |

**Supuesto: D33** **Celda: D33**

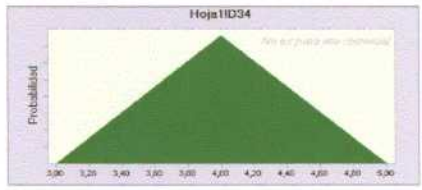
Triangular distribución con parámetros:

| | |
|---|---|
| Mínimo | 17,00 |
| Más probable | 19,00 |
| Máximo | 22,00 |

**Supuesto: D34** **Celda: D34**

Triangular distribución con parámetros:

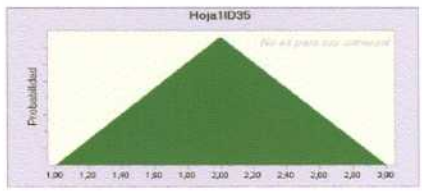
| | |
|---|---|
| Mínimo | 3,00 |
| Más probable | 4,00 |
| Máximo | 5,00 |




**Supuesto: D35** **Celda: D35**

Triangular distribución con parámetros:

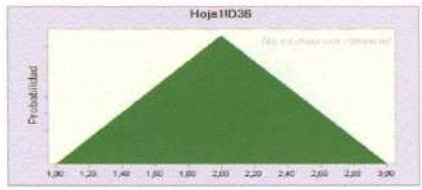
| | |
|---|---|
| Mínimo | 1,00 |
| Más probable | 2,00 |
| Máximo | 3,00 |




**Supuesto: D36** **Celda: D36**

Triangular distribución con parámetros:

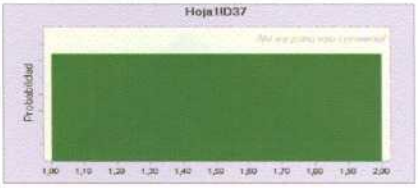
| | |
|---|---|
| Mínimo | 1,00 |
| Más probable | 2,00 |
| Máximo | 3,00 |



**Supuesto: D37** **Celda: D37**

Uniforme distribución con parámetros:

| | |
|---|---|
| Mínimo | 1,00 |
| Máximo | 2,00 |




**Supuesto: D38** **Celda: D38**

Triangular distribución con parámetros:

| | |
|---|---|
| Mínimo | 1,00 |
| Más probable | 2,00 |
| Máximo | 3,00 |

**Supuesto: D39** **Celda: D39**

Triangular distribución con parámetros:

| | |
|---|---|
| Mínimo | 20,00 |
| Más probable | 23,00 |
| Máximo | 26,00 |

**Supuesto: D40** **Celda: D40**

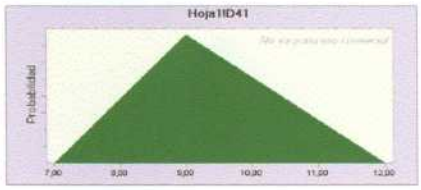
Triangular distribución con parámetros:

| | |
|---|---|
| Mínimo | 32,00 |
| Más probable | 37,00 |
| Máximo | 40,00 |

**Supuesto: D41** **Celda: D41**

Triangular distribución con parámetros:

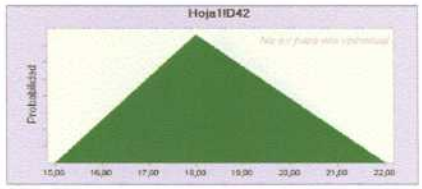
| | |
|---|---|
| Mínimo | 7,00 |
| Más probable | 9,00 |
| Máximo | 12,00 |




**Supuesto: D42** **Celda: D42**

Triangular distribución con parámetros:

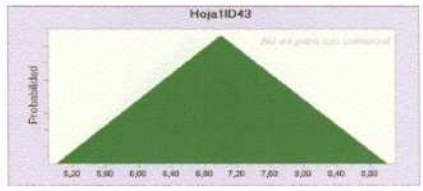
| | |
|---|---|
| Mínimo | 15,00 |
| Más probable | 18,00 |
| Máximo | 22,00 |




**Supuesto: D43** **Celda: D43**

Triangular distribución con parámetros:

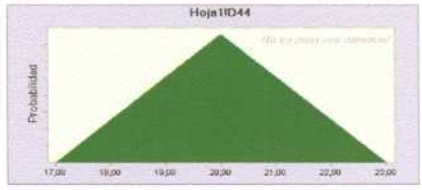
| | |
|---|---|
| Mínimo | 5,00 |
| Más probable | 7,00 |
| Máximo | 9,00 |




**Supuesto: D44** **Celda: D44**

Triangular distribución con parámetros:

| | |
|---|---|
| Mínimo | 17,00 |
| Más probable | 20,00 |
| Máximo | 23,00 |



**Supuesto: D45** **Celda: D45**

Triangular distribución con parámetros:

| | |
|---|---|
| Mínimo | 3,00 |
| Más probable | 4,00 |
| Máximo | 5,00 |

**Supuesto: D46** **Celda: D46**

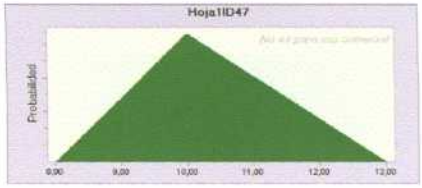
Triangular distribución con parámetros:

| | |
|---|---|
| Mínimo | 5,00 |
| Más probable | 7,00 |
| Máximo | 9,00 |

**Supuesto: D47** **Celda: D47**

Triangular distribución con parámetros:

| | |
|---|---|
| Mínimo | 8,00 |
| Más probable | 10,00 |
| Máximo | 13,00 |




**Supuesto: D48** **Celda: D48**

Triangular distribución con parámetros:

| | |
|---|---|
| Mínimo | 7,00 |
| Más probable | 9,00 |
| *Máximo* | *11,00* |

**Supuesto: D49** **Celda: D49**

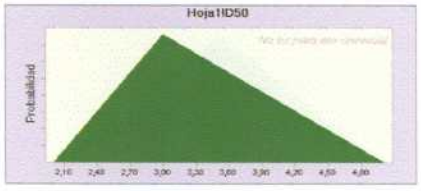
Triangular distribución con parámetros:

| | |
|---|---|
| Mínimo | 6,00 |
| Más probable | 7,00 |
| Máximo | 8,00 |

**Supuesto: D50** **Celda: D50**

Triangular distribución con parámetros:

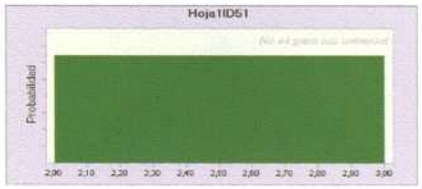
| | |
|---|---|
| Mínimo | 2,00 |
| Más probable | 3,00 |
| Máximo | 5,00 |




**Supuesto: D51** **Celda: D51**

Uniforme distribución con parámetros:

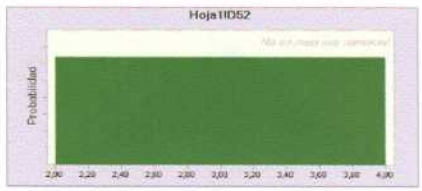
| | |
|---|---|
| Mínimo | 2,00 |
| Máximo | 3,00 |




**Supuesto: D52** **Celda: D52**

Uniforme distribución con parámetros:

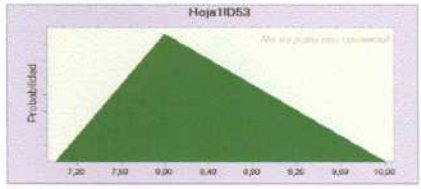
| | |
|---|---|
| Mínimo | 2,00 |
| Máximo | 4,00 |



**Supuesto: D53** **Celda: D53**

Triangular distribución con parámetros:

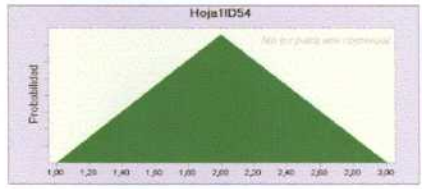
| | |
|---|---|
| Mínimo | 7,00 |
| Más probable | 8,00 |
| Máximo | 10,00 |




**Supuesto: D54** **Celda: D54**

Triangular distribución con parámetros:

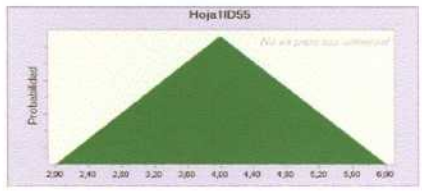
| | |
|---|---|
| Mínimo | 1,00 |
| Más probable | 2,00 |
| Máximo | 3,00 |




**Supuesto: D55** **Celda: D55**

Triangular distribución con parámetros:

| | |
|---|---|
| Mínimo | 2,00 |
| Más probable | 4,00 |
| Máximo | 6,00 |




**Supuesto: D56** **Celda: D56**

Triangular distribución con parámetros:

| | |
|---|---|
| Mínimo | 1,00 |
| Más probable | 2,00 |
| Máximo | 3,00 |

**Supuesto: D57** **Celda: D57**

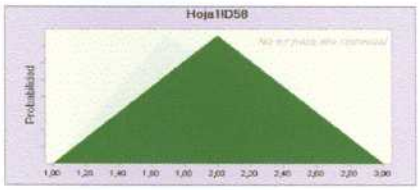
Triangular distribución con parámetros:

| | |
|---|---|
| Mínimo | 2,00 |
| Más probable | 3,00 |
| Máximo | 4,00 |

**Supuesto: D58** **Celda: D58**

Triangular distribución con parámetros:

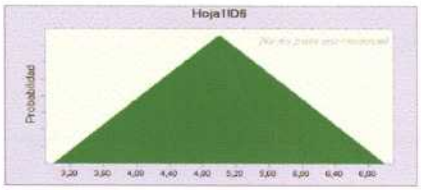
| | |
|---|---|
| Mínimo | 1,00 |
| Más probable | 2,00 |
| Máximo | 3,00 |




**Supuesto: D6** **Celda: D6**

Triangular distribución con parámetros:

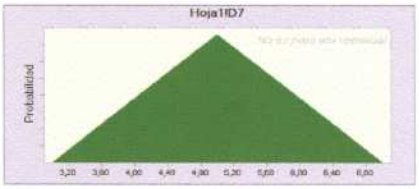
| | | |
|---|---|---|
| Mínimo | 3,00 | (=C6) |
| Más probable | 5,00 | |
| Máximo | 7,00 | (=E6) |




**Supuesto: D7** **Celda: D7**

Triangular distribución con parámetros:

| | |
|---|---|
| Mínimo | 3,00 |
| Más probable | 5,00 |
| Máximo | 7,00 |



**Supuesto: D8** **Celda: D8**

Triangular distribución con parámetros:

| | |
|---|---|
| Mínimo | 2,00 |
| Más probable | 3,00 |
| Máximo | 4,00 |

**Supuesto: D9** **Celda: D9**

Triangular distribución con parámetros:

| | |
|---|---|
| Mínimo | 1,00 |
| Más probable | 2,00 |
| Máximo | 4,00 |

**Supuesto: mas probable** **Celda: D5**

Triangular distribución con parámetros:

| | |
|---|---|
| Mínimo | 10,00 |
| Más probable | 14,00 |
| Máximo | 18,00 |

Fin de los supuestos

**Variables de decisión**

**Hoja de trabajo: [Montecarlos 2.xls]Hoja1**

**Variable de decisión: DURACION** **Celda: F61**

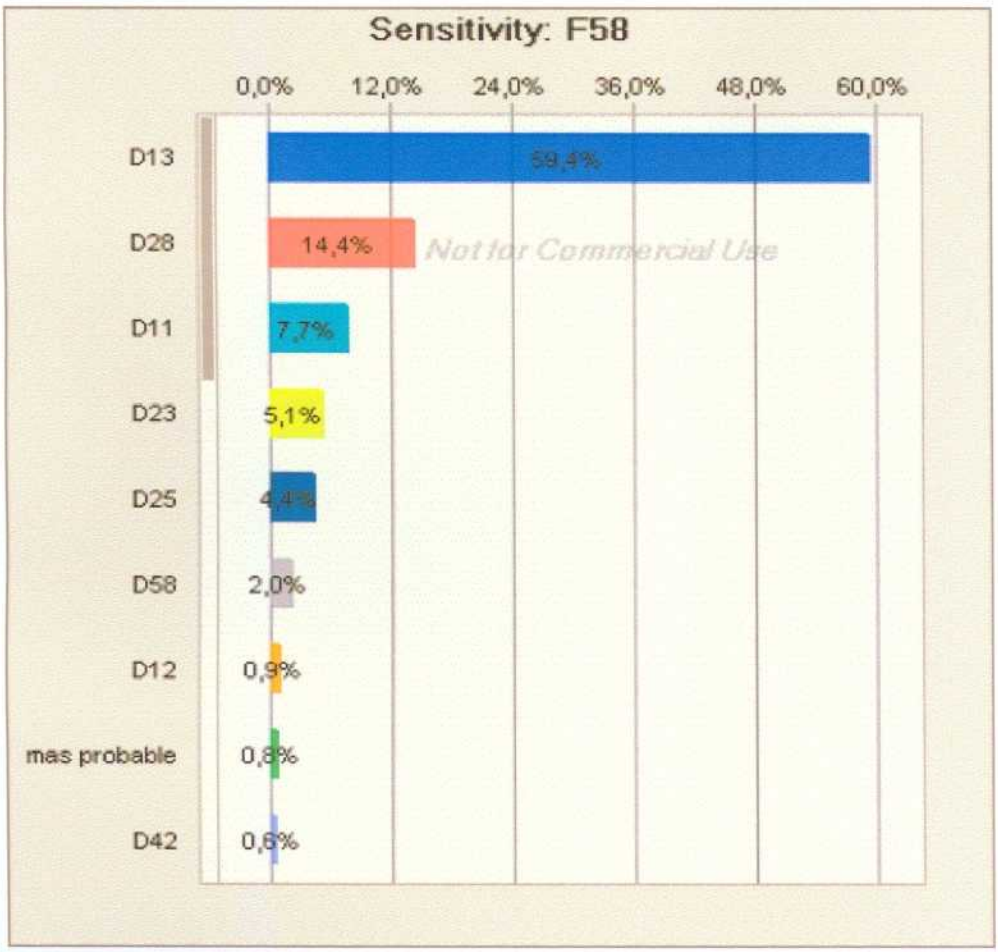
Límites de la variable:

| | |
|---|---|
| Inferior | 117,00 |
| Superior | 186,00 |

Tipo de variable: Contínuo

Fin de las variables de decisión

**Gráficos de sensibilidad**



Not for Commercial Use