



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA
INGENIERÍA QUÍMICA – INGENIERÍA QUÍMICA Y ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS

ADMINISTRACIÓN DE RIESGOS EN UN PROYECTO DE INGENIERÍA, PROCURA Y
CONSTRUCCIÓN (IPC), DE DOS PLANTAS CRIOGÉNICAS MODULARES

TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRO EN INGENIERÍA

PRESENTA:
I.Q LAURA NATALIA HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ

TUTOR PRINCIPAL
JOSE ANTONIO, ORTIZ, RAMIREZ, F.Q. UNAM

MÉXICO, D. F. DICIEMBRE 2014



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

JURADO ASIGNADO:

Presidente: ING. MANUEL MIGUEL LÓPEZ RAMOS
Secretario: ING. CELESTINO MONTIEL MALDONADO
1er. Vocal: M. A. FERNANDO JOSÉ BÁEZ RAMOS
2do.Vocal: M. I. EZEQUIEL MILLÁN VELASCO
3er. Vocal: M. I. JOSÉ ANTONIO ORTIZ RAMÍREZ

Lugar o lugares donde se realizó la tesis: Torre de Ingeniería, UNAM.

TUTOR DE TESIS:

M.I JOSÉ ANTONIO ORTIZ RAMÍREZ

FIRMA

(Segunda hoja)

*Dedico esta tesis a mi familia,
por todo su amor y comprensión.*

*A Francisco,
por ser alguien muy especial en mi vida.*

AGRADECIMIENTOS

Un especial agradecimiento a mi asesor de tesis M.I José Antonio Ortiz por su valiosa orientación y apoyo para la realización de este trabajo de tesis.

A mis profesores con los que he tenido la fortuna de convivir y aprender.

Agradezco al Consejo de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo económico brindado para realizar los estudios de maestría.

ÍNDICE GENERAL

Índice de tablas	6
índice de ilustraciones.....	7
CAPÍTULO I.....	1
Justificación	2
Descripción del problema	4
limitaciones	5
Objetivos	6
Generales	6
Particulares.....	6
Hipótesis.....	7
Alcance	7
CAPÍTULO II.....	8
Introducción	9
Introducción a la Administración De Proyectos.....	11
Fases y ciclo de vida de un proyecto	12
Administración de tiempo y Costo en proyectos	14
Panorama histórico de administración de riesgos de proyecto.....	21
¿Qué es riesgo?	25
¿Riesgo o incertidumbre?	28
Proceso de Administración de riesgo.....	30
Proceso de Identificación de riesgo	34
Análisis de riesgo	42
Plan de respuesta al riesgo.....	44
Control y Monitoreo de Riesgo	52
Simulación Monte Carlo como método de análisis cuantitativo	53
Simulación Monte Carlo	53
Método monte carlo	56
Proyectos IPC.....	65
CAPÍTULO III	66

INTRODUCCIÓN AL CASO DE ESTUDIO.....	67
Dictamen del proyecto.....	67
Descripción de proyecto	68
Descripción del proceso	69
METODOLOGÍA.....	73
Identificación de Riesgos.....	73
Análisis Cualitativo	73
Análisis Cuantitativo.....	75
Plan de Respuesta al riesgo.....	77
RESULTADOS	78
Riesgos Identificados.....	78
Análisis Cualitativo del proyecto	80
Análisis Cuantitativo del proyecto.....	88
Plan de respuesta al riesgo.....	95
Conclusiones	104
ANEXOS.....	107
ANEXO A. CUESTIONARIO PARA LA EVALUACIÓN CUALITATIVA DE LOS RIESGOS DEL PROYECTO IDENTIFICADOS.	107
Riesgos externos.....	107
Directos	107
Riesgos internos	111
ANEXO B PROGRAMA DE EJECUCIÓN DE PROYECTO.....	119
ANEXO C. METODOLOGÍA PARA LA REALIZACIÓN DE UN HISTOGRAMA Y SU INTERPRETACIÓN	134
ANEXO D. PRESUPUESTO ASIGNADO A LOS RIESGOS.....	136
ANEXO E. RESPUESTA IFAI.....	138
GLOSARIO	140
Referencias.....	144

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1 Técnicas y Herramientas para la identificación del Riesgo</i>	35
<i>Tabla 2 Clasificación de las Distribuciones de probabilidad</i>	57
<i>Tabla 3 Distribuciones de Probabilidad</i>	58
<i>Tabla 4 Tabla del impacto de un riesgo en los objetivos principales del proyecto</i>	74
<i>Tabla 5. Probabilidad de ocurrencia</i>	74
<i>Tabla 6 Matriz de Probabilidad-Impacto.</i>	75
<i>Tabla 7 Parámetros de tiempo usados en la simulación</i>	76
<i>Tabla 8 Parámetros de costo usados en la simulación</i>	77
<i>Tabla 9 Clasificación de los riesgos del Proyecto</i>	78
<i>Tabla 10. RBD del Proyecto</i>	79
<i>Tabla 11. Probabilidad-Impacto de los riesgos del Proyecto</i>	80
<i>Tabla 12 Jerarquización de los Riesgos de Proyecto</i>	82
<i>Tabla 13. Eventos identificados de alto Riesgo</i>	84
<i>Tabla 14 Respuesta IFAI Proyecto Plantas Criogénicas Modulares</i>	88
<i>Tabla 15 Resultados de tiempo del Proyecto</i>	90
<i>Tabla 16 Comparativa del tiempo programados originalmente y el real</i>	90
<i>Tabla 17 Comparativa entre el tiempo de acuerdo a la simulación y tiempo real</i>	90
<i>Tabla 18 Comparativa entre el tiempo programados y el tiempo de acuerdo a la simulación</i>	90
<i>Tabla 19 Costo del Proyecto Criogénicas</i>	92
<i>Tabla 20 Comparativa entre el costo de acuerdo a la simulación y costo real</i>	94
<i>Tabla 21 Comparativa entre el costo programados y el costo de acuerdo a la simulación</i>	94
<i>Tabla 22 Eventos de Alto Riesgo para el proyecto</i>	95
<i>Tabla 23 Plan de respuesta al riesgo</i>	97
<i>Tabla 24 Comparativa impacto sobre el proyectos de los riesgos antes y después de aplicar el plan de control de riesgos.</i>	101

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1 Restricción cuádruple de la administración de proyectos, http://www.auval.com.mx.....</i>	<i>12</i>
<i>Ilustración 2 Niveles típicos de costo y dotación de personal durante el ciclo de vida del proyecto.....</i>	<i>13</i>
<i>Ilustración 3 Ejemplo de una Estructura de Desglose de Trabajo Basada en los Entregables.</i>	<i>14</i>
<i>Ilustración 4. Ejemplo de red de flechas.....</i>	<i>15</i>
<i>Ilustración 5 Ejemplo de Red de Precedencia.....</i>	<i>16</i>
<i>Ilustración 6. Ejemplo de malla PERT.....</i>	<i>17</i>
<i>Ilustración 7 Ejemplo de línea base de costos.....</i>	<i>18</i>
<i>Ilustración 8 Valor planificado, costo actual y valor ganado.....</i>	<i>20</i>
<i>Ilustración 9. Ejemplo de diagrama de Gantt.....</i>	<i>21</i>
<i>Ilustración 10 Proceso de Administración de Riesgos.....</i>	<i>24</i>
<i>Ilustración 11 Descripción General de la Administración de riesgos del Proyecto (PMBOK 5ta edición, 2013).....</i>	<i>32</i>
<i>Ilustración 12 Proceso genérico de administración de riesgo (H. Khamooshi 2004).....</i>	<i>33</i>
<i>Ilustración 13. Ejemplo de una estructura desglosada de Riesgo (Traducción Mehdizadeh, 2012).....</i>	<i>40</i>
<i>Ilustración 14 Ejemplo de matriz de probabilidad-impacto.....</i>	<i>43</i>
<i>Ilustración 15 Gráfico de planificación de respuesta a los riesgos, Piney (2002).....</i>	<i>50</i>
<i>Ilustración 16 Matriz para planificar la respuesta al riesgo, traducido de Corinne & Marshall (2006).</i>	<i>51</i>
<i>Ilustración 17 Procesos básicos para el análisis por el método Monte Carlo.</i>	<i>55</i>
<i>Ilustración 18 Proceso de simulación estocástica de un proyecto, (Elkjaer, 2000).</i>	<i>63</i>
<i>Ilustración 19 Distribución acumulada en un proyecto, (Elkjaer, 2000).....</i>	<i>72</i>
<i>Ilustración 20. Proceso Criogénico (www.gas.pemex.com).</i>	<i>762</i>
<i>Ilustración 21. P Programa de Actividades del Proyecto.....</i>	<i>766</i>
<i>Ilustración 22 Distribución de los riesgos asociados al proyecto por Categoría.</i>	<i>83</i>
<i>Ilustración 23 Histograma de valores de tiempo total del proyecto.....</i>	<i>89</i>
<i>Ilustración 24 Histograma de valores de costo total del proyecto.....</i>	<i>93</i>

CAPÍTULO I

Introducción

“A ship is safe in harbor, but that's not
what ships are for.”

William G.T. Shedd



JUSTIFICACIÓN

Los proyectos de Ingeniería, Procura y Construcción (IPC) se manejan generalmente con un nivel de variables considerablemente alto debido, en parte, a que se trata de proyectos multidisciplinarios con un gran nivel de complejidad, además de la dificultad que se tiene para controlar las variables, tanto internas como externas, que afectan al proyecto. Debido a lo anterior, la labor de administrar correctamente los proyectos IPC para llevarlos a término exitoso, es decir que cumplan con los plazos establecidos, dentro del presupuesto y a plena satisfacción del cliente, es una labor compleja.

Hay proyectos que no se finalizan dentro del costo y el plazo estipulados inicialmente o con la calidad que se esperaría de ellos. Un estudio llevado a cabo por el IPA (Independent Project Analysis¹) en 2011, encontró que en promedio sólo el 37 por ciento de los proyectos de construcción cumple con los criterios de éxito, incluyendo programación, seguridad, operatividad y el costo final del proyecto (Finance 2006). Otros estudios realizados arrojan datos similares; por ejemplo, de acuerdo al ²Banco Mundial, de 1178 proyectos realizados entre 1974 y 1988, el 63% terminó en un plazo significativamente mayor al programado (Baloi y Price 2003). En este mismo periodo Pipattanapiwong encontró que los retrasos podrían variar de un 50% hasta un 809% más

¹ Independent Project Analysis: : Es una consultoría de evaluación de proyectos y evaluación comparativa de sistemas de proyectos, fundada en 1987.

² Banco mundial: Es un organismo especializado del sistema de las Naciones Unidas, que se define como una fuente de asistencia financiera y técnica para los llamados países en desarrollo; fué fundada en 1944.



del tiempo programado (Mehdizadeh 2013). Por otro lado Morris y Hough realizaron un estudio de los costos en una muestra de 3500 proyectos realizados en todo el mundo y determinaron que generalmente se exceden en costo en un rango que varía del 40% al 200 % (Mehdizadeh 2013). Lo anterior puede deberse a muchas causas, por ejemplo cambios o retrabajos en el diseño, demora en las entregas, mala planeación e incluso el mal clima puede provocar atrasos y costos extras. Ningún proyecto está exento de riesgos, por lo que vale la pena tomarlos en cuenta durante todo el ciclo de vida del proyecto, para así aumentar sus posibilidades de éxito.

Para Klemetti la administración del riesgo es actualmente un factor crucial en la administración de proyectos exitosos (Klemetti 2006); para Baloi y Price existe una relación directa entre la administración efectiva del riesgo y el éxito del proyecto, ya que los riesgos son evaluados por su efecto potencial sobre los objetivos del proyecto (Baloi y Price 2003). Sin embargo la evidencia muestra que existe una brecha entre lo existente referente a técnicas de administración de riesgo y su aplicación práctica; la experiencia muestra que la administración de riesgos es una metodología poco empleada pese a los beneficios que implica su uso.

Administrar los riesgos ofrece beneficios auténticos e importantes para organizaciones, sus proyectos y sus participantes, pero éstos nunca se alcanzarán sin reconocer la importancia de gestionar riesgos en cada nivel del negocio o sin una eficacia operativa en desempeñar la gestión del riesgo en la práctica.

A lo largo de este trabajo, se resaltarán la importancia del análisis de riesgo como herramienta de suma importancia para la consecución exitosa de los objetivos del proyecto. El reto es crear conciencia del papel fundamental que tiene la administración de riesgos como una de las claves para lograr un proyecto exitoso que conduzca a las organizaciones a mejorar su cultura de riesgo y lleve a que éste sea encarado de manera activa y no pasiva



como generalmente viene haciéndose, lo que conllevaría ahorros significativos de recursos al proporcionar la oportunidad de actuar antes de que el riesgo ocurra.

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Para la mayoría de las organizaciones, especialmente del ramo de la ingeniería y la construcción, la administración de proyectos es una actividad importante para el desarrollo de un proyecto y pieza fundamental en la consecución de sus objetivos; en general todos los involucrados son conscientes de los grandes beneficios que ofrece, sin embargo la administración del riesgo es una de las áreas menos aprovechadas de la administración de proyectos desde el punto de vista práctico; debido, entre otras cosas, a la carencia de conocimiento sobre el tema y a la falta de claridad sobre los beneficios que ofrece. En este trabajo se expone una metodología que pretende difundir como los riesgos dentro de cualquier proyecto pueden ser identificados, analizados y sobre todo planificados para así lograr que se reduzcan sus efectos negativos, siendo este el objetivo final del proceso de administración de riesgos; para tal motivo para este trabajo, se requirió del respaldo de un equipo con experiencia y dominio técnico de las especialidades que se incluyen en el caso de estudio que se analizará proyecto.

En el caso de estudio se mostrará la administración de riesgo para el proyecto de Ingeniería, Procura y Construcción: “Construcción de dos Plantas Criogénicas tipo modular y la infraestructura necesaria para su integración”. Proyecto realizado por PEMEX durante los años de 2006 a 2008.

Se optó por presentar un proyecto de construcción modular debido al creciente interés en el desarrollo de diferentes enfoques de construcción que permitan ser más eficientes, precisos y seguros. El término módulo se define en la literatura como: “*Un producto que resulta de una serie de operaciones de montaje a distancia. Por lo general, es la unidad transportable más grande o componente de una instalación*” (Azhar, Lukkad y Ahmad 2013). Diversas investigaciones realizadas en Estados Unidos han encontrados que las técnicas de construcción por módulos ofrece diversas ventajas, tales como: reducción de tiempo y ahorro en costos, una menor dependencia de trabajadores especializados, aumento de la calidad del proyecto e incremento de la productividad en el sitio del trabajo; por lo que son una buena opción en muchos de los proyectos que impliquen construcción.



Por la naturaleza propia del proyecto y sus características tales como límite de tiempo, limitaciones financieras, requisitos económicos, complejidad técnica, entre otras, hacen de éste un proyecto que requiere la implementación de técnicas de administración de riesgo y un ejemplo ideal para mostrar sus ventajas especialmente durante las primeras etapas del proyecto.

Es importante mencionar que la finalidad de la administración de riesgo no es eliminar los riesgos por completo, pues esto es imposible. Lo que se propone es administrar eficientemente los riesgos de tal forma que pueda definirse una estrategia y mecanismos de acción para hacer frente a los efectos negativos y disminuir los impactos de tener costos extras y retrasos en el proyecto.

LIMITACIONES

La metodología de administración de riesgos que se empleó en el caso de estudio se basó en las prácticas recomendadas descritas por el ³PMBOK 5ta edición. La identificación y cuantificación de los riesgos fueron tomadas de un cuestionario aplicado a diversos actores que participaron en el proyecto que se analizará en este trabajo.

El análisis de riesgo se aplicó al caso de estudio durante la fase de planificación, aunque es importante mencionar que la administración de riesgos es un proceso cíclico que debe repetirse a lo largo de todo el ciclo de vida de un proyecto debido a que éste último es dinámico y sus condiciones pueden cambiar a lo largo del tiempo y por lo tanto las amenazas a las que se ve expuesto. Así mismo requiere de monitoreo y actualización constante para que los resultados sean los mejores. Independientemente de lo anterior, las ventajas de esta técnica pueden mostrarse en la etapa de planificación del proyecto.

³ PMBOK: Por sus siglas en inglés Project Management Body of Knowledge, desarrollada por el Project Management Institute (PMI) es el conjunto de conocimientos en Dirección, Gestión, Administración de Proyectos generalmente reconocidos como “buenas prácticas”, y que se constituye como estándar de Administración de Proyectos.



OBJETIVOS

GENERALES

- Valorar la aplicación de la administración de riesgos durante la fase inicial del proyecto como una de las herramientas fundamentales para la administración de un proyecto exitoso.
- Reconocer a la administración de riesgos como una herramienta de planificación, para tener conocimientos más aproximados de los tiempos y costos reales de un proyecto en su etapa temprana.

PARTICULARES

Aplicar la administración de riesgo en un proyecto IPC de dos plantas criogénicas, en la etapa de dictamen, para:

- Verificar sus beneficios como herramienta de planificación, comparando los datos planeados de costo y tiempo, con los valores obtenidos a partir del análisis cuantitativo; para analizar pronósticos y aplicar acciones preventivas.
- Verificar sus beneficios como herramienta para proporcionar los elementos requeridos en la toma de decisiones y ayude a planear las estrategias contra los riesgos.



HIPÓTESIS

Al aplicar la herramienta de administración de riesgo en un proyecto de Ingeniería, Procura y Construcción:

1. Se minimizará el costo del proyecto, debido a los ahorros que implica actuar de manera oportuna antes de que ocurra un riesgo.
2. Podrán conocerse valores más aproximados de tiempo y costo total del proyecto, mediante una simulación Monte Carlo de la variabilidad asociada al proyecto.

ALCANCE

- 1.-Elaborar el programa de actividades en MS Project, incluyendo la ingeniería, la procura y la construcción.
- 2.-Realizar un análisis cualitativo de los riesgos.
- 3.-Realizar un análisis cuantitativo, empleando Primavera Risk de Pertmaster.
- 4.-Planear la respuesta a los riesgos.



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

*“The Way We Think About Risk is
Risky”*

FREAKONOMICS



INTRODUCCIÓN

Todos los proyectos, por más pequeños que sean, conllevan riesgos; sus efectos se reflejan principalmente en el incremento de costos y del tiempo necesario para su ejecución (Monzón 2010). Los riesgos a los que se enfrenta cada proyecto dependen en gran medida de su naturaleza y características particulares (Khamooshi 2004), por esta razón la información de la que se vale la administración de riesgos debe recabarse específicamente para cada proyecto en particular, ya que aunque puedan tener elementos semejantes, todos los proyectos siempre serán diferentes, ya sea porque el tiempo cronológico en el que se lleve a cabo es diferente, no tengan la misma ubicación geográfica o las personas involucradas sean otras, cada proyecto tiene características y factores diferentes que influenciará a los riesgos a los que se ve expuesto.

La evidencias referentes a la administración de proyectos revelan que los proyectos están siendo cada vez más complejos (Chronéer y Bergquist 2012); analógicamente la incertidumbre crece con la complejidad del proyecto, la cual se refleja por el número de disciplinas involucradas (H. Khamooshi 2004), esto demanda mayores esfuerzos en la administración y procedimientos más eficaces que permitan mejorar las posibilidad del cumplir con los objetivos del proyecto dentro de lo programado.

La incertidumbre se incrementa además con el tamaño del proyecto (tamaño físico, valor financiero, requerimientos de recursos humanos, etc.), el nivel de participación de agentes externos, el impacto de regulaciones gubernamentales, el grado del impacto ambiental, el nivel de impacto de la condiciones de comercio internacional, las fluctuaciones en la moneda, variación de los niveles de inflación en los proyectos a largo plazo y la complejidad del financiamiento. (H. Khamooshi 2004). Debido a esto, los proyectos IPC, que suelen tener una o más de las características antes mencionadas, frecuentemente son catalogados como muy riesgosos por ser de gran incertidumbre, especialmente en las primeras etapas del proyecto.



Para hacer frente ante esta situación organizaciones de muchos sectores, han reconocido la importancia de la administración del riesgo como uno de los procedimientos más importantes en materia de administración de proyectos (Mehdizadeh 2013). Así mismo es uno de los principales temas de interés para los investigadores y profesionales que trabajan en el área de administración de proyectos; de acuerdo a una encuesta realizada en 2001 sobre el tema, que incluyó 241 referencias (Raz y Michael 2001).

Por su importancia, la administración de riesgos ha sido designada como una de las ocho áreas principales de la Dirección de Proyectos del Conocimiento de acuerdo al PMI (*Project Management Institute*), organización profesional dedicada al campo de la administración de proyectos. Es un proceso que acompaña al proyecto desde su definición y durante todas las fases del ciclo de vida del proyecto, hasta el cierre.

Actualmente esta metodología se considera como parte integral de la dirección del proyecto y como una herramienta clave para maximizar logro de los objetivos y en el proceso de toma de decisiones (Nielsen 2006).



INTRODUCCIÓN A LA ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS

La administración de proyectos engloba a la administración de riesgo, no puede haber administración de riesgo sin administración de proyectos, por lo cual es conveniente realizar una introducción a la administración de proyectos y las herramientas convencionales de las que se vale.

Un proyecto, puede ser definido como: *“Un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único”*.

La administración de proyectos es la aplicación de conocimiento, habilidades, herramientas y técnicas que garanticen el cumplimiento de las necesidades y expectativas de los interesados en el proyecto. Cumplir las necesidades o expectativas de las partes inevitablemente requiere tomar compromisos con elementos que compiten entre sí, como:

- Alcance, tiempo, costo y calidad.
- Necesidades y expectativas de todas las partes involucradas en el proyecto

Tradicionalmente se emplea la triple ó triángulo de equilibrio: costo, alcance y tiempo; sin embargo un proyecto que cumple con las estas condiciones no se puede considerar exitoso si el cliente no queda satisfecho.

El éxito en los proyectos puede definirse como: *“Cumplir con los objetivos de alcance, tiempo, costo y calidad a satisfacción del cliente y de los involucrados clave, al mismo tiempo, que desarrollamos relaciones a largo plazo con proveedores y demás interesados en el proyecto” (Chamoum 2002)*.

Aunque pueda parecer trivial, fijar el equilibrio que otorga el grado de compromiso idóneo puede ser difícil, esencialmente por que cada uno de estos elementos interesa de manera diferente a las partes involucradas en un proyecto.



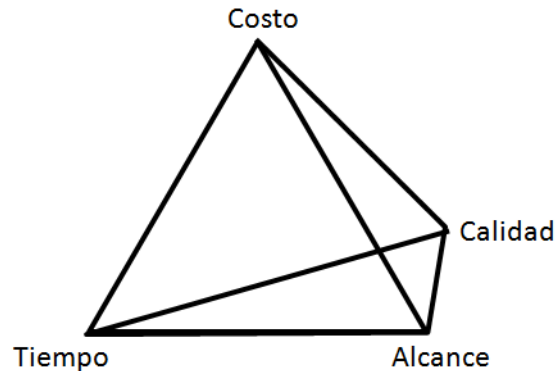


Ilustración 1 Restricción cuádruple de la administración de proyectos,
<http://www.auval.com.mx>

FASES Y CICLO DE VIDA DE UN PROYECTO

Debido a que cada proyecto es único, las tareas involucradas tendrán un cierto nivel de incertidumbre. Para facilitar su administración y la de sus recursos éstas suelen ser divididas en varias fases (Fajardo 2010) ; cada fase suele estar acotada por la entrega de un producto o trabajo verificable. La finalización de una fase del proyecto está generalmente marcada por la revisión tanto de las entregas como del desempeño del proyecto para poder determinar si el proyecto debe continuar a su próxima fase y detectar y corregir errores de forma eficiente.

Estas etapas no son sino un conjunto de tareas necesarias para completar un objetivo común; en un proyecto pueden diferenciarse las siguientes fases:

Etapla conceptual: Comprende el reconocimiento de una necesidad de negocio, a la cual debe hacerse el correspondiente análisis de mercado y estudio de factibilidad. De esta etapa se obtiene una definición preliminar del alcance y los objetivos.

Etapla de ejecución: Consiste en el desarrollo de los objetivos y el alcance establecidos en la etapa conceptual, mediante la ejecución de tres fases:

- a) **Ingeniería de detalle:** Consiste en la representación desagregada del proyecto por medio de planos y especificaciones que informen al constructor como ejecutar su labor en el campo.



- b) **Procura:** Consiste en llevar a cabo las actividades necesarias para la adquisición de los materiales y equipos necesarios para construir el proyecto.
- c) **Construcción:** Constituye el desarrollo de los procesos adecuados para convertir en estructuras físicas lo que está diseñado en los planos, para lo cual se requiere organizar, coordinar y dirigir los recursos humanos, materiales, equipos, tiempo y financiamiento para completar el proyecto dentro del programa estipulado.

Etapa de arranque y operación: Cuando se está acercando el final del proyecto, se realizan actividades que aseguren el correcto funcionamiento y puesto en marcha de lo construido. Por ejemplo: chequeos, ajustes correcciones etc. También se puede incluir una etapa de garantía posterior a la finalización del proyecto donde el cliente puede llamar al contratista para que ajuste algún problema que no haya sido detectado en las primeras pruebas.

Los niveles de personal requerido son bajos al inicio de proyecto, alcanzan su punto máximo según se desarrolla el trabajo y cae rápidamente cuando el proyecto se acerca al cierre.

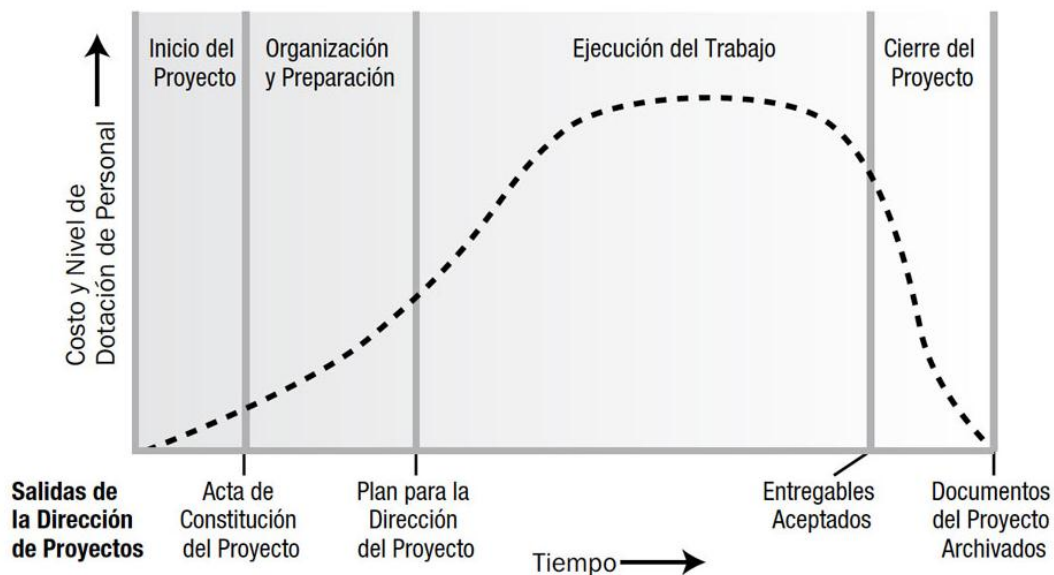


Ilustración 2 Niveles típicos de costo y dotación de personal durante el ciclo de vida del proyecto.



ADMINISTRACIÓN DE TIEMPO Y COSTO EN PROYECTOS

Estructura desglosada de trabajo (WBS)

La Work Breakdown Structure (WBS) o Estructura Desglosada de Trabajo (EDT), traducido al español, es una descomposición jerárquica orientada al entregable para cumplir con los objetivos del proyecto; donde cada aumento de nivel representa un incremento al detalle de las actividades a realizarse dentro del proyecto.

La WBS es elaborada durante la fase de planificación del proyecto, una vez que el alcance ya fue definido. Este instrumento facilita la estimación de los recursos y la planificación del tiempo y costo de cada proyecto; por tal motivo es necesario contar con un alcance bien definido que permita detallar todas las tareas necesarias a ejecutar, de lo contrario pueden omitirse algunas tareas que conllevará a errores en la programación y por tanto fallas en el presupuesto y plazo estimado para su cumplimiento.

Mediante la WBS se puede definir el alcance total del proyecto, subdividiendo el trabajo en porciones más pequeñas y fáciles de manejar, denominadas paquetes de trabajo, de esta manera el trabajo comprendido dentro de los paquetes de trabajo podrá programarse, supervisarse, controlarse, estimar su costo y podrán asignarse a los responsables de su ejecución de una manera más sencilla.

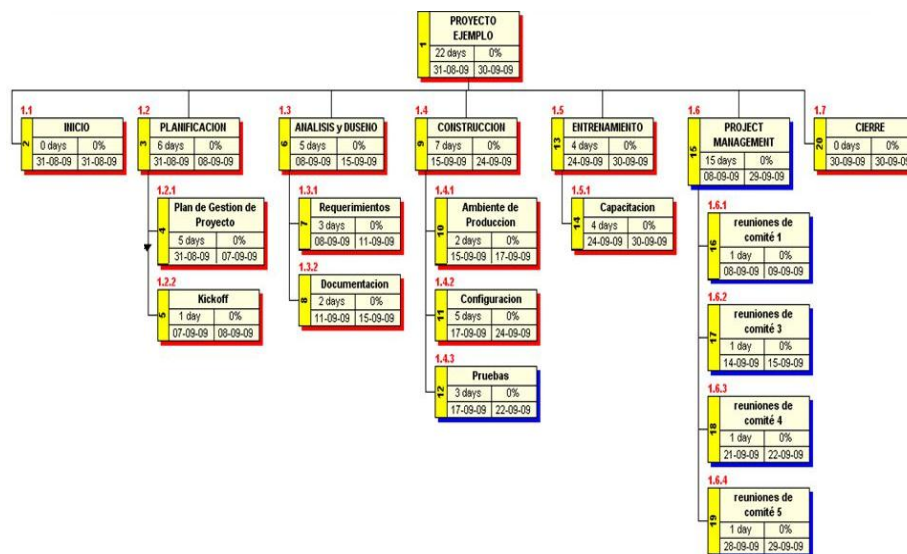


Ilustración 3 Ejemplo de una Estructura de Desglose de Trabajo Basada en los Entregables.



Planificación del Tiempo: Métodos básicos

La planificación del tiempo, es uno de los elementos principales afectados por los riesgos que atañen a un plan de proyecto. Existen diferentes técnicas, las más comúnmente utilizadas se describirán brevemente a continuación.

Diagrama Gantt. Es la forma más directa de realizar la planificación de tiempo. Se trata de un cuadrante graduado que muestra las diferentes actividades en el eje de ordenadas y el tiempo en el eje de abscisas, así se muestra la duración de cada actividad en específico. La distribución de estas actividades se realiza en forma secuencial, paralela o traslapada conectando verticalmente entre sí las actividades que presentan alguna relación temporal o lógica. Es una forma fácil planificar; sin embargo brinda una visión muy rápida y clara del tiempo planificado en un proyecto, por lo que su uso perdura a modo de herramienta ilustrativa.

Método de la Ruta Crítica. Esta técnica introduce el concepto de criticidad de las tareas. Cubre la principal carencia de los diagramas de barras, en cuanto a la capacidad de valorar las relaciones entre actividades. Dentro de esta técnica, existen dos métodos para llevarla a cabo, las redes de flechas y las redes de precedencia

- En la técnica de redes de flecha o Arrow diagramming method (ADM) las flechas se emplean para referirse a actividades entre los nodos (hitos o acontecimientos), obteniendo un resultado que ilustra el plan de proyecto. Como práctica habitual, el esquema temporal se desarrolla de izquierda a derecha, en la que la tarea posterior a un nodo no comenzará hasta que se finalicen todas las tareas que preceden a dicho hito.

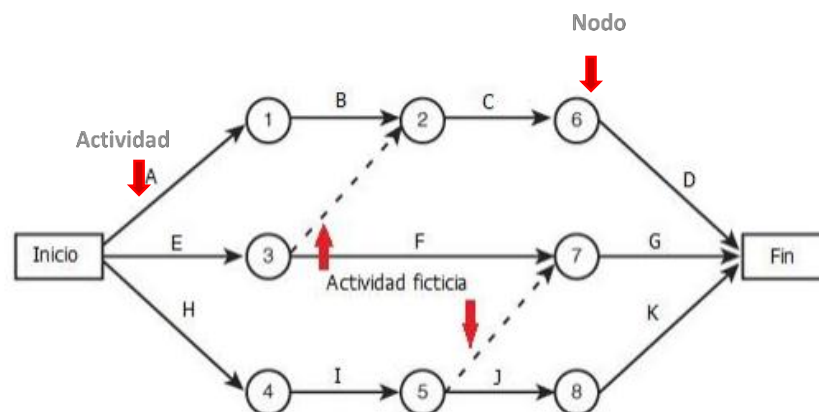


Ilustración 4. Ejemplo de red de flechas



- El método de redes de precedencia o *Precedence Diagramming Method (PDM)* incluye un mayor número de elementos de información. Estos elementos de información son los vínculos de las actividades anteriores y siguientes, tiempos más tempranos y tardíos, e identificador. Ahora en lugar de ser representadas por flechas, las tareas son los nodos, y las flechas se usan sólo para reflejar las dependencias.

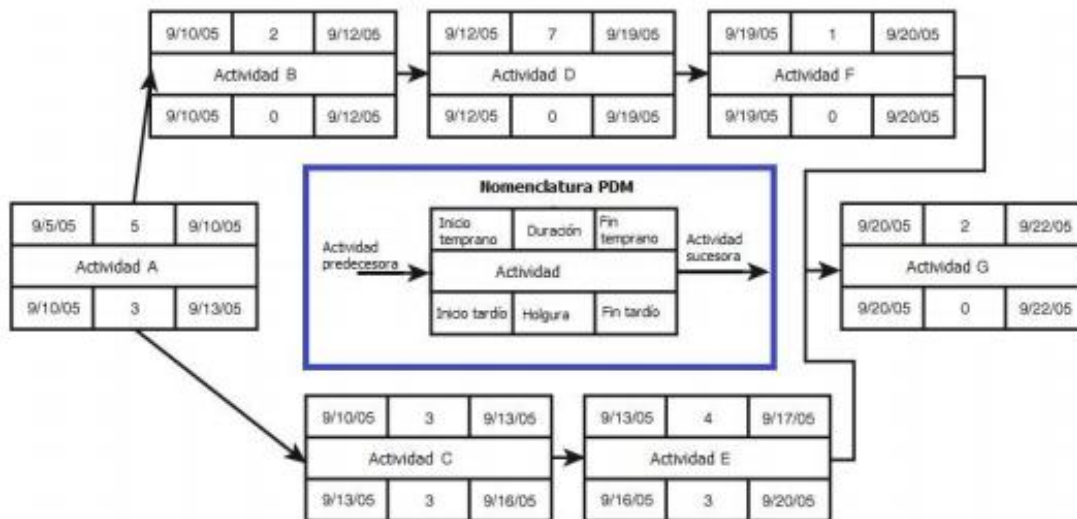


Ilustración 5 Ejemplo de Red de Precedencia

Método PERT. Las siglas PERT pertenecen a Program Evaluation and Review Technique (Técnica de Revisión y Evaluación de Programas, traducido al español); toma como base el concepto de red de malla, con parámetros y dependencias entre sus nodos (tareas), para proponer una técnica más versátil que las anteriores. Su sencillez permite que pueda ser empleado sin necesitar grandes recursos. El dibujo de la malla comienza en el nodo de inicio del proyecto, a partir de él se dibujan las actividades que no tienen actividades precedentes, a continuación, se dibujan las actividades restantes cuidando de respetar la precedencia entre ellas. Una vez conocido el tiempo esperado para cada una de las actividades, se utiliza el método de la ruta crítica para obtener las actividades críticas.



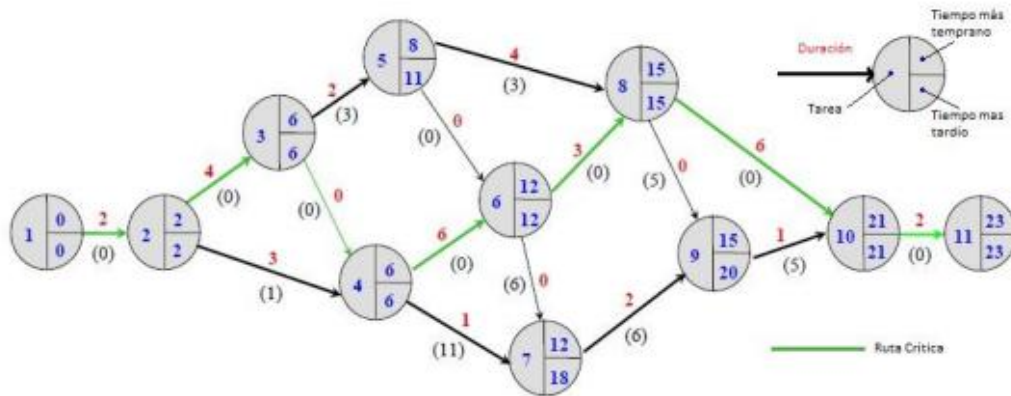


Ilustración 6. Ejemplo de malla PERT

Planificación de costos

La planificación de costos tiene aspectos que la hacen estrechamente dependiente de los riesgos. Para iniciar es importante realizar un estudio de los recursos necesarios para el desarrollo del proyecto y conformar el presupuesto.

La forma en que se diseña la WBS está íntimamente ligada con el grado de facilidad que puede suponer el desarrollo del presupuesto. De manera que será de gran utilidad que la WBS esté orientada al desglose presupuestario.

Los presupuestos elaborados cuidadosamente no están exentos de sufrir cambios, ya que algunos riesgos pueden tener efectos directos (modificación del costo de algún bien), o indirectos (tiempos del uso de algún recurso que se prolongan más de lo programado y que añade un determinado costo), y estos no siempre se pueden prever.

Una vez que la estimación de costos es establecida, se puede dar paso a elaborar el plan de costos, con el presupuesto como principal elemento, en base a:

Integración de costos. Habiendo definido los costos de los paquetes de trabajo, de acuerdo a sus entregables y elementos de menor nivel de la WBS, se planificará el desembolso del costo global del proyecto.

Financiamiento. Para afrontar los costos previsibles es necesario un financiamiento, que puede ser propio o ajeno. La tarea de control del financiamiento se lleva a cabo generalmente por la unidad de administración y control, cuyo propósito es asignar los costos asociados a cada actividad, y asignarlos en el momento adecuado.



Como resultado del trabajo anterior se obtendrá la línea base de costos, que incluye además de los costos, el momento en el que se producen. Esta línea base será la referencia una vez el proyecto comience a ejecutarse, pudiéndose medir a qué ritmo se desarrolla.

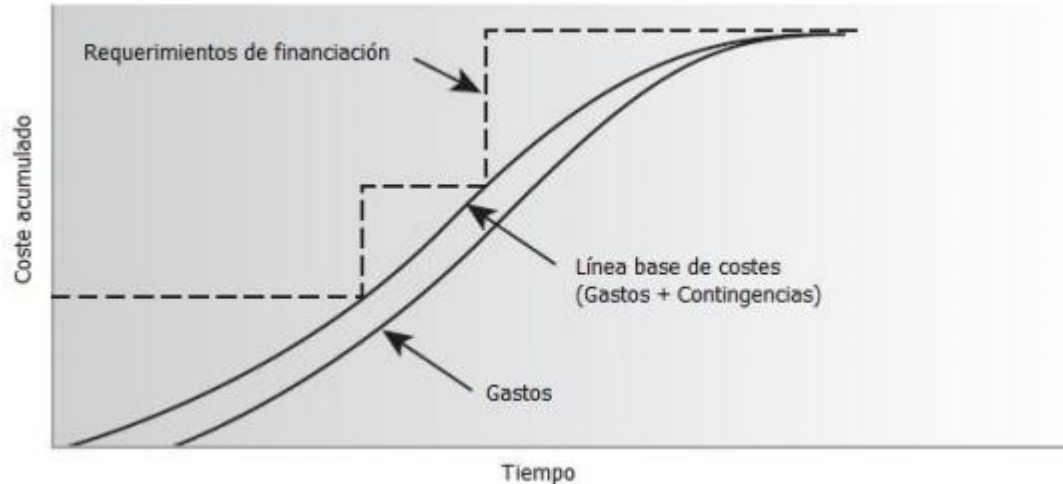


Ilustración 7 Ejemplo de línea base de costos

La Ilustración 7 permite ver fácilmente en qué momentos se requerirá un mayor costo financiero para afrontar la ejecución del proyecto.

Para llevar a cabo el control de costos, existen técnicas que ofrecen métricas de interés sobre el estado financiero del proyecto, a continuación se describirán brevemente algunas:

Análisis del progreso: Se utiliza para obtener información sobre el estado del proyecto y cómo se está desarrollando. Esto permite tomar medidas preventivas si el proyecto se está desviando del plan. Se realiza teniendo en cuenta la WBS y el plan de costos, y observando la evolución de los costos asociados al término de los paquetes de trabajo, habitualmente descrito por hitos de la planificación temporal. Es un proceso sencillo que permite ver si el desarrollo tiene correspondencia con la evolución estimada, observar métricas sencillas como el costo final de los elementos de la WBS, los acumulados, y evolución temporal de estos.

PERT-costo: Basándose en la técnica PERT se puede integrar el factor costo. Como principal ventaja se consigue relacionar ambos elementos, modelando su dependencia. Al igual que con el factor tiempo, para el factor costo se define el costo de realizar la tarea en el tiempo



estimado y en un tiempo optimista. Esto hace que más allá de la búsqueda del tiempo mínimo del proyecto a través de la ruta crítica, se pueda tener en cuenta los costos para apoyar decisiones tales como la conveniencia de acelerar una tarea, o modificar la ruta crítica debido a ventajas económicas.

Análisis del Valor Ganado. Este análisis tiene como base el contrastar los elementos costo y tiempo. Para poder aproximarnos al estado real de un proyecto se debe tener en cuenta tanto los gastos producidos como el avance real de la programación temporal. Esta técnica permitirá, una vez obtenidas las métricas pertinentes, realizar comparaciones entre la situación real, lo planificado y el valor ganado (avance físico). Las métricas son:

- **Valor Planificado (VP):** Es el costo presupuestado de la tarea definida en el proyecto, y por tanto en la EDT.
- **Costo Actual (CA):** Es el costo ejercido en la realización de la tarea durante un tiempo determinado.
- **Valor Ganado (VG):** Es el costo presupuestado para la parte completada de la tarea (avance físico).

Si el progreso del trabajo de una actividad coincide con el inicialmente previsto, el valor ganado coincidirá con su costo planificado. La suma de todas las contribuciones de todas las tareas finalizadas o en curso en la fecha por corte nos dará el valor acumulado para cada una de las magnitudes mencionadas. Si ambos valores coinciden, podemos concluir que el proyecto marcha según el plazo previsto. En caso contrario, indicará que marcha adelantado o atrasado.



PANORAMA HISTÓRICO DE ADMINISTRACIÓN DE RIESGOS DE PROYECTO

Los proyectos grandes y complejos siempre han necesitado de un sistema de administración que asegure que los recursos (mano de obra y materiales) se manejen de manera organizada para realizar las diferentes tareas. Sin embargo, fue hasta el siglo XIX que se requirió de técnicas y herramientas más sofisticadas de administración, que hicieran posible la construcción de edificios altos, canales, ferrocarriles, etc **Invalid source specified..** Pues a medida que los proyectos fueron haciéndose más grandes, surgió la necesidad de mantener un seguimiento de ellos e incorporar tareas paralelas que permitieran que el tiempo destinado para su consecución disminuyera razonablemente.

La primera de las técnicas cuantitativas modernas de administración del proyecto en el área de análisis de riesgos fue el diagrama de Gantt, desarrollado por Henry Gantt en 1917. Como se mencionó antes, proporciona un resumen gráfico de los progresos del proyecto a través de una lista de tareas cuyo inicio y duración se representan horizontalmente a lo largo de una escala de tiempo.

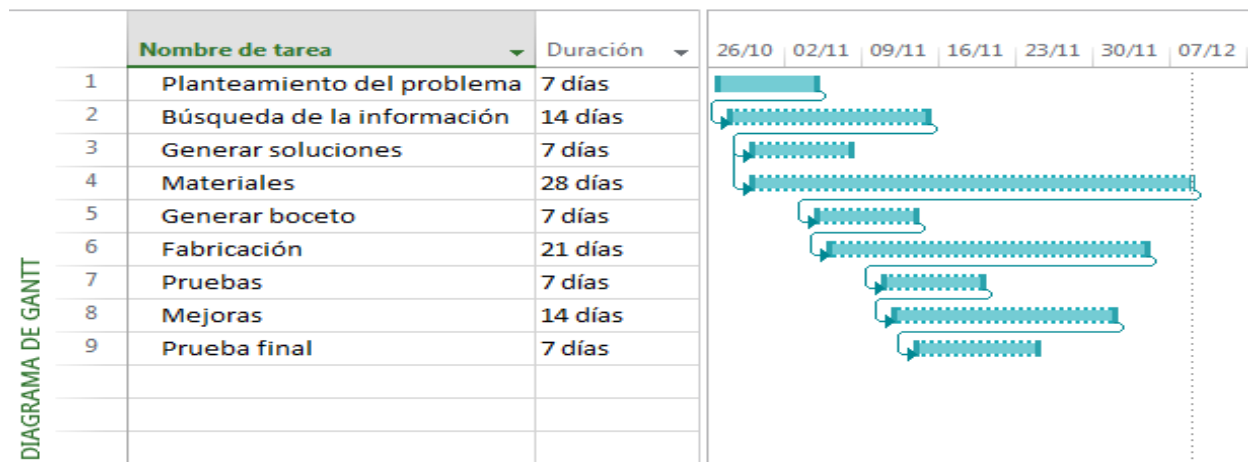


Ilustración 9. Ejemplo de diagrama de Gantt

El avance que permitió establecer y mantener la red de tareas de un proyecto se desarrolló después de la Segunda Guerra Mundial. El primer país que recurrió a esta técnica en un proyecto fue Estados Unidos durante la realización del proyecto Polaris, el cual se inició a mediados de la década de los cincuenta, con el fin de desarrollar submarinos que



lanzaran misiles. El vicealmirante William F. Raborn, dirigió a su personal para examinar el proyecto Polaris y detectar las técnicas disponibles en la industria estadounidense que permitieran administrar proyectos tecnológicamente complejos, sin embargo encontró poco sobre el tema. Raborn, dirigió entonces un pequeño grupo de su personal y contratistas para desarrollar una herramienta útil que sirviera para el control del proyecto Polaris; al cabo de unas semanas desarrollaron la técnica comúnmente conocida como PERT por sus siglas en inglés *Project Evaluation and Review Technique*.

Paralelamente al desarrollo de PERT, otra técnica similar de planificación y administración estaba siendo creada por DuPont, “El método de la ruta crítica”, el cual también emplea una representación de red de las tareas; sin embargo no contempla, en un principio, distribuciones de probabilidad para la estimación del tiempo de ejecución de las tareas. La naturaleza no estocástica de la red permitió realizar cálculos de manera más sencilla. Varias mejoras en el método de la ruta crítica permitieron explorar sistemáticamente la asignación de recursos para reducir tiempo.

Durante la década de 1960 la mayoría del software que trabaja con PERT utilizaba la simulación de Monte Carlo que permitió eliminar los supuestos y la distribución de probabilidad normal como única opción permisible en la ruta crítica. Versiones modificadas de PERT son empleadas por muchas organizaciones para la planificación del proyecto.

A principio del año 1976, trabajando con *Acris International Management Services*,⁴ Chris Chapman y *BP International*; desarrollaron un modelo probabilístico para la planeación y costo de proyectos *offshore*⁵, que incluía un análisis de árbol de fallas y árbol

⁴ Profesor de ciencias de la administración, en la escuela de administración, Universidad de Southampton.

⁵ Offshore es un término que literalmente significa "en el mar, alejado de la costa", se aplica a diferentes tipos de actividades que se realizan en alta mar como por ejemplo la explotación de plataformas petrolíferas



de eventos empleados en análisis de seguridad en modelos GERT⁶; ⁷SCERT (*Synergistic Contingency Evaluation and Review Technique*, ó Técnica de Revisión y Evaluación Sinérgica de contingencias, traducido al español), fue el nombre con el que se conoció a esta técnica. El proceso SCERT reconoce y da valor a aspectos, tales como:

- La importancia de una documentación estructurada.
- La necesidad de un proceso formal que integre metodologías cualitativas y cuantitativas.
- La necesidad de un claro entendimiento de las fuentes de incertidumbre.
- Valorar un proceso formal encaminado a captar e integrar de conocimiento de personas diferentes con diferentes perspectivas frente al proyecto.

A mediados de la década de 1990 la APM (*Association for Project Management* o Asociación para la administración de proyectos) comenzó a desarrollar la guía para la administración y análisis de Riesgos del Proyecto llamada Guía PRAM (*Project Risk Analysis and Management*) El proceso PRAM se basó en una síntesis de procesos que utilizan una estructura de nueve fases. Chapman pronto se convenció que era adecuado separar (pero no independizar) las fases en función de diferentes objetivos, entregables y tareas; de esta manera cada fase podía ser entendida como un proyecto en sí mismo y el conjunto de las nueve fases podía ser consideradas como un programa.

A principios de los años 1990 se publicó la primera edición de la Guía del PMBOK (Project Management Body of Knowledge), la cual se convirtió en un pilar básico para la administración y dirección de proyectos. El PMBOK fue desarrollado por el PMI (Project Management Institute) a fines de los años ochenta con el objetivo de documentar, unificar y estandarizar los conocimientos y prácticas dentro del campo de la administración de proyectos. El proceso de administración de riesgos del se muestra a continuación:

⁶ GERT Graphical Evaluation and Review Technique (Técnica de revisión y evaluación gráfica)

⁷ SCERT Synergistic Contingency Evaluation and Review Technique, (Técnica de Revisión y Evaluación Sinérgica de contingencias)



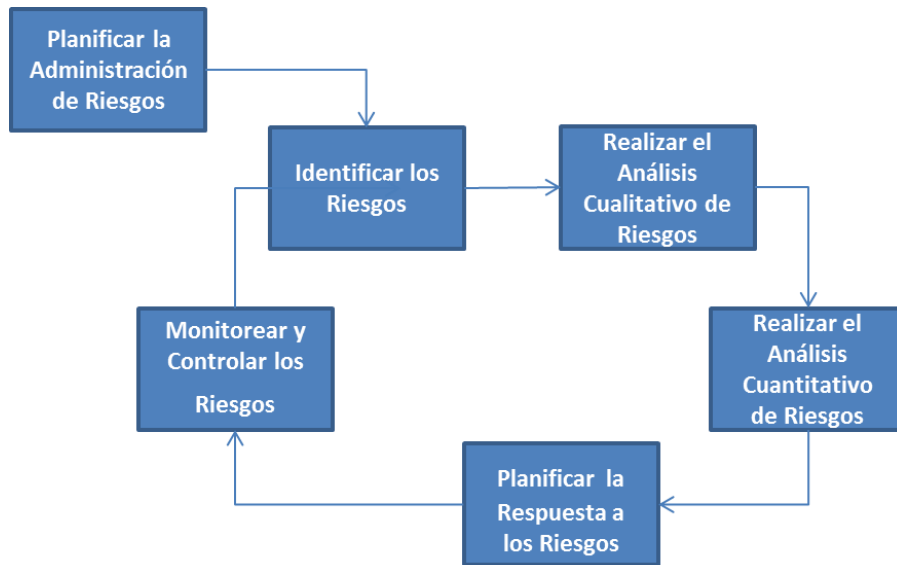


Ilustración 10 Proceso de Administración de Riesgos

A partir de los años noventa inició una tendencia mundial hacia el manejo de riesgos de manera más profesional y metódica. Potencias mundiales como Estados Unidos empezaron a desarrollar y aplicar técnicas que permiten la identificación, evaluación y de respuesta a los riesgos, creando finalmente lo que se conoce como administración de riesgos (Flanagan y Norman 1993).



¿QUÉ ES RIESGO?

La palabra riesgo tiene diferentes connotaciones y significados, de manera que no existe una manera única de percibir al riesgo, el significado varía con cada persona en cada contexto; sin embargo las definiciones y usos en la literatura generalmente la asocian con pérdidas o daños potenciales de cualquier índole.

En la administración de Riesgos, existen también variaciones en cuanto al concepto de riesgo. Se dice que existen dos escuelas de riesgo ambas con diferentes interpretaciones de este (H. Zhang 2011), para la antigua escuela el riesgo se consideraba como un hecho objetivo, siendo la única herramienta útil para su análisis la estadística, de esta manera la toma de decisiones implicaba un proceso totalmente racional.

Autores más actuales perciben al riesgo de manera distinta, no como un fenómeno objetivo, si no como una construcción mental de personas que se preocupan por escenarios posibles del futuro (H. Zhang 2011), de esta forma se incorporan las actitudes y preferencias de las persona durante la toma de decisiones, que vuelve de este un proceso no del todo racional pues la actitud frente al riesgo también afecta directamente las decisiones que se toman,

⁸ “Personas diferentes tomarán diferentes decisiones bajo las mismas condiciones de riesgo” (Flanagan y Norman 1993).

La mayoría de las definiciones, en la literatura especializada, coinciden en definir al riesgo en términos de eventos inciertos y su impacto en los objetivos del proyecto. A continuación se presentan algunas definiciones de riesgo de libros o artículos especializados en materia de Administración de Proyectos o Riego:

⁸ “Different people will make different decisions within the same risk environment”



⁹*“Un riesgo de proyecto es un evento incierto o condición que, de ocurrir, provoca efectos positivos o negativos en los objetivos...”(PMBOK)*

¹⁰*“Riesgo es la medida de la inconsistencia entre los diferentes posibles resultados, más o menos favorables o desfavorables, en futuras acciones” (Nistor y Botoş 2011)*

¹¹*“En proyectos, un riesgo puede ser cualquier evento incierto asociado al trabajo” (Kendrick 2009)*

¹²*“Riesgo es la exposición a las consecuencias de incertidumbre que tendrán un impacto en los objetivos del proyecto” (Nasirzadeh, Khanzadi y Rezaie s.f.)*

En resumen, un riesgo suele definirse como cualquier evento que puede provocar consecuencias favorables o desfavorables sobre los objetivos del proyecto. Los riesgos en un proyecto se pueden atribuir a aspectos del entorno o depender de agentes externos que no pueden ser controlados. Tiene las siguientes características:

- Es específico
- Tiene ocurrencia futura
- Mantiene cierta probabilidad de ocurrencia
- Su aparición puede estar más allá de nuestro control
- Su ocurrencia conlleva efectos negativos o positivos en los objetivos del proyecto
- Sus efectos pueden manifestarse en el alcance, el tiempo, el costo y/o la calidad de proyecto

⁹ “Project risk is an uncertain event or condition that, if it occurs, has a positive or negative effect on a project’s objectives”

¹⁰ “Risk is a measure of inconsistency between the different possible outcomes, more or less favourable or unfavourable, in further action”.

¹¹ “In projects, a risk can be almost any uncertain event associated with the work”.

¹² “Risk is exposure to the consequences of uncertainty that will have an impact on project objectives”.



- Un riesgo puede tener una o más causas y de suceder, uno o más consecuencias

La palabra riesgo suele asociarse a eventos o consecuencias que impactan de forma negativa, produciendo pérdidas o daños, sin embargo también se debe considerar que la incertidumbre asociada al riesgo también puede ser beneficiosa cuando causa efectos positivos en los objetivos de los proyectos. Por lo tanto, existen dos tipos de riesgo, los cuales se denominan respectivamente: amenazas y oportunidades, que deberán ser gestionados juntos; por tal motivo se sugiere un proceso común para la administración de ambos (Hillson, Extending the risk process to manage opportunities 2002).



¿RIESGO O INCERTIDUMBRE?

Aunque el riesgo es un término ampliamente estudiado, aún carece de un concepto claro y una definición universal compartida. Entre los profesionales del tema, hay un consenso que establece que el riesgo puede ser considerado como un evento que tiene consecuencias negativas o positivas que impactan al proyecto; sin embargo el riesgo también suele referirse a condiciones futuras del proyecto, favorables o desfavorables (Klemetti 2006); estas condiciones son difíciles de predecir, especialmente durante en las primeras etapas del proyecto; además pueden cambiar durante todo ciclo de vida del proyecto .La variabilidad y el nivel de previsibilidad (incertidumbre) de los escenarios futuros determinan la calidad del análisis de riesgo (García 2010).

Muchos investigadores han sugerido que el riesgo a largo plazo debe ser sustituido por un término más neutral que pudiera establecer un mayor alcance que tradicionalmente denota el riesgo (Klemetti 2006). El término incertidumbre se sugirió para sustituir al de riesgo ya que puede incorporar fácilmente a la variabilidad y la ambigüedad.

En un proyecto, la incertidumbre consta de cuatro elementos: variaciones, contingencias, accidentes y riesgos desconocidos. A continuación se definen cada uno de ellos ordenados de acuerdo al impacto que tienen sobre los objetivos del proyecto de menor a mayor.

Variaciones. Se denomina variaciones a las desviaciones de variables conocidas, como lo son: el costo, el tiempo, o los requisitos técnicos. El grado de riesgo varía con el nivel de incertidumbre, la magnitud de la variación esperada y el impacto potencial en el proyecto. Los métodos analíticos y de planificación convencional de proyectos son, por lo general, muy efectivos para evaluarla.

Contingencias. Son eventos conocidos que podrían ocurrir y afectar negativamente el desempeño del proyecto. Sin embargo, la probabilidad de ocurrencia y la magnitud del impacto se desconocen y determinar su ocurrencia e impacto probables cuesta esfuerzos significativos. Simulaciones por ordenador pueden ayudar a anticipar y hacer frente a las contingencias.

Accidentes. Estos son eventos que se en principio pueden ser identificados, pero la probabilidad de ocurrencia, su alcance e impacto son muy difíciles o imposibles de predecir.



Riesgos Desconocidos. Estos son eventos que no son conocidos por el equipo del proyecto antes de que ocurrieran o se consideraba que era imposible que sucedieran en una situación de proyecto específica. Por definición no son previsibles y por lo tanto no pueden ser afrontados de manera proactiva.

Las estimaciones relacionadas con el desempeño como son el costo, la duración y la calidad en relación con determinadas actividades planificadas es un proceso crítico en la administración de proyectos para fines de planificación y de control. La incertidumbre juega un papel importante durante este proceso debido a que no podemos saber con exactitud cuánto tiempo y esfuerzo se requerirá para completar una actividad en particular o que otros eventos podrán desviar el programa inicial ni de qué forma. Las causas de la incertidumbre incluyen uno o más de los siguientes aspectos:

- Falta de especificaciones de lo que se requiere.
- Falta de experiencia sobre una actividad en particular.
- Complejidad en términos de la cantidad de factores e interdependencias que influyen en el resultado.
- Análisis limitado de los procesos involucrados en la actividad.
- Posible aparición de acontecimientos o condiciones particulares que puedan afectar a la actividad.
- Factores emergentes desconocidas en el inicio del proyecto.
- ¹³Sesgo optimista.

La incertidumbre es el resultado de la vaguedad, la ambigüedad y contradicciones asociadas a la falta de claridad, debido a la falta de datos, detalles incompletos e inexactos, control limitado de actores relevantes del proyecto, la diversidad de los intereses y la susceptibilidad a las influencias externas en un proyecto (Chau 1995).

A menudo es necesario basarse en estimaciones subjetivas, a falta de datos estadísticos suficientes que permitan determinar objetivamente las probabilidades. La base para este tipo de juicios subjetivos puede ser poco clara, además depende del juicio de quienes realicen el estimado del porqué, como y cuando fueron estimados, de los recursos y la experiencia en la que se basó la estimación.

¹³ Sesgo optimista: Tendencia a predecir resultados positivos, ligada a la capacidad de imaginar el futuro.



PROCESO DE ADMINISTRACIÓN DE RIESGO

La administración de riesgos de proyectos basada en una metodología sólida, es relativamente nueva (Yosha 2012). Está diseñada para identificar los riesgos del proyecto, realizar una evaluación cuantitativa y cualitativa de cada riesgo, así como preparar y administrar un plan para de mitigar cada riesgo (RAMPBook 2009).

Actualmente en muchos proyectos la administración de riesgos es una actividad que se realiza intuitivamente más no metódicamente (Yosha 2012). El objetivo general de la administración del riesgo es reducir progresivamente la exposición del proyecto a los acontecimientos que ponen en peligro la entrega oportuna de los objetivos del proyecto (RAMPBook 2009).

¹⁴“La administración de riesgo es una de las prácticas más importantes en la administración de proyectos para garantizar que un proyecto será completado exitosamente” (Klemetti 2006).

Está relacionada directamente con la terminación exitosa de un proyecto (Klemetti 2006). En la literatura especializada, se describen de manera amplia y detallada los procesos aceptados para la administración del riesgo, los cuales se construyen básicamente a partir de las siguientes cuatro fases iterativas:

1. **Identificación los riesgos:** Entender los problemas típicos que pueden afectar negativamente el proyecto.
2. **Análisis de riesgo:** Clasificación de los riesgos en orden de importancia con base en la probabilidad de ocurrencia, el impacto y el grado de certeza de los riesgos.

¹⁴Risk management is one of the most critical project management practices to ensure a project be successfully completed



3. Plan de respuesta al riesgo: Análisis de alternativas de evaluación de riesgos y modificación el plan del proyecto y el cronograma para ajustar tiempo y costos debido al riesgo.

4. Control y monitoreo de riesgos: A lo largo del proyecto, se continuará monitoreando el perfil de riesgo, para volver a evaluar los principales riesgos, y tomar las medidas que se consideren necesarias.

Se dice que son procesos iterativos, debido a que pueden evolucionar conforme el proyecto avanza a lo largo de su ciclo de vida.

Según el PMBOK la administración de los riesgos de proceso incluye los siguientes procesos:

1 Planificar la Administración de Riesgos Es el proceso por el cual se define cómo realizar las actividades de administración de los riesgos para un proyecto.

2 Identificar los Riesgos Es el proceso por el cual se determinan los riesgos que pueden afectar el proyecto y se documentan sus características.

3 Realizar el Análisis Cualitativo de Riesgos Es el proceso que consiste en priorizar los riesgos para realizar otros análisis o acciones posteriores, evaluando y combinando la probabilidad de ocurrencia y el impacto de dichos riesgos.

4 Realizar el Análisis Cuantitativo de Riesgos Es el proceso que consiste en analizar numéricamente el efecto de los riesgos identificados sobre los objetivos generales del proyecto.

5 Planificar la Respuesta a los Riesgos Es el proceso por el cual se desarrollan opciones y acciones para mejorar las oportunidades y reducir las amenazas a los objetivos del proyecto.

6 Monitorear y Controlar los Riesgos Es el proceso por el cual se implementan planes de respuesta a los riesgos, se rastrean los riesgos identificados, se monitorean los riesgos residuales, se identifican nuevos riesgos y se evalúa la efectividad del proceso contra riesgos a través del proyecto.

El RAMP (*Risk Analysis and Management For Projects*) además considera otra etapa complementaria en el proceso de administración de riesgos: “Documentación y lecciones aprendidas” la cual propone que se utilice una base de datos de riesgos de proyectos ejecutados anteriormente para planificar los proyectos actuales, además de actualizar la base de datos de riesgo de la organización con la experiencia ganada.



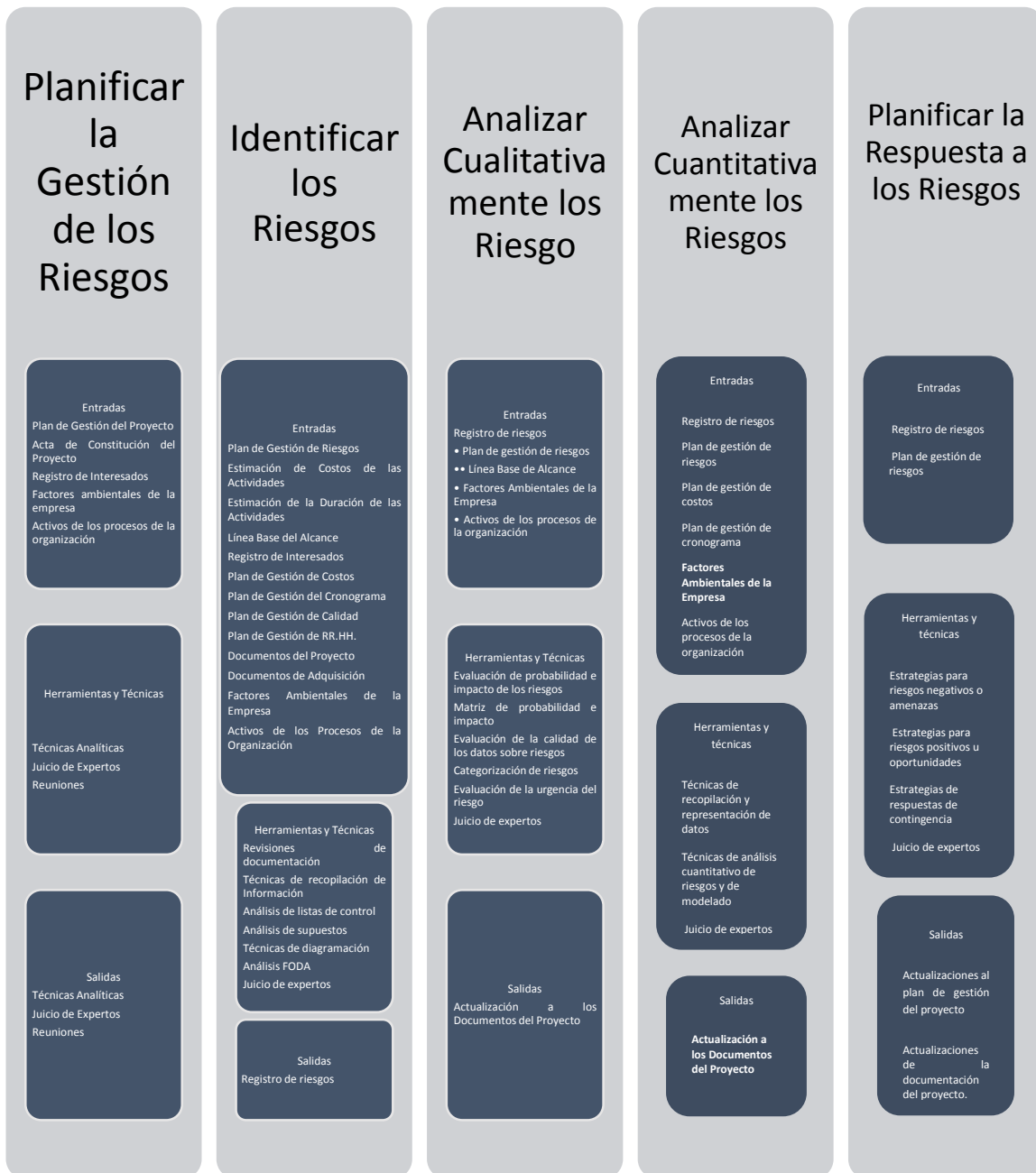


Ilustración 11 Descripción General de la Administración de riesgos del Proyecto (PMBOK 5ta edición, 2013).



Para Khamooshi los pasos que deben seguirse en el proceso de la administración y análisis de riesgo se pueden resumir en tres: identificación de riesgos, evaluación de riesgos y administración de riesgos, es importante destacar que dicho proceso debe ser continuo y dinámico (H. Khamooshi 2004), como se muestra la figura a continuación:

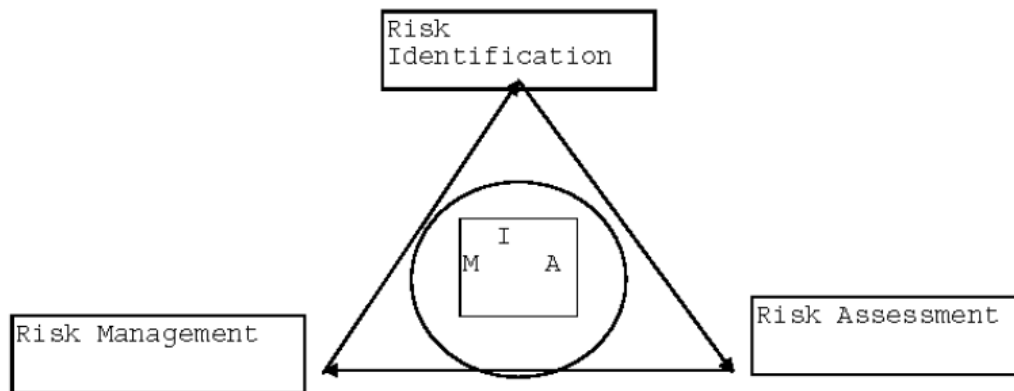


Ilustración 12 Proceso genérico de administración de riesgo (H. Khamooshi 2004).

A pesar de la variedad de modelos existentes en la literatura, todos ellos comparten un objetivo común y tienen características similares. El objetivo es proporcionar un enfoque sistemático para la administración de riesgos base a: identificación de las fuentes de riesgo, la cuantificación de sus efectos (análisis cualitativo y cuantitativo), el desarrollo de las respuestas a los riesgos, el control y seguimiento de los riesgos y las planeación de las respuestas a estos.



PROCESO DE IDENTIFICACIÓN DE RIESGO

La etapa inicial y más crucial en el proceso de administración de riesgos es la identificación; el objetivo de este proceso es determinar los riesgos que pudieran afectar al proyecto y documentar sus características. Identificar los riesgos es sumamente valioso pues de no hacerlo cuidadosamente se puede desconocer la existencia de algunos riesgos que pueden tener grandes implicaciones en el proyecto, haciendo que manejarlos se vuelva una tarea sumamente difícil; además que el éxito de las siguientes fases en la administración, depende en parte de la calidad de la fase de identificación (Klemetti 2006). La identificación de riesgos debe realizar de forma regular durante todo el ciclo de vida del proyecto, repitiendo el proceso a fin de identificar nuevos riesgos en base a la información más reciente disponible. La frecuencia de iteración y quiénes participan en cada ciclo varía de acuerdo a las condiciones de cada proyecto.

Entre los participantes que pueden intervenir en esta etapa se incluyen: el director del proyecto, los miembros del equipo del proyecto, el equipo de administración de riesgos (si está asignado), expertos en la materia que sean externos al equipo del proyecto, clientes y cualquier interesado; la participación de todo el personal involucrado en el proyecto es muy deseable.

Existen diversos métodos empleados para la identificación de riesgo. A continuación se presenta una tabla con las ventajas y desventajas de las diversas técnicas y herramientas empleadas más comunes para la identificación de riesgos.



Tabla 1 Técnicas y Herramientas para la identificación del Riesgo

NOMBRE	DESCRIPCIÓN	VENTAJA	DESVENTAJA
Lluvia de ideas	La meta de la lluvia de ideas es obtener una lista completa de los riesgos del proyecto. Por lo general, el equipo del proyecto efectúa tormentas de ideas, a menudo con un grupo multidisciplinario de expertos que no forman parte del equipo. Bajo el liderazgo de un facilitador, se generan ideas acerca de los riesgos del proyecto, ya sea por medio de una sesión tradicional y abierta de tormenta de ideas, con ideas que aportan los participantes o en una sesión estructurada donde se utilizan técnicas de entrevista masiva, tales como las técnicas de grupo nominal. Como marco de referencia, pueden utilizarse categorías de riesgo, tales como una Estructura Desglosada de Riesgos. Luego, los riesgos son identificados y categorizados según su tipo y sus definiciones son refinadas.	<p>Permite a todos los participantes decir lo que piensan y contribuir.</p> <p>Puede involucrar a todos los actores clave del proyecto</p> <p>Generación creativa de ideas</p>	<p>Requiere la asistencia de los principales interesados, por lo tanto, puede ser difícil de conseguir, además de costoso.</p> <p>La falta de facilitador puede producir resultados sesgados si una persona fuerte domina (generalmente de administración)</p> <p>Genera duplicados y requiere filtrado</p>
Diagramas causa-efecto	Estos diagramas también se conocen como diagramas de Ishikawa o diagramas de espina de pescado y son útiles para identificar las causas de los riesgos.	<p>Representación visual de proyecto</p> <p>Promueve el pensamiento estructurado</p> <p>Analiza elementos clave.</p>	La falta de un facilitador hace que el diagrama puede convertirse rápidamente en muy complejo
Checklist	También conocidas como listas de comprobación. Son listas de fácil aplicación y pueden ser utilizadas en cualquier fase de un proyecto	<p>Captura experiencia previa</p> <p>Presenta una lista detallada de los riesgos del proyecto</p>	<p>Un Check list puede crecer y ser inmanejable</p> <p>Los riesgos no incluidos en la lista pueden omitirse</p> <p>A menudo sólo se incluyen las amenazas, omitiendo las oportunidades</p>
Técnica Delphi	La técnica Delphi es una manera de lograr un consenso de expertos. Los expertos en riesgos del proyecto participan en esta técnica de forma anónima. Un facilitador utiliza un cuestionario para solicitar ideas acerca de los riesgos importantes del proyecto. Las respuestas son resumidas y luego enviadas nuevamente a los expertos para que realicen comentarios adicionales. En pocas rondas, mediante este proceso se puede lograr el consenso. La técnica Delphi ayuda a reducir parcialidades en los datos y evita que cualquier persona ejerza influencias inapropiadas en el resultado.	<p>Captura la colaboración de expertos técnicos</p> <p>Elimina fuentes de sesgo</p> <p>Aprovecha la experiencia de los expertos</p>	<p>Limitado a riesgos técnicos</p> <p>Puede tomar más tiempo de lo disponible debido a las iteraciones de las aportaciones de los expertos.</p>



NOMBRE	DESCRIPCIÓN	VENTAJA	DESVENTAJA
Revisión de la documentación	Puede efectuarse una revisión estructurada de la documentación del proyecto, incluyendo los planes, supuestos, archivos de proyectos anteriores, contratos y otra información. La calidad de los planes, así como la consistencia entre dichos planes y los requisitos y supuestos del proyecto, pueden ser indicadores de riesgo en el proyecto.	Expone detalladamente riesgos específicos del proyecto No requiere herramientas especializadas	Limitado a los riesgos contenidos en la documentación del proyecto
Análisis de árbol de fallas	Se trata de un método deductivo de análisis que parte de la previa selección de un "suceso no deseado o evento que se pretende evitar", para averiguar el origen de los mismos.	Enfoque estructurado. Produce una estimación de la fiabilidad global utilizando herramientas cuantitativas.	Se centra en las amenazas, pero no en las oportunidades.
Base de datos de la industria	Conjunto de datos almacenados sistemáticamente para su uso.	Captura la experiencia previa. Permite la evaluación comparativa con organizaciones externas.	Limitada a lo que ha sucedido anteriormente. Excluye el riesgo específico del proyecto.
Diagramas de influencia	Estos diagramas son representaciones gráficas de situaciones que muestran las influencias causales, la cronología de eventos y otras relaciones entre las variables y los resultados.	Puede generar ideas contrarias a la intuición que no están disponibles a través de otras técnicas 'Pensamiento disciplinado.	No siempre es fácil determinar la estructura adecuada.
Entrevistas	La realización de entrevistas a los participantes experimentados del proyecto, a los interesados y a los expertos en la materia puede ayudar a identificar los riesgos.	Aborda los riesgos en detalle Generar el compromiso de las partes interesadas.	Consume tiempo. Eleva las preocupaciones, problemas, etc, así que requiere filtrado.
Técnica de grupo nominal	Es una técnica que permite libertad para priorizar temas, sin existir dominancia de miembros del grupo de trabajo que sean fuertes sobre los que lo son menos. Al llevar a cabo este proceso es posible evidenciar si existe consenso y si no es así hace posible el discutir abiertamente desacuerdos sobre un punto específico para llegar a soluciones.	Anima y permite a todos los participantes a que contribuyan. Permite a diferentes niveles de competencia emplear un lenguaje común. En gran medida, es auto-documentado. Proporciona una base ideal para la afinidad de diagramación (agrupando por categorías de riesgo para el uso en la Estructura Desglosada de Riesgo y Análisis de Causa Raíz).	Puede conducir a la frustración de los miembros dominantes que sienten que se está moviendo lentamente.



NOMBRE	DESCRIPCIÓN	VENTAJA	DESVENTAJA
Lecciones aprendidas/ Información histórica	Tiene como objetivo que la experiencia o enfoque innovador que es obtenido y se compara para promover aplicaciones repetidas. Una lección aprendida puede también ser una mala práctica de trabajo o experiencia adversa que es obtenida y compartida para evitar su recurrencia.	Aprovecha la experiencia previa. Evita cometer los mismos errores o falta de las mismas oportunidades. Mejora los Activos de los Procesos Organizacionales	Limitado a los riesgos que se han producido con anterioridad.
RBS (Estructura desglosada de Riesgo)	Es una representación jerárquica de los eventos inciertos, los cuales son identificados y ordenados por categoría de riesgo y subcategoría, reconociendo las distintas áreas y causas de probables riesgos.	Ofrece un marco para otras técnicas de identificación de riesgos, tales como lluvia de ideas Garantiza la cobertura de todos los tipos de riesgo Probado para puntos ciegos u omisiones Está alineada con la WBS	
Análisis de las causas	Es una técnica sencilla y flexible, que permite la identificación y el análisis de las causas y efectos de un riesgo, consiste en construir e interpretar en diagrama causa-efecto (conocido, por su apariencia, como esqueleto de pescado).	Permite la identificación de los riesgos adicionales, dependientes. Permite a la organización identificar los riesgos que pueden estar relacionados por sus causas comunes. Es la base para la elaboración de respuestas preventivas. Puede servir para reducir la complejidad aparente.	La falta de un facilitador puede producir sesgos
Análisis DAFO (Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades)	Esta técnica examina el proyecto desde cada uno de los aspectos DAFO (debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades) para aumentar el espectro de riesgos identificados, incluyendo los riesgos generados internamente. La técnica comienza mediante la identificación de las fortalezas y debilidades de la organización, enfocándose ya sea en la organización del proyecto o bien en aspectos comerciales en un sentido más amplio. El análisis DAFO identifica entonces cualquier oportunidad y amenaza para el proyecto, procedentes respectivamente de las fortalezas y debilidades de la organización.	Garantiza la igualdad de atención a las amenazas y oportunidades. Ofrece un enfoque estructurado para identificar las amenazas y oportunidades Se centra en (oportunidades y amenazas) internos y (fortalezas y debilidades organizacionales) externos	Se centra en los riesgos generados internamente que surgen de las fortalezas y debilidades organizacionales, excluye los riesgos externos. Tiende a producir riesgos genéricos de alto nivel, no específico del proyecto.
Revisión de la WBS	Se trata de la revisión la descomposición jerárquica del trabajo que va a ejecutado por el equipo de proyecto, para cumplir con los objetivos de éste.	Asegura que todos los elementos del alcance del proyecto se consideran. Proporciona a riesgos relacionados con diferentes niveles de detalle (de alto nivel a las relacionadas con los paquetes de trabajo individuales).	Excluye riesgos externos no relacionados específicamente con los elementos de la WBS.

*Tabla modificada de (H. Khamooshi 2004)



Categorías de riesgo

Una herramienta importante que ayuda en la identificación de riesgos es la clasificación de éstos en categorías que resultan ser relevantes el proyecto. Categorizar al riesgo es una manera de agrupar varios riesgos (Mehdizadeh 2013). Cualquier categoría puede dividirse en sub-categorías cuando se necesita una visión más detallada, o por el contrario se pueden agrupar con otras categorías cuando se requiere una visión más ampliada.

Dependiendo de las características del proyecto serán clasificados los riesgos, sin embargo existen cuatro categorías generales que resultan importantes para todos los proyectos en general (Kindinger y Darby 2000), éstas son:

1. **Riesgos Técnicos:** Son todos aquellos eventos relacionados con la definición del alcance, la investigación y el desarrollo, diseño, construcción y operación que pueda afectar el nivel real de rendimiento de acuerdo a lo especificado en la misión del proyecto y del desempeño.
2. **Riesgos en la Administración:** Son los riesgos asociados a la adecuación del tiempo asignado para la planificación, investigación y desarrollo, diseño de instalaciones, construcción y operación de inicio. Dos elementos importantes del riesgo en la administración son: la razonabilidad e integridad de las estimaciones periódicas de las actividades previstas y el riesgo que los objetivos de programación no se cumplan debido a una falta de administración de los riesgos técnicos.
3. **Riesgos de sobre costo:** Son los riesgos asociados a la capacidad del proyecto para costear los gastos durante el ciclo de vida previsto del proyecto. Por lo tanto, se incluye tanto en el diseño como en la construcción y la operación. Dos elementos importantes que influyen en este tipo de riesgo son la exactitud y la exhaustividad de las estimaciones de gastos de las actividades previstas, además de riesgo de que los costos se vean afectados negativamente por la falta de administración de riesgos técnicos.
4. **Riesgos de financiamiento:** Son los riesgos asociados a la incapacidad de satisfacer los objetivos del cronograma del proyecto debido a que la financiación proyectada necesaria para llevar a cabo las actividades previstas no esté disponible cuando se necesita. Esto a su vez, puede producir una necesidad de aumentar los fondos debido a que es necesario programar retrasos causados por la falta de financiamiento.



De acuerdo a su origen, Mendizadeh (2012), propone la división de las categorías del riesgo en dos grupos; los riesgos internos y los riesgos externos.

1. **Riesgos internos** Son aquellos que están relacionados directamente con el proyecto y que por lo general, su control recae bajo el equipo de administración proyecto.
2. **Riesgos externos** Son aquellos que están fuera del control del equipo de administración del proyecto.

Diversos autores, categorizan al riesgo de manera diferente, sin embargo estas categorías podrán adecuarse a cada proyecto, de acuerdo a sus características particulares.

Definiendo las categorías de los riesgos susceptibles de ocurrir se asegura una estructura de identificación sistemática con un razonable nivel de detalle. Para ello, se podrán utilizar categorías definidas en proyectos similares, o establecerse durante la planificación inicial.

Estructura Desglosada de Riesgo (Risk Breakdown Structure)

Durante el proceso de identificación de riesgos es importante conocer cuáles son las áreas del proyecto que pueden requerir una atención especial, si existen riesgos recurrentes o concentración de riesgo en un área particular; para tal motivo emplear la técnica de RBS (Risk Breakdown Structure, traducido al español estructura desglosada de riesgo) es útil, ya que de una manera sencilla describe la estructura general de exposición al riesgo del proyecto.



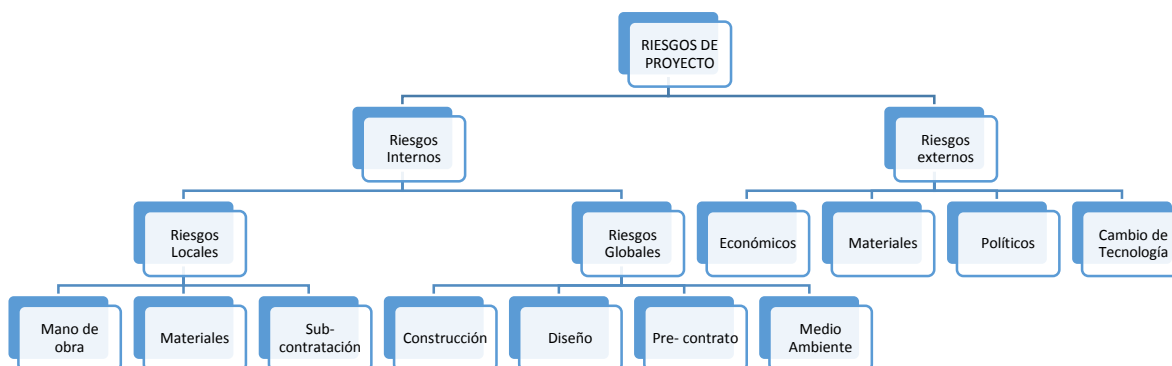


Ilustración 13 Ejemplo de una estructura desglosada de Riesgo (Traducción Mehdizadeh, 2012)

La manifestación más evidente del valor de estructura dentro de la administración de proyectos es la estructura desglosada de trabajo *Work Breakdown Structure* (WBS), que es reconocida como una herramienta importante, ya que proporciona un medio para estructurar el trabajo y lograr los objetivos del proyecto (Mehdizadeh 2013).

De la misma manera, los riesgos identificados pueden ser organizados y estructurados, para ser presentados de una manera tal, que facilite su comprensión, comunicación y por lo tanto su administración (Hillson, 2003).

Una simple lista de los riesgos sólo presenta un único nivel de organización. Una mejor solución es adoptar un enfoque jerárquico completo, con tantos niveles hasta que se permita la comprensión de la exposición al riesgo y su administración eficaz. Siguiendo la pauta de la WBS, el RBS se define como " *Una agrupación orientada a los riesgos del proyecto que organiza y define la exposición al riesgo total del proyecto, donde cada nivel descendente representa una definición cada vez más detallada de las fuentes de riesgo para el proyecto*"(Hillson, 2003). La RBS por tanto, es una estructura jerárquica de los riesgos potenciales. La RBS es una representación jerárquica organizada de los riesgos del proyecto identificados, organizados por categorías y subcategorías de riesgo que identifica las distintas áreas y causas de los riesgos.



El valor de una RBS radica en su utilidad inestimable para la comprensión de los riesgos a los que se enfrenta el proyecto. Ofrece una visión sobre los riesgos, que se pueden agrupar en varias categorías. Este punto de vista es útil cuando los interesados en el proyecto deben discutir los riesgos. Proporciona una perspectiva de dónde están los riesgos y donde están concentrados (Zacarías et al, 2008). Para Nilsson y Ohlsson tener grupos de riesgos similares que se organizan jerárquicamente facilita la tarea de reconocimiento de las dependencias entre riesgos.

La categorización de los riesgos mediante una RBR proporciona según Hillson (2002) varios puntos de vista y ventajas que no podrían estar disponibles de simples listados de riesgo aunque fueran priorizados. Sus ventajas incluyen:

1. Entender el tipo de la exposición del riesgo al proyecto.
2. Exponer las fuentes más significativas del riesgo al proyecto.
3. Revelar causas del riesgo mediante análisis de afinidades.
4. Indicar las áreas de dependencia o correlación entre los riesgos.
5. Enfocar el desarrollo de las respuestas a las áreas de alta exposición.
6. Permitir el desarrollo de las respuestas genéricas a las causas o agrupamientos de los riesgos dependientes.

La administración eficaz de riesgos requiere una comprensión clara de los riesgos a los que se enfrenta el proyecto. Esto implica más que la simple enumeración de los riesgos identificados y caracterizados por su probabilidad de ocurrencia y el impacto en los objetivos. La gran cantidad de datos sobre los riesgos que se producen durante el proceso de identificación de riesgos debe estar estructurada para ayudar a su comprensión e interpretación, el RBS es una herramienta poderosa para la identificación de riesgos que cumple con estos cometidos (Hillson, 2003).



ANÁLISIS DE RIESGO

El proceso de análisis del riesgo es el vínculo entre la identificación de los riesgos y su administración (H. Khamooshi 2004). Tiene como objetivo evaluar las consecuencias asociadas a los riesgos y su impacto mediante el uso de técnicas de medición (Flanagan y Norman 1993).

Para poder realizar el análisis de riesgo es primordial contar con los riesgos identificados, para después poder evaluar su probabilidad de ocurrencia e impacto, que son dos variables clave en la evaluación del riesgo. Este proceso puede ser un análisis cualitativo o tratarse de un análisis cuantitativo.

Análisis Cualitativo

El análisis cualitativo, se basa en una escala descriptiva o nominal para describir los eventos de riesgo y sus consecuencias. Este análisis se emplea generalmente en evaluaciones iniciales o rápidas información acerca de la probabilidad y/o el impacto de los riesgos (Mehdizadeh 2013).

El análisis cualitativo conduce a priorizar los riesgos identificados con base a su influencia sobre los objetivos del proyecto. Los riesgos que son clasificados como de alta prioridad pueden ser analizados mediante métodos cuantitativos de análisis de riesgos.

Estas evaluaciones reflejan la actitud frente a los riesgos, tanto del equipo del proyecto como de otros interesados. Por lo tanto, una evaluación eficaz requiere la identificación explícita y la administración de las actitudes frente al riesgo por parte de los participantes clave.

Una evaluación típica cualitativa del riesgo suele incluir:

- Breve descripción del riesgo.
- Las etapas del proyecto que son susceptibles a la ocurrencia de riesgos
- Los elementos del proyecto que podrían verse afectados.
- La probabilidad de ocurrencia del riesgo.
- Impacto sobre los objetivos del proyecto.

Una técnica ampliamente usada en un análisis cualitativo es la matriz de Probabilidad-Impacto, que evalúa la probabilidad y el impacto de cada riesgo sobre los objetivos del proyecto, para ello se emplean escalas definidas de acuerdo a la tolerancia al riesgo del equipo de proyecto, que se representan en una rejilla de dos dimensiones



(impacto y probabilidad). La posición en la matriz representa la importancia relativa del riesgo, permitiendo que los riesgos sean clasificados (Hillson,2002).

Para que esto sea posible, cada uno de los factores de riesgo se definen en diferentes categorías de riesgo (bajo, medio, alto, muy alto, etc), dependiendo del criterio o las pautas de cada persona u organización. La priorización de riesgos tiene como objetivo determinar un criterio con el cual podemos asignar un orden de atención a los riesgos detectados en las etapas de identificación y análisis de riesgos, para así lograr determinar dónde enfocar los esfuerzos de la gestión de riesgos.

Para lograr una adecuada priorización de riesgos, es necesario que los riesgos detectados sean analizados de manera objetiva y con información precisa acerca de su impacto y probabilidad. Para determinar la prioridad de un riesgo, este se debe calificar mediante el resultado del producto de impacto y la probabilidad de ocurrencia, de acuerdo con el puntaje obtenido, con la utilización de una matriz de prioridades.

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

Riesgo Bajo
 Riesgo Medio
 Riesgo Alto

Ilustración 14 Ejemplo de matriz de probabilidad-impacto

La matriz de prioridades se debe interpretar de acuerdo con la ubicación de los riesgos, de la siguiente manera:

- ✓ Zona gris oscuro: Esta ubicación de la matriz indica que los riesgos presentan un alto nivel de impacto y probabilidad de ocurrencia en el proyecto.



- ✓ Zona gris claro: Los riesgos de esta zona representan un impacto y probabilidad medios, con consecuencia moderada en la conclusión del proyecto.
- ✓ Zona gris medio: La evaluación de estos riesgos determina que representan un nivel de impacto y probabilidad bajos, con un efecto mínimo en el proyecto.

Esta matriz segmenta de igual manera las amenazas y oportunidades, puesto que ambas proceden de los riesgos e incertidumbres. EL uso de esta matriz permite discriminar de manera muy rápida el conjunto de riesgos de acuerdo a su impacto

Análisis cuantitativo

Mediante el análisis cuantitativo busca conocer el efecto combinado de los riesgos en los objetivos del proyecto. Utiliza herramientas como el análisis de sensibilidad, árboles de decisión y análisis Monte Carlo; este último incluye la construcción de un modelo global del proyecto y sus elementos clave que mediante el uso de valores de probabilidad calcula su incertidumbre y analiza el efecto combinado de los resultados del proyecto (Mehdizadeh 2013). Su objetivo es determinar el nivel general de la exposición al riesgo asociado a un proyecto y visualizar las zonas de especial riesgo que ayuden al desarrollo de respuestas apropiadas (Hillson, 2002).

El proceso de cuantificación por lo general incluye los siguientes pasos:

- Modelado del proyecto y de la descomposición de tareas.
- Evaluación del grado de incertidumbre en cada actividad del cronograma o elemento de costo.
- Determinación de una relación entre la incertidumbre y grados de riesgo.
- Evaluación de las incertidumbres generales del proyecto

PLAN DE RESPUESTA AL RIESGO

La planeación de los riesgos supone el desarrollo de alternativas y actividades determinadas encaminadas a reducir los eventos que amenacen de cualquier forma los objetivos del proyecto.

“Es el proceso por el cual se desarrollan opciones y acciones para mejorar las oportunidades y reducir las amenazas a los objetivos del proyecto” (PMI 2008).



Una vez que los riesgos en un proyecto han sido identificados y analizados, las estrategias de respuesta a los riesgos correspondientes deben adoptarse para hacerles frente durante la ejecución del proyecto (Zhang y Fan 2013). La mayoría de las organizaciones que administran sus riesgos, son capaces de identificarlos y evaluarlos con éxito razonable (Hillson, *Developing Effective Risk Responses* 1999), sin embargo la identificación y la evaluación del riesgo no tendrán valor alguno, a no ser que a partir de ellas se desarrollen e implementen respuestas que hagan una diferencia en la atención de los riesgos identificados.

El impacto potencial de los riesgos es siempre subjetivo, es decir, depende de la tolerancia de la organización y los involucrados en el proyecto hacia los riesgos; de esta manera riesgos que impliquen pérdidas semejantes de recursos pueden ser clasificados como de alto riesgo para una organización pero ser insignificantes para otras.

Las respuestas al riesgo suelen agruparse en función al efecto que se quiere dar al riesgo que se está tratando (Hillson, 2002). Para ser eficaces, las respuestas al riesgo tienen que cumplir una serie de criterios importantes:

- 1. Apropriadas:** El nivel de respuesta correcto debe ser determinado en base al " tamaño" del riesgo. Es importante no gastar demasiado tiempo y/o esfuerzo en el desarrollo de respuestas inapropiadas para riesgos menores, sin embargo tampoco deben destinarse recursos insuficientes para planear la respuesta a los riesgos clave del proyecto.
- 2. Asequibles:** La relación costo-efectividad de las respuestas debe ser determinada, de manera que la cantidad de tiempo, esfuerzo y dinero gastado en hacer frente al riesgo no debe superar el presupuesto disponible o el grado de exposición al riesgo. Las respuestas a cada riesgo deben tener un presupuesto acordado.
- 3. Evaluadas:** Una ventana de acción se debe determinar, definir el tiempo en el que las respuestas necesitan ser completadas con el fin de hacer frente al riesgo. Algunos riesgos requieren acción inmediata, mientras que otras se pueden dejar con seguridad hasta más tarde.
- 4. Alcanzables:** No tiene caso describir respuestas que no son realistas, factibles o viables de realizar, ya sea de manera técnica, económica o en cualquier otro ámbito.
- 5. Eficaces:** Todas las respuestas propuestas deben ser benéficas.
- 6. Acordadas:** El consenso y el compromiso de las partes interesadas se deben obtener antes de aceptar las respuestas.



7. Asignadas y aceptadas: Cada respuesta debe ser asignada a sólo un miembro del equipo para que se encargue de ésta, el cual debe aceptar y entender la responsabilidad de la aplicación de la respuesta.

Cuando se lleva a cabo la planeación y subsecuentemente la respuesta; es necesario saber las condiciones bajo la cuales cada estrategia será considerada aceptable, necesaria o inaceptable para cada proyecto en específico.

Estrategias para hacer frente a los riesgos

Existen cuatro estrategias disponibles para hacer frente a los riesgos, las cuales se describirán a continuación:

EVADIR

Cuando se combina una probabilidad de ocurrencia alta o muy alta con un impacto de la misma magnitud en cualquier riesgo, la evasión es la respuesta que se propone seguir (Panthi, Ahmed y Azhar 2006). Esta respuesta busca eliminar el riesgo y puede conseguirse mediante la evasión directa o la evasión indirecta.

Si el riesgo surge de la falta de información, este puede ser abordado de manera directa (Hillson, *Developing Effective Risk Responses* 1999). Ejemplo de algunas acciones que pueden conducir a eliminar la incertidumbre son:

- Clarificación de los requisitos
- Definición de objetivos
- Obtención de información
- Mejorar la comunicación
- Realizar investigaciones, desarrollo de prototipos, etc.
- Adquirir experiencia (mediante entrenamiento o reclutamiento)

Las respuestas indirectas implican realizar el proyecto de una manera diferente, con lo cual se logre eliminar gran parte de la incertidumbre haciendo irrelevante el impacto del riesgo para el proyecto. Algunos ejemplos incluyen:

- Ajustar el alcance del proyecto para excluir elementos de riesgo
- Adoptar propuestas probadas con el que se esté familiarizado en lugar de propuestas innovadoras
- Uso de la tecnología y/o metodologías probadas en lugar de las vanguardistas



TRANSFERIR

Se puede transferir el riesgo seleccionando una tercera persona u organización que esté mejor capacitada o tenga más experiencia para administrar el riesgo y cargar con la responsabilidad del mismo.

Cuando el impacto de un riesgo es alto, pero la posibilidad de ocurrencia es relativamente baja, se recomienda transferir el riesgo (Hillson, *Developing Effective Risk Responses* 1999). Básicamente, hay dos maneras de transferir los riesgos en un proyecto. La primera es asegurar el proyecto contra todo tipo de riesgo de alto impacto como por ejemplo huracanes o temblores, que podría traer graves consecuencias al proyecto, pero cuya probabilidad de ocurrencia es baja; de esta manera los costos asociados al riesgo serán transferidos a las compañías de seguros mediante el pago de primas. En este sentido es necesario ponderar meticulosamente los impactos contra las ganancias antes de transferir el riesgo, asegurándose que el pago de primas acarrearía mejores beneficios.

La segunda forma de transferir el riesgo se realiza por medio de contratos, de esta manera se responsabiliza al cliente, el contratista o algún otro grupo de personas involucradas en el proyecto de cierto riesgo. Las alianzas estratégicas (joint ventures) también pueden implicar transferencia explícita de riesgos entre las distintas partes mediante una relación contractual entre ellos.

Aunque esta estrategia tiene como objetivo transmitir la propiedad y/o responsabilidad de un riesgo particular a un tercero y suele ser una respuesta atractiva; su uso se limita casi siempre a exposición al riesgo financiero (Hillson, *Developing Effective Risk Responses* 1999).

Sea cual sea el tipo de transferencia es importante recordar que no sólo se transfiere la responsabilidad del riesgo, además implica un cambio en la titularidad del mismo. La transferencia del riesgo no hace que el riesgo se elimine, simplemente se traspasa la responsabilidad a una tercera parte que puede administrarlo mejor. Por ello es fundamental que los beneficiarios de esta transferencia sean capaces de administrar los riesgos que se les asignan, de lo contrario el proyecto se mantendrá expuesto a un riesgo no controlado.

MITIGAR O REDUCIR

Otra alternativa para hacer frente a los riesgos es reducir el tamaño del riesgo, con el fin de que pueda ser aceptable para los involucrados en el proyecto, mediante la disminución de su probabilidad y/o el impacto negativo.



No todos los riesgos pueden ser resueltos evadiéndolos o transfiriéndolos, de hecho la mayoría de los riesgos no pueden ser abordados con dichas estrategias; en general, la mayoría de los riesgos solo pueden enfrentarse mediante reducción o mitigación.

La reducción o mitigación de un riesgo puede realizarse disminuyendo la probabilidad de que ocurra, aminorando su impacto o ambos; por ejemplo si el impacto es alto, la reducción del riesgo puede hacerse disminuyendo su magnitud; por otro lado si el riesgo se produce muy a menudo, es mejor para hacer frente a la causa raíz del riesgo (Hillson, *Developing Effective Risk Responses* 1999). Siempre que la probabilidad de riesgos y los impactos son altos, la estrategia deberá ser reducir ambos (Corinne y Marshall 2006). Las respuestas preventivas siempre serán mejores, ya que son más proactivas y puede conducir una mejor cobertura de riesgos.

La mayoría de los riesgos identificados, probablemente deberán ser abordados con una respuesta mitigante. Este tipo de respuesta es muy específica a cada riesgo en particular, ya que tienen causas específicas y efectos únicos en los objetivos de cada proyecto.

ACEPTAR

Cuando los eventos de riesgo no pueden ser resueltos a través de las otras técnicas de respuesta a los riesgos, tales como la evasión, la transferencia y la mitigación, la única opción que queda es la aceptación. Conociendo las características de un riesgo, si es muy improbable que suceda y de suceder no tendría grandes efectos en los objetivos del proyecto, se puede optar por simplemente aceptar el riesgo. Existen dos formas de aceptar un riesgo: activamente o pasivamente.

En la respuesta pasiva, el equipo del proyecto no realiza ninguna acción para afrontar el riesgo, simplemente espera que este ocurra y a continuación desarrolla acciones para corregir sus efectos cuando llega a ocurrir. Es una forma de afrontar riesgos pequeños e insignificantes cuyo costo de investigación sería mayor que su corrección futura.

Cuando se adopta una postura activa, se desarrolla un plan de contingencia que se lleva a cabo cuando ocurre el riesgo. Es una estrategia muy importante que podrá traer resultados más eficaces, ya que es mejor poner en práctica una solución planificada cuando sea necesario en lugar de buscar una solución correcta en el calor del momento, que



muchas veces podrá ser la solución equivocada por ser precipitada (Hillson, Extending the risk process to manage opportunities 2002). Un plan de contingencia, incluye los montos necesarios de tiempo, dinero y recursos para tener en cuenta para los riesgos conocidos y los desconocidos. El plan de contingencia, para los riesgos conocidos, adopta la forma de un presupuesto de riesgo determinado por el impacto de los el riesgo. El presupuesto debe asignarse en función a los riesgos específicos, acordando cuando el monto de contingencia disponible para su uso.

Otras respuestas más generales pueden formar parte de estrategias de aceptación del riesgo, incluyen:

- El desarrollo de una cultura de concienciación de riesgos en el proyecto y la organización.
- Incorporar la administración del riesgo en proyectos como un proceso de rutina, con revisiones periódicas de riesgo, informes y actualizaciones.

Estas respuestas sirven para desarrollar una cultura dentro de la organización del proyecto, que puede hacer frente a la necesidad de operar bajo condiciones de incertidumbre y permitirá que los riesgos residuales sean aceptados sin interrumpir la ejecución del proyecto.

Relación costo -efectividad de la respuesta a los riesgos

La implementación de las respuestas al riesgo generalmente implica la asignación de recursos adicionales de tiempo, costo o esfuerzo; por tal motivo es importante considerar el tiempo y dinero que se requerirá en la respuesta a los riesgos identificados, en caso contrario el proceso podría ser ineficaz. Una parte importante de una cultura consciente de los riesgos es aceptar que es mejor incurrir en costos conocidos y definidos con el fin de evitar la posibilidad costear montos desconocidos en el futuro.

Una forma de medir la efectividad de las respuestas que se consideraron es convertir el impacto del riesgo en capitales (incluidos, por ejemplo, el costo de la demora, el costo de rectificar las deficiencias de rendimiento) y compararla con el impacto a estos capitales que causaría el hecho de que se presentará el riesgo, también se puede comparar diversas alternativas de respuestas propuestas, que permitan seleccionar la más rentable.



Herramientas para formular estrategias de respuesta al riesgo

El gráfico de planificación de respuesta al Riesgo puede emplearse como herramienta que ayude a idear estrategias de respuesta al riesgo. A continuación se presenta un gráfico que ilustra un diagrama que propone Piney.

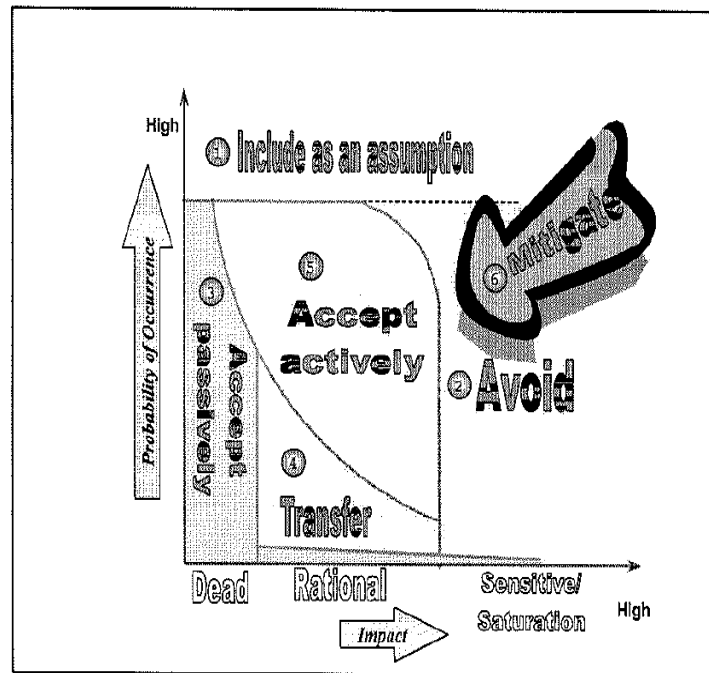


Ilustración 15 Gráfico de planificación de respuesta a los riesgos, Piney (2002).

Otra herramienta que puede emplearse es la matriz de Riesgo. Suele ser eficaz para ilustrar la importancia de las estrategias empleadas frente a los riesgos (Panthi, Ahmed y Azhar 2006) .

Para realizar una matriz de riesgo es necesario conocer los riesgos propios del proyecto, clasificados de acuerdo a su categoría y calificados en términos de probabilidad de ocurrencia e impacto al proyecto. Información con la que se cuenta debido a los pasos previos en el proceso de Administración de Riesgos.

La matriz de riesgos puede entonces guiar la elección de la estrategia de respuesta a los riesgos, basándose en la probabilidad y el impacto de un riesgo mapeados que constituye la base para la formulación de las estrategias de respuesta. Dependiendo del lugar donde se posicione el riesgo dentro de la matriz, se propone una estrategia para hacer frente al riesgo.



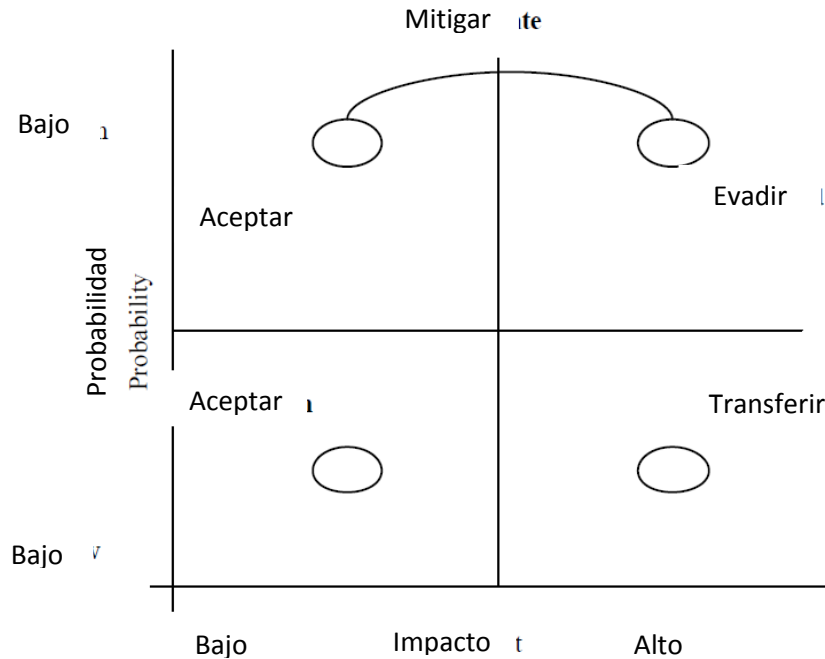


Ilustración 16 Matriz para planificar la respuesta al riesgo, traducido de Corinne & Marshall (2006).

El eje de las abscisas en la gráfica representa el impacto del riesgo en porcentaje de costo de acuerdo al presupuesto total proyecto, mientras que el eje de las ordenadas muestra la probabilidad de ocurrencia de cada riesgo en porcentaje. Este tipo de gráfico ayuda a identificar las fuentes de riesgo altos y entender la relación entre la probabilidad y las consecuencias de los riesgos. Cuando el riesgo va más allá de un nivel aceptable, estos deben ser mitigados ya sea mediante la reducción de la probabilidad de ocurrencia del riesgo o al reducir el impacto del riesgo o ambos.

La matriz de riesgo sirve como guía para desarrollar estrategias para hacer frente a los diferentes riesgos identificados. Es una herramienta sencilla para desarrollar estrategias apropiadas (evitar, transferir, mitigar o aceptar) que sirve como marco para el desarrollo de respuestas al riesgo apropiados del riesgo identificadas durante la pre-construcción (Panthi, Ahmed y Azhar 2006) etapa por lo que el riesgo puede ser manejado de manera proactiva. Sin embargo su uso está enfocado a proyectos pequeños y limitado a ser usada sólo si el la estrategia es viable de usar en el riesgo dado.



CONTROL Y MONITOREO DE RIESGO

Todo el proceso que rodea a los riesgos tiene un gran dinamismo. Esto implica que en el desarrollo de un proyecto no se considerará la administración de los riesgos como una tarea única en el inicio. Esta fase del proceso tiene como objetivo supervisar el estado de los riesgos identificados, identificar nuevos riesgos, garantizar la correcta aplicación de las respuestas acordadas y revisar su eficacia, así como el seguimiento de los cambios en exposición al riesgo global del proyecto a medida que avanza el proyecto (Hillson, Extending the risk process to manage opportunities 2002).

Los objetivos del proceso de Monitorear y Controlar los Riesgos son determinar si:

- Los supuestos del proyecto siguen siendo válidos.
- Los análisis muestran que un riesgo evaluado ha cambiado o puede descartarse.
- Se respetan las políticas y los procedimientos de administración de riesgos.
- Las reservas para contingencias de costo o cronograma deben modificarse para alinearlas con la evaluación actual de los riesgos.

El proceso monitorear y controlar los riesgos puede implicar la selección de estrategias alternativas, la ejecución de un plan de contingencia, la implementación de acciones correctivas y la modificación del plan para la dirección del proyecto.

El responsable de un riesgo deberá informar periódicamente al director del proyecto sobre la efectividad del plan, de cualquier efecto no anticipado y sobre cualquier corrección necesaria para administrar el riesgo adecuadamente.

Reuniones de revisión de riesgos pueden ser acordadas para evaluar la situación actual de riesgo en el proyecto, las cuales deben incluir informes de estado del equipo en los principales riesgos, las respuestas acordadas y la eficacia de los procesos; mismos que también deberán ser revisados para asegurar que respondan a las necesidades de administración de riesgos del proyecto.



SIMULACIÓN MONTE CARLO COMO MÉTODO DE ANÁLISIS CUANTITATIVO

El concepto de simulación, fue definido en los estudios de Robert E. Shannon (1975) como *“el proceso de diseñar y desarrollar un modelo computarizado de un sistema o proceso y conducir experimentos con este modelo, a fin de entender el comportamiento del sistema o evaluar varias estrategias con las cuales se puede operar el sistema”* (Ingalls 2001). El conjunto de resultados producidos a lo largo de todas las simulaciones, podrán ser analizados estadísticamente y proveerán resultados en términos de su probabilidad.

El objetivo de una simulación, en un análisis de riesgo, es establecer un resultado fiable acerca del impacto de los riesgos al costo y el tiempo necesarios para lograr completar los objetivos del proyecto. Se basa en un cuidadoso análisis de incertidumbre y el uso de la simulación Monte Carlo, que mediante distribuciones de probabilidad genera estimaciones de costo y tiempo total necesario para completar el proyecto. Esta es una de las herramientas más fáciles de emplear en un análisis de probabilidad.

SIMULACIÓN MONTE CARLO

La simulación Monte Carlo se trata de un método numérico, de naturaleza aleatoria. Fue creado con el propósito de resolver integrales que no se pueden resolver por métodos analíticos, recurriendo al uso de números aleatorios. Posteriormente, se utilizó para cualquier esquema aleatorio, mediante variables aleatorias con distribuciones de probabilidad conocidas.



Es llamado así en referencia a los casinos de Monte Carlo del Principado de Mónaco. Se atribuye a ¹⁵Stanislaw Ulam, matemático polaco que trabajó para ¹⁶John Von Neumann en el proyecto Manhattan durante la segunda guerra mundial y contribuyó junto con Edward Teller en el diseño de la bomba de hidrógeno en 1951. Ulam no inventó el muestreo estadístico, pero reconoció el potencial de los computadores electrónicos para automatizar el proceso; trabajando con John von Neuman y ¹⁷Nicholas Metropolis, desarrolló algoritmos de implementación y exploró formas de convertir problemas no aleatorios en formas aleatorias para ser solucionados vía muestreo estadístico. Ulam y Metropolis publicaron su primer artículo sobre el tema en 1949.

En la primera etapa de estas investigaciones, John von Neumann y Stanislaw Ulam refinaron esta curiosa "Ruleta Rusa" y los métodos de división. Sin embargo, el desarrollo sistemático de estas ideas tuvo que esperar el trabajo de Harris y Herman Kahn en 1948. Aproximadamente en el mismo año Fermi, Metropolis y Ulam obtuvieron estimadores para

¹⁵ **Stanisław Marcin Ulam** (13 de abril de 1909 – 13 de mayo de 1984) fue un matemático polaco-estadounidense que participó en el proyecto Manhattan y propuso el diseño Teller-Ulam de las armas termonucleares. También propuso la idea de propulsión nuclear de pulso y desarrolló un número de herramientas matemáticas en la teoría de números, teoría de conjuntos, teoría ergódica y topología algebraica. Sobre todo es conocido por ser coautor (con Nicholas Metropolis) del Método de Montecarlo

También es el creador de la espiral de Ulam.

¹⁶**John von Neumann** (registrado al nacer como Neumann János Lajos) (Budapest, Imperio austrohúngaro, 28 de diciembre de 1903-Washington, D.C., Estados Unidos, 8 de febrero de 1957) fue un matemático húngaro-estadounidense que realizó contribuciones fundamentales en física cuántica, análisis funcional, conjuntos, teoría, ciencias de la computación, economía, análisis numérico, cibernética, hidrodinámica, estadística y muchos otros campos.¹ Es considerado como uno de los más importantes matemáticos de la historia moderna.

¹⁷ **Nicholas Constantine Metropolis** (11 de junio de 1915 – 7 de octubre de 1999) fue un matemático, físico, y computador científico , greco-norteamericano.



los valores característicos de la ecuación de $^{18}\text{Schrödinger}$ para la captura de neutrones a nivel nuclear.

El método de Monte Carlo es una herramienta de investigación y planeamiento; básicamente es una técnica de muestreo artificial, empleada para operar numéricamente sistemas complejos que tengan componentes aleatorios.

Gracias a la constante evolución de las microcomputadoras, en lo que se refiere a su capacidad de procesamiento de la información, el método de Monte Carlo es cada vez más utilizado (Elkjaer 2000).

Esta metodología provee como resultado, aproximaciones para las distribuciones de probabilidad; para ello son realizadas diversas simulaciones donde se generan valores aleatorios para el conjunto de variables de entrada y parámetros del modelo que están sujetos a incertidumbre. Tales valores aleatorios que fueron generados siguen distribuciones de probabilidades específicas que deben ser identificadas o estimadas previamente.

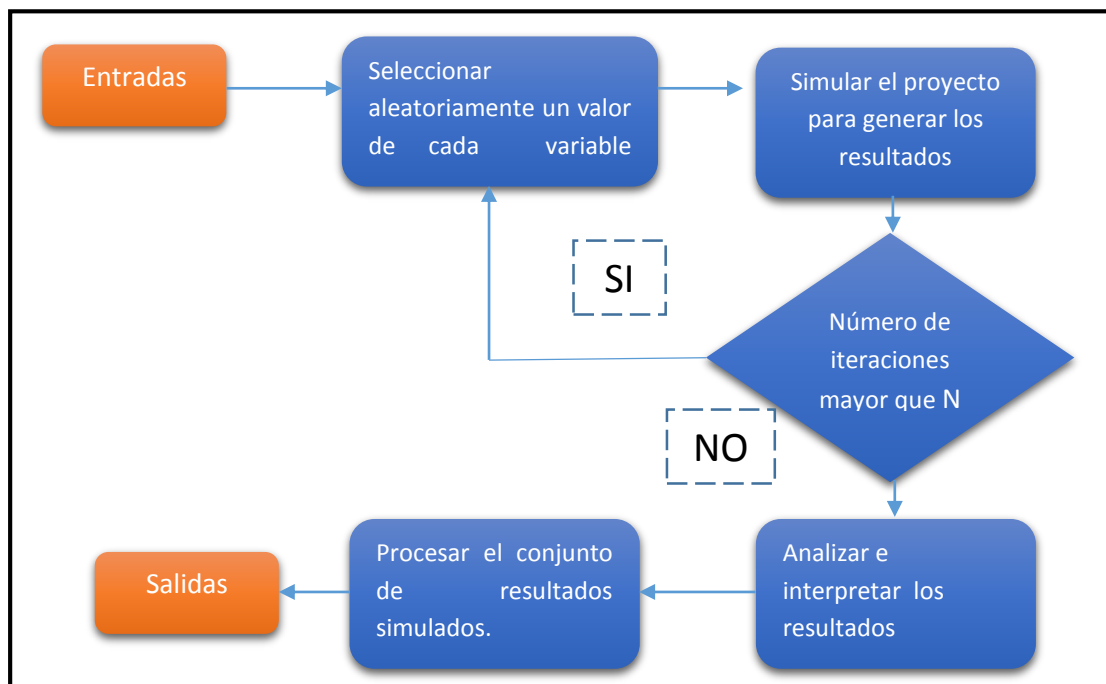


Ilustración 17 Procesos básicos para el análisis por el método Monte Carlo.

18 **Erwin Rudolf Josef Alexander Schrödinger** (en alemán ['ɛʁvi:n 'jʊø:dɪŋɐ]; Erdberg, Viena, Imperio austrohúngaro, 12 de agosto de 1887 – 4 de enero de 1961) fue un físico austríaco, naturalizado irlandés, que realizó importantes contribuciones en los campos de la mecánica cuántica y la termodinámica. Recibió el Premio Nobel de Física en 1933 por haber desarrollado la ecuación de Schrödinger.



El concepto de Monte Carlo se basa en la ley de los grandes números, que enuncia que cuanto mayor sea la muestra, mayor será el ajuste entre la distribución muestral y la distribución teórica sobre la que se basa la muestra. Esto se traduce en la necesidad de un mayor número de iteraciones para lograr mejores resultados (para converger hacia la distribución teórica)

MÉTODO MONTE CARLO

El método Monte Carlo se sustenta de un conjunto de variables definidas, para lograr generar diferentes escenarios de los cuales se obtienen los resultados es a través de la aleatoriedad de las variables que lo definen.

Estas distribuciones de probabilidad deberán contener todos los posibles resultados de las variables que modelan, que serán fundamentalmente el tiempo de duración o costo de una tarea sin rebasar tanto unas cotas superiores como inferiores finitas y definidas, ambas dentro del intervalo. Para tal motivo cada tarea o conjunto de tareas en el programa deben ser estimados los siguientes parámetros:

El valor inferior u optimista: Representa el valor que será posible lograr si todas las oportunidades que conciernen a dicho elemento se dan en su máxima expresión. La estimación del menos tiempo o costo que se empleará para la ejecución de una tarea

El valor superior o pesimista: Representa el peor escenario posible que puede darse para esa tarea. Generalmente este parámetro es el más complicado, ya que las personas tenderán a subestimarlos, debido a que no existe una buena aceptación de situaciones difíciles.

El valor más probable: En términos estadísticos es la moda de la distribución que concentra la mayor parte de su densidad.

Los valores mínimos, más probables y máximos se pueden determinar de varias maneras. El método más sencillo es simplemente seleccionar valores de forma subjetiva, apoyándose en la experiencia de los expertos para determinar valores razonables con el fin de estimar el rango de cada tarea en el programa de ejecución, empleando la intuición y un juicio subjetivo (Elkjaer 2000).

El análisis de incertidumbre permite obtener resultados cuantitativos en forma de intervalos de confianza. Después de estimar los valores mínimos, más probables y máximos, una distribución probabilística debe ser seleccionada; cuestión clave para el



proceso de simulación. Una distribución de probabilidad describe el rango de valores que puede tomar una variable aleatoria y la probabilidad asignada a cada valor o rango de valores.

Existen estudios que sugieren que la distribución normal logarítmica determinada estadísticamente en base a Ji-cuadrada ajusta de forma más representativa los costos reales de los proyectos de construcción que la distribución beta (Chou 2010). Además Touran y Wiser afirmaron que la distribución logarítmica normal es más apropiada que el uso de una distribución normal (Touran y Wiser 1992).

Alternativamente (Chau 1995), propuso a la distribución triangular como más apropiada, cuando la obtención de datos se obtiene solamente de la experiencia del personal del proyecto y sugiere que la opinión de expertos puede compensar la insuficiencia de datos. Sin embargo, en el campo de la ingeniería, valores extremadamente altos de costos son típicamente asociados con eventos inesperados. El uso de la distribución triangular para representar estas variables podría llevar a una sobreestimación del riesgo y se debe utilizar con precaución.

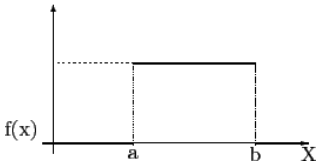
Tabla 2 Clasificación de las Distribuciones de probabilidad

Discretas/ variables	Discretas: Una variable aleatoria representada mediante una distribución discreta de probabilidad puede tomar un valor de entre un conjunto de valores, cada uno de los cuales tiene asignada una determinada probabilidad de ocurrencia. Como ejemplos se pueden mencionar las distribuciones: Binomial, Geométrica y Poisson.
	Continuas: Una variable aleatoria representada mediante una distribución continua de probabilidad puede tomar cualquier valor dentro de un rango determinado. Ejemplos: Normal, Lognormal, Uniforme, Triangular, Histograma.

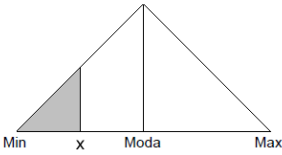
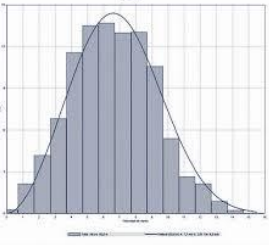
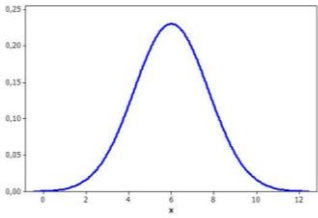


<p>No Limitadas/ No Limitadas</p>	<p>No Limitadas: La variable aleatoria puede tomar valores entre <i>+infinito</i> y <i>-infinito</i>. Ejemplos: Normal, Logística.</p> <p>No Limitadas: Los valores de la variable aleatoria quedan confinados entre dos valores extremos. Ejemplos: Binomial, Beta, Uniforme, Triangular, Histograma.</p> <p>Parcialmente Limitadas: Los valores de la variable aleatoria quedan limitados en uno de los extremos de la distribución. Ejemplos: Poisson y Exponencial</p>
<p>Paramétricas/ No paramétricas</p>	<p>Distribuciones No Paramétricas En este tipo de distribución los parámetros que se usan para definir la forma de la distribución no se apoyan en una teoría que describa el proceso de generación de valores aleatorios. Ejemplos: Triangular, Histograma y Uniforme.</p> <p>Distribuciones Paramétricas La distribución de probabilidad se ajusta a la descripción matemática de un proceso aleatorio que cumple con determinados supuestos teóricos. Los parámetros que definen la distribución en general no guardan relación intuitiva con la forma de la distribución. Ejemplos: Normal, Lognormal, Exponencial, Beta.</p>

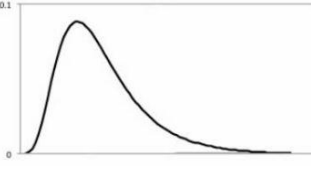
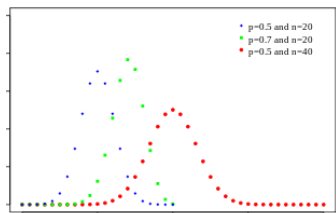
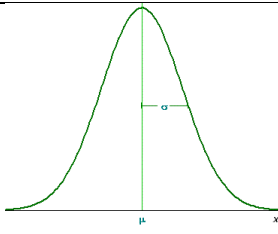
Tabla 3 Distribuciones de Probabilidad

Distribución	Parámetros		Características
Uniforme	(min, max)		<p>Se usa en la generación de los valores de todas las demás distribuciones de probabilidad en el muestreo aleatorio.</p> <p>Es una aproximación muy cruda para usar como estimación de la incertidumbre percibida de un parámetro.</p> <p>Todos los valores dentro del rango factible tienen la misma densidad de probabilidad.</p>

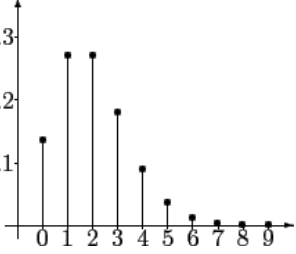
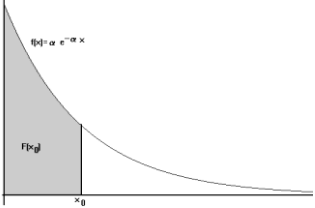
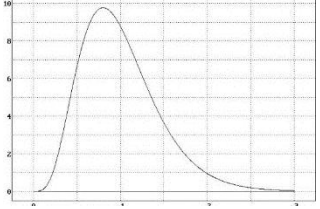
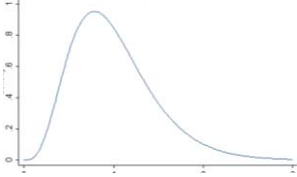
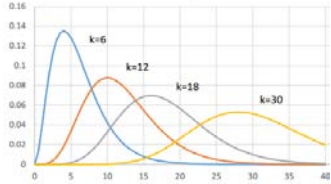


Distribución	Parámetros		Características
Triangular	(min, más probable, max)		<p>Estima subjetivamente la distribución de la variable aleatoria cuando todo lo que puede precisarse de la misma es el valor mínimo, el valor más probable y el valor máximo.</p> <p>Sus propiedades estadísticas se derivan de su forma, no de una teoría subyacente.</p> <p>Es de definición intuitiva y de gran flexibilidad en cuanto a geometrías posibles.</p> <p>La forma de la distribución usualmente lleva a sobreestimar la densidad de las colas y a subestimar la densidad en el “tronco” de la distribución.</p>
Histograma	$(min, max, \{p_i\})$		<p>Representa la forma de la distribución de una serie de datos o la opinión de un experto acerca de la forma de la distribución de una variable.</p> <p>Todos los intervalos de la distribución tienen el mismo “ancho”.</p>
Normal	(μ, σ) Nota: el intervalo $\pm 2\sigma$ contiene el 95% de los valores.		<p>Es útil en finanzas pues la suma o diferencia de distribuciones Normales resulta también en una distribución Normal con parámetros que pueden ser determinados a partir del Teorema del Límite Central. La mayoría de las variables aleatorias que se presentan en los estudios relacionados con las ciencias sociales, físicas y biológicas, son continuas y se distribuyen según la distribución de probabilidad Normal, que tiene la siguiente expresión analítica :</p> $f(x, \mu, \sigma) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2}$ <p>Donde μ es la media de la variable aleatoria y σ es su desviación típica. La distribución de probabilidad Normal, tiene forma de campana. Para una variable aleatoria X, que se distribuye normalmente con media μ y desviación típica σ, la probabilidad de que la variable X esté comprendida entre dos valores a y b, se puede calcular analíticamente, de la siguiente manera:</p> $p(a < X < b) = \int_a^b \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2}$



Distribución	Parámetros		Características
Log normal	(μ, σ)		<p>Se aplica para modelar variables que son el producto de una cantidad de otras variables aleatorias que ocurren naturalmente.</p> <p>Generalmente brinda una buena representación de variables que se extienden de 0 a $+\infty$ y que tienen un sesgo positivo.</p> <p>La variable aleatoria puede tomar valores que aumentan sin límites pero no puede tomar valores negativos.</p> <p>La variable aleatoria tiene un sesgo positivo (modo < media) con la mayor parte de los valores cerca del límite inferior.</p> <p>El logaritmo natural de la variable se ajusta a una distribución Normal</p>
Binomial	<p>(n, p)</p> <p>Para $n > 30$ o cuando p es alta, la distribución Binomial puede ser aproximada por una distribución Normal $((np), (npq)^{1/2})$.</p>		<p>Es empleada para estimar la distribución de la cantidad de ocurrencias de un evento en n pruebas, cuando hay una probabilidad p de ocurrencia del evento en cada prueba.</p> <p>Condiciones subyacentes a una distribución binomial:</p> <ul style="list-style-type: none"> • En cada prueba sólo hay dos resultados posibles • Las pruebas son independientes (lo que ocurre en la primera prueba no afecta a la segunda, y sucesivamente). • La probabilidad de ocurrencia del evento se mantiene constante a través de las pruebas (no hay un proceso de aprendizaje)
Binomial negativa	<p>$n = s + \text{Negbin}(s, p)$</p> <p>$s$ es el parámetro que le da la forma a la distribución.</p>		<p>Se aplica cuando se requiere estimar la distribución de la cantidad n de pruebas hasta que ocurran s eventos, cuando la probabilidad p de ocurrencia de un evento es constante en el tiempo.</p> <p>Condiciones subyacentes a una distribución binomial negativa:</p> <ul style="list-style-type: none"> • La cantidad de pruebas no está prefijada. • Se continúa con las pruebas hasta que se observa la cantidad de eventos (s) buscada. • La probabilidad de éxito p es constante de prueba a prueba.



Distribución	Parámetros		Características
Poisson	$(\lambda * t)$ $\lambda = 1 / \beta$ λ se puede interpretar como la cantidad promedio de ocurrencias del evento por unidad de exposición.		Se usa al estimar la cantidad n de ocurrencias de un evento en un intervalo de tiempo T cuando el tiempo medio entre eventos sucesivos (β) se ajusta a un proceso tipo Poisson. Condiciones subyacentes a una distribución Poisson: <ul style="list-style-type: none"> • La cantidad de eventos por unidad de exposición no está limitada a un valor discreto. • Los eventos son independientes entre sí (el número de eventos en un intervalo de exposición no afecta al número de eventos en otro intervalo de exposición). • La cantidad promedio de eventos se mantiene constante de intervalo a intervalo.
Exponencial	(β)		Se ocupa al estima la distribución del tiempo entre ocurrencias sucesivas de un evento que tiene una probabilidad de ocurrencia p constante por unidad de tiempo. Si la probabilidad p de ocurrencia del evento es constante a través del tiempo, la estimación del tiempo que medie hasta la ocurrencia del próximo evento es independiente del tiempo que haya transcurrido desde la última ocurrencia.
Gamma	(n, β)		Estima la distribución del tiempo entre ocurrencias sucesivas de un evento n veces cuando el evento tiene una probabilidad de ocurrencia p constante por unidad de (tiempo).
Beta	(α_1, α_2) $\alpha_1 = S + 1$ $\alpha_2 = n - S + 1$		Sirve para estimar la probabilidad de ocurrencia p de un evento, a partir de la observación de s eventos en n pruebas. La distribución Beta puede tomar muchas formas, según los valores de α_1 y α_2 A medida que aumenta n, se gana precisión en la estimación de p (la distribución de p se comprime)
Ji-cuadrada	$\mu = k$ $\sigma^2 = 2k$		La distribución ji-cuadrada surge de la suma de normales estándar al cuadrado, su definición formal es la siguiente: $f_k(x) = \frac{1}{2^{k/2} \Gamma(k/2)} x^{k/2-1} e^{-x/2} \quad \text{para } x \geq 0; \text{ y } 0 \text{ en otros casos}$



La identificación de los riesgos y el cuantificar apropiadamente su variabilidad son más significativos que la elección de una distribución correcta (Elkjaer 2000). Sin embargo las distribuciones de probabilidad triangular y normal son las que se usan con mayor regularidad; además que son las recomendadas y su uso es bastante extendido.

Proceso de simulación

La técnica de simulación consiste en lo siguiente:

1. En primer lugar hay que seleccionar la distribución de probabilidad se va a utilizar, siendo las más comunes la triangular y la normal, además se deberán estimar los parámetros que definen a la distribución de probabilidad, con el mejor criterio disponible.
2. Posteriormente un número aleatorio entre cero y uno deberá ser generado (números tomados al azar) comprendidos entre cero y uno. Estos números pueden obtenerse utilizando un ordenador, siendo necesarios tantos como variables se consideren en el modelo (costo y tiempo).
3. Por medio de la función de distribución acumulada inversa un valor aleatorio de tiempo y costo para cada tarea entre cero y uno es generado. Es importante entender que se utiliza el número aleatorio para seleccionar un valor, pero el proceso de selección garantiza que la frecuencia con la que se seleccionan valores se ajuste a la distribución apropiada.
4. Estos costos y tiempos asignados aleatoriamente a cada tarea, se suman para representar el costo y tiempo total del proyecto.
5. Los pasos 1,2 y 3 se repiten un gran número de veces para construir una distribución del tiempo o costo totales, no menos de 500 iteraciones.
6. 5.- Para finalizar, se lleva a cabo el análisis estadístico de los datos obtenidos del simulador.

Los pasos del proceso de simulación se repiten con cada tarea; los valores “aleatorios” de tiempo y costo de cada tarea en particular se suman de tal forma que se calcula un costo y un tiempo global del proyecto, dentro de los límites establecidos en cada iteración, este proceso se representa en la . Se considera adecuado realizar aproximadamente 500 iteraciones para que originen un resultado de costo y tiempo total del proyecto fiable, pues un mayor número de iteraciones representan variaciones marginales en la precisión (Elkjaer 2000); sin embargo cuanto mayor sean el número de iteraciones, aumentará la visibilidad



de los datos durante la presentación de los resultados, típicamente en un histograma. Finalmente la frecuencia y la frecuencia acumulada del proyecto global son calculadas.

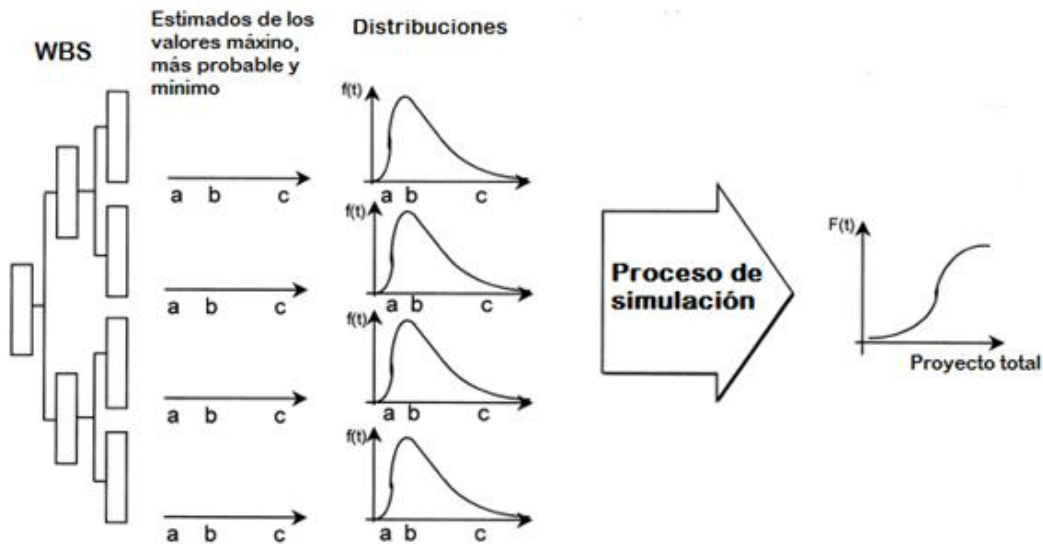


Ilustración 18 Proceso de simulación estocástica de un proyecto, (Elkjaer, 2000).

De acuerdo al teorema del límite central, el histograma tendrá una distribución normal, por lo que la ¹⁹media (μ) y la ²⁰varianza (σ^2) se calculan de la siguiente manera:

¹⁹ Media aritmética: Es el valor característico de una serie de datos cuantitativos objeto de estudio, se obtiene a partir de la suma de todos sus valores dividida entre el número de sumandos.

²⁰ Varianza: Es la media de las diferencias con la media elevadas al cuadrado. La desviación estándar (σ) mide cuánto se separan los datos.



$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_i$$

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n Y_i^2 - n(\mu)^2 \right)$$

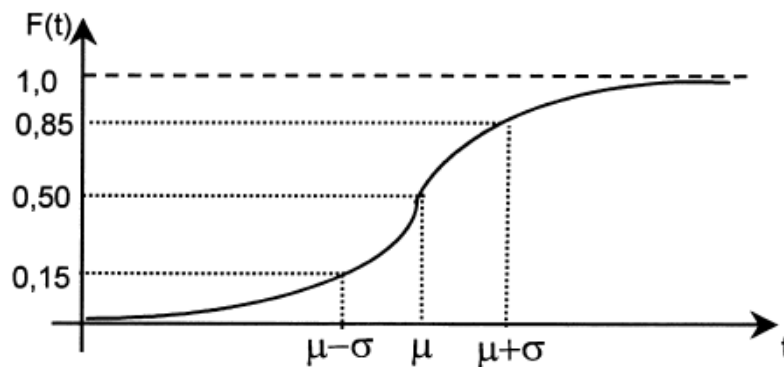


Ilustración 19 Distribución acumulada en un proyecto, (Elkjaer, 2000).

La media (μ) se calcula sumando los valores para el costo o tiempo total (Y_i) y dividiendo la suma por el número de iteraciones para el costo o tiempo total (n), este valor representa el valor más probable de tiempo o costo esperado para el proyecto; mientras que los valores con el mínimo y máximo tiempo y costo, representan los escenarios optimistas y pesimistas respectivamente.

La técnica de simulación asegura que la incertidumbre inherente de todas las tareas se trate de manera explícita y matemáticamente correcta (Elkjaer 2000).



Proyectos IPC

Los contratos IPC (Ingeniería, Procura y Construcción) o llave en mano; consisten en su estructura en un arreglo entre dos partes cliente y un contratista; donde este último se encarga de diseñar la instalación, adquirir los materiales necesarios y generar el proyecto.

Para que la administración de riesgos sea más eficiente y eficaz, es necesario que todas las partes entiendan los riesgos, su responsabilidad frente a ellos, las prioridades y la capacidad de los involucrados de su administración (Bakr, Hagla y Rawash 2012).

Por la razón anterior es importante que los participantes del proyecto tengan una visión compartida de los riesgos que amenazan al proyecto y de manera conjunta definir y establecer medidas eficaces de alerta temprana y estrategias adecuadas para hacerles frente (Tah y Carr 2001). Por esto es necesario reunir a las dos partes e incluso a los subcontratistas para hacer que el proceso de administración de riesgos pueda desarrollarse de forma integral.

El contrato debe tomar en cuenta las obligaciones y los derechos de todas las partes, a través de cláusulas contractuales de obras. Por esta razón, es indispensable para los contratistas comprender cuales son los riesgos con los que se ha comprometido.

Con el fin de cumplir las cláusulas contractuales, es importante aplicar técnicas de administración de riesgo para manejar los escenarios posibles de riesgos que puedan llegarse a presentar durante el ciclo de vida del proyecto.

Típicamente los proyectos complejos en el campo de la construcción son proyectos de largo plazo que pasan por etapas que pueden ser más o menos dependientes, con interesados con, sus propios objetivos, con la calidad y cantidad de información disponible en cada fase en la que se encuentre el proyecto. Debido a esta naturaleza, es conveniente realizar análisis de riesgos para proyectos de este tipo.



CAPÍTULO III

CASO DE ESTUDIO

“Un buen plan hoy, es mejor que un plan perfecto mañana.”

General George S. Patton



INTRODUCCIÓN AL CASO DE ESTUDIO

Se presentará una metodología de Administración de Riesgos aplicada a un proyecto IPC. Con este trabajo se muestra su valor en la administración de proyectos.

Se optó, en parte, en realizar dicho trabajo en un proyecto que finalizó hace algunos años, debido a que la información de tiempo y costo que tomó ejecutar el proyecto se conocen, lo que permite comparar dichos valores con los calculados mediante la simulación Monte Carlo durante la etapa de análisis cuantitativo para verificar su utilidad como herramienta de planificación. De esta forma se podría sugerir que al emplear la administración de proyectos, podrían conocerse valores (de tiempo y costo global de proyecto) cercanos a lo real desde etapas tempranas del proyecto, logrando tener un mejor control sobre el proyecto.

DICTAMEN DEL PROYECTO

De acuerdo a la Ley Federal de Presupuesto y Responsabilidad Hacendaria, para todo proyecto de infraestructura productiva de largo plazo, se deberá recabar el dictamen de un experto sobre el análisis de factibilidad técnica, económica y ambiental, antes de desarrollarse. Se trata de la elaboración de un documento para emprender el proyecto.

Realizar un análisis de riesgo de proyectos es importante en un dictamen de este tipo, pues proporciona una vista anticipada de los riesgos a los que está expuesto, lo que permite actuar de manera anticipada y realizar las acciones necesarias para que sus efectos se vean disminuidos, lo que se reflejaría en evitar sobrecostos; además se podría hacer una estimación más cercana de los costos y del tiempo de ejecución de los proyectos, que aportaría información importante para el proyecto y por ende llevaría a la toma de mejores decisiones.



DESCRIPCIÓN DE PROYECTO

Nombre del proyecto

“Construcción de dos Plantas Criogénicas Modulares, servicios auxiliares, así como su integración entre sí y con las instalaciones existentes, en el Estado de Tamaulipas, México”

Generalidades

El proyecto surge de la necesidad de Pemex Gas y Petroquímica Básica (PGPB) de ampliar la capacidad de procesamiento de gas húmedo dulce del norte del país, debido al incremento de la oferta Pemex Exploración y Producción (PEP) de gas natural proveniente de los campos de Burgos.

Como productos de las plantas se tendrán gas seco, gas LP y nafta ligera. El gas seco se enviará al troncal de gas, mientras que el gas LP y la nafta ligera serán enviados a almacenamiento para su posterior venta en la Terminal de Distribución de productos o a través de los LPGducto y Gasolinoducto del mismo complejo.

Para esto PGPB ha programado la ampliación de este proyecto el cual comprende: ingeniería básica, ingeniería de detalle, obtención de los permisos requeridos, suministro de materiales, suministro de equipos y servicios requeridos para la construcción, montaje, pruebas de pre-arranque, puesta en operación y pruebas de comportamiento de dos plantas recuperadoras y fraccionadoras de licuables del tipo modular, almacenamiento de gas LP y nafta ligera, los servicios auxiliares, comunicaciones de todas las instalaciones, planificación, urbanización, drenajes, edificaciones, tratamiento de efluentes, sistemas de seguridad y protección así como la integración en el Complejo Procesador de Gas (CPG) Burgos en Reynosa, Tamaulipas. Las actividades principales de este complejo son las de tratar el gas natural para separar sus líquidos y obtener además gas natural seco, así como el fraccionamiento de condensados del gas natural de los campos.

El complejo cuenta con servicios auxiliares necesarios para los procesos señalados, así como también con sistemas de seguridad e infraestructura necesaria.

Las dos plantas recuperadoras y fraccionadoras de licuables tienen una capacidad de procesar 200 millones de pies cúbicos diarios a condiciones estándar (a 20°C y 1 kg/cm²).

Plantas de proceso

Las plantas recuperadoras y fraccionadoras de licuables se constituyen de una sección criogénica y de otra de fraccionamiento.



Estas Plantas son de tipo modular, con capacidad para procesar en cada una de ellas 200 ²¹MMPCD (a 20°C y 1 kg/cm²abs.) con una recuperación mínima de propano del 98% en base molar del gas de alimentación. Sus productos son: gas seco, gas LP y nafta ligera. Además deberán estar completamente automatizadas, y protegidas, por lo que deberán contar con un Sistema de Control Distribuido (SCD), un Sistema Instrumentado de Seguridad (SIS), red de contra incendio general, sistema de detección de mezclas explosivas, circuito cerrado de televisión, sistema de intercomunicación y voceo.

Servicios Auxiliares

Los servicios auxiliares que requerirán las plantas, son los siguientes:

- Aceite Caliente
- Gas combustible
- Gas de arranque
- Desfogue
- Aire de Instrumentos y de plantas
- Energía Eléctrica
- Drenajes
- Metanol
- Equipo de dosificación de químicos
- Agua de servicios
- Sistema de Comunicaciones
- Sistemas de seguridad y protección
- Tratamiento de efluentes

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

Una planta criogénica es un complejo industrial que hace uso de procesos criogénicos, que se caracterizan porque el gas se enfría a temperaturas de -100 a -150 °F (temperaturas criogénicas). En ella se separa el gas natural de sus líquidos y licua el gas natural con la finalidad de hacer viable su transporte a puntos lejanos.

Antes de entrar a la planta criogénica, el proceso inicia con la recepción de gas húmedo dulce que se transfiere a un separador que puede ser de tipo trifásico y su función

²¹ MMPCD: millones de pies cúbicos diarios.



es de separar la fase gaseosa de las fases líquidas, acuosas y orgánicas que pueden estar presentes. El separador remueve el 100% de las gotas con un tamaño entre 6-8 micrones de diámetro. Las fases líquidas acuosas y orgánicas son enviadas a un recipiente acumulador de condensados.

Luego el gas húmedo dulce que sale del separador es recibido por un separador bifásico de agua presentes en la corriente y continúa fluyendo a través de un separador coalescente; éste es capaz de remover hasta el 90% de las partículas de 3 micrones o mayores antes de alimentar a los deshidratadores. Los líquidos separados en el separador bifásico y filtros coalescentes son enviados al recipiente acumulador de condensados.

La presión a la entrada de cada planta, es controlada con una válvula automática que mantiene la presión de operación en la entrada de la planta, cerrando parcialmente, debajo de la presión de diseño de las plantas en el evento de sobre presión en el cabezal general de admisión de gas húmedo dulce.

Una vez filtrado en los filtros coalescentes, el gas es enviado hacia las celdas de deshidratación, que se emplean para eliminar el vapor de agua presente en la corriente de gas húmedo dulce antes de entrar a la sección criogénica de la planta, el agua es removida casi en su totalidad hasta valores de ²²ppm, esto para asegurar que no se formen ²³hidratos. La operación de los deshidratadores se lleva a cabo mediante válvulas de intercambio operadas siguiendo una secuencia lógica programada en su PLC (Controlador lógico programable).

El gas ya deshidratado es alimentado a los filtros de polvo, para eliminar cualquier partícula mayor a 1 micra de diámetro.

22 ppm partes por millón: Se refiere a la cantidad de unidades de la sustancia que hay por cada millón de unidades del conjunto.

²³ Hidratos (Hidratos de metano): acumulaciones cristalinas formadas por gas natural y agua, que al encontrarse en condiciones de altas presiones y bajas temperaturas forman sólidos similares al hielo.



El gas de regeneración, corriente de gas deshidratado tomada de la descarga de los filtros de polvo de gas deshidratado, es conducido a la sección del compresor. El gas se comprime incrementando su presión y se hace circular a través del calentador de regeneración, donde se calienta para alimentarse al fondo del deshidratador, el gas húmedo usado para regeneración abandona el deshidratador por la parte superior a aproximadamente 290 °C (temperatura variable según el contenido de agua a través del ciclo) es enfriado en el enfriador de gas donde el agua se condensa y es transferido junto con la corriente de gas húmedo dulce al separador bifásico de entrada. Antes de que el deshidratador regenerado caliente pueda alinearse al proceso de deshidratación, la malla molecular debe ser enfriada manteniendo la circulación de gas de regeneración, sin que éste sea calentado. Para ello el PLC controla el encendido y apagado de los quemadores principales, manteniendo siempre encendidos sus pilotos, por tanto el calentador se especifica para trabajo cíclico.

El calentador de regeneración cuenta con un PLC que controla las operaciones de encendido y apagado de los pilotos en forma segura, para ello cuenta con válvulas de bloqueo y venteo automáticas, de operación neumática y con detectores de flama electrónicos infrarrojo de detección directa de flama que cerrarán la admisión de gas combustible en caso de pérdida de flama. La temperatura del gas de regeneración es controlada mediante un controlador local de temperatura instalado en el PLC y que modula la admisión de gas combustible mediante válvula controladora de temperatura, de tal forma que se mantenga la temperatura de regeneración constante durante los tiempos de calentamiento y enfriamiento del ciclo de regeneración. La chimenea cuenta con una mampara manual para ajustar el tiro del calentador e incluye un termopar para monitorear la temperatura de los gases de combustión. Las válvulas de bloqueo, venteo, reguladores de presión y control automático de temperatura estar montadas en un patín adyacente al calentador de regeneración.

El gas deshidratado es conducido a la sección criogénica de la planta y transferido hacia el cambiador de calor de aluminio donde es pre-enfriado a contracorriente utilizando la corriente fría de gas proveniente de la sección superior de la columna demetanizadora. Ambas corrientes de gas húmedo ya pre-enfriadas se vuelven a juntar en el separador frío donde se separan sus líquidos condensados antes de enviarlo en fase gaseosa pre-enfriada hacia el turbo-expansor y una parte de este gas que proviene de la parte superior de la columna desmetanizadora es enviada a un compresor el cual de él se obtiene gas natural compuesto principalmente por metano.



La corriente de vapores obtenida en el separador frío es alimentada a la sección del turboexpansor, donde el gas se expande hasta $19 \frac{kg}{cm^2}$ aproximadamente. Siguiendo un camino termodinámico cercano al ²⁴isoentrópico. El gas expandido se enfría aún más hasta una temperatura de $79^{\circ}C$. Las corrientes de gas que sale del expansor y la corriente de líquidos que sale del separador se unen en la columna desmetanizadora para su estabilización, este fenómeno permite recuperar elementos C2+ los cuales se mandan a la parte fraccionadora de la planta.

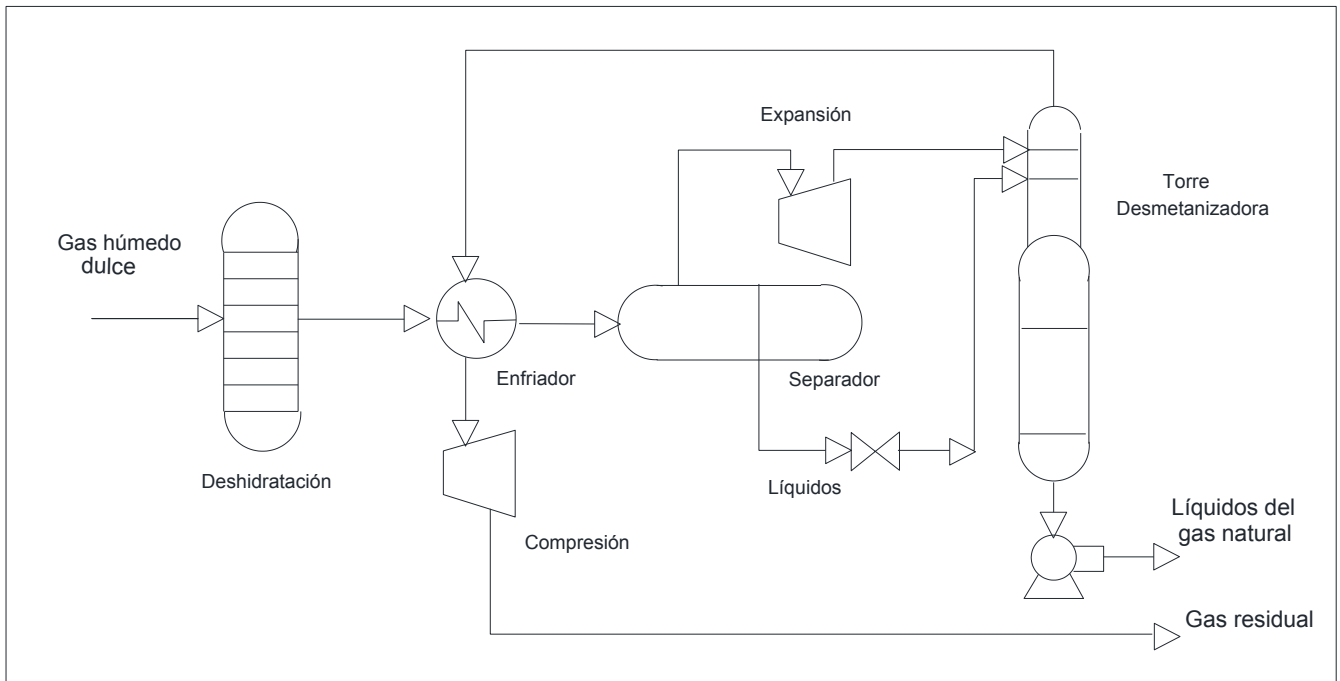


Ilustración 20 Proceso Criogénico (www.gas.pemex.com).

²⁴ Isoentrópico: Proceso en el que la entropía del fluido permanece constante.



METODOLOGÍA

IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS.

- Se empleó la lluvia de ideas para la identificación de riesgos que pueden afectar el proyecto y determinar sus posibles causas. La técnica involucró ambas partes (cliente-contratista).
- La identificación de riesgos se realizó mediante sesiones de trabajo, con la participación de los actores clave del proyecto.
- Durante la primera sesión, se presentó una breve introducción al tema de administración de riesgos y se facilitó a la participación de los actores en el proceso de identificación de riesgos.
- Para agilizar la participación, se presentó una serie de riesgos que comúnmente afectan a los proyectos y que también pudieran afectar el propio.
- Una vez identificados los riesgos fueron categorizados e incorporados en un cuestionario para la evaluación cualitativa.
- De este proceso se obtuvo una lista de riesgos categorizados y clasificados de acuerdo a su origen.

ANÁLISIS CUALITATIVO

El análisis cualitativo es el proceso de evaluar el impacto y probabilidad de los riesgos identificados y asociados a la ejecución del proyecto. En este proceso se jerarquizan los riesgos, de acuerdo a la evaluación realizada por los especialistas participantes en las sesiones de trabajo. Esta evaluación tomó como base los parámetros mostrados en la

Tabla 4 y Tabla 5. Probabilidad de ocurrencia Sus escalas van de 0 a 1 para facilitar su manejo.



Tabla 4 Tabla del impacto de un riesgo en los objetivos principales del proyecto

Objetivo del proyecto	Muy bajo 0.05	Bajo 0.1	Moderado 0.2	Alto 0.4	Muy alto 0.8
COSTO	No hay incremento	Sobrecostos menores al 5%	Sobrecostos de 5 al 10%	Sobrecostos de 10-20%	Sobrecostos mayores al 20%
PROGRAMA	No hay efecto significativo	El retraso sería menor al 5%	El retraso global del proyecto en un rango de 5-10%	El retraso global en un rango de 10-20%	El retraso del proyecto sería mayor al 20%
ALCANCE	No hay efecto significativo	Mínima afectación al alcance	Afectación moderada al alcance	La reducción del alcance sería inaceptable para el cliente.	El término del proyecto sería efectivamente inservible
CALIDAD	No hay efecto significativo	Mínima afectación	Afectación moderada en el grado de calidad	La reducción de la calidad es inaceptable por el cliente	El término del proyecto sería inservible

Tabla 5. Probabilidad de ocurrencia

NIVEL	RANGO	PROBABILIDAD DE OCURENCIA
MUY ALTA	91 – 100%	Es seguro que el riesgo ocurra
ALTA	61 – 90%	Es casi seguro/probablemente que el riesgo ocurra
MEDIO	41 – 60%	Quizás/ puede ser que el riesgo ocurra
BAJO	11 – 40 %	No se espera que ocurra el riesgo
MUY BAJO	0 – 10%	Improbable que el riesgo ocurra



En la segunda de mesa redonda para el análisis de riesgo, se enfocó a la evaluación cualitativa de los riesgos identificados durante la primera sesión. Cada participante de acuerdo a su experiencia proporcionó lo valores de probabilidad e impacto que creía adecuados y al final se llegó a un consenso. El cuestionario completo con las calificaciones que se otorgaron a cada riesgo puede verse en el Anexo A.

Tabla 6 Matriz de Probabilidad-Impacto.

Evaluación para un riesgo específico					
PROBABILIDAD	Evaluación 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	0.1	0.20	0.4	0.80
Impacto en alguno de los objetivos principales (Costo, tiempo, o alcance) *En caso de existir un riesgo con impacto a más de uno de los objetivos del proyecto, se considerará al que tenga un impacto mayor.					

De este proceso, se obtiene la jerarquización de riesgos, que permite conocer los riesgos prioritarios y reconocer cuáles pueden ser atendidos posteriormente.

Una vez que los riesgos fueron jerarquizados, se consiguió identificar las posibles causas de los eventos del alto riesgo y las fechas en las que son factibles de ocurrir, información que resulta muy importante, especialmente durante la etapa de elaboración del plan de respuesta al riesgo.

ANÁLISIS CUANTITATIVO

El análisis cuantitativo apunta al análisis numérico de la incertidumbre de cada tarea y su consecuencia en los objetivos globales del proyecto. Consiste en la simulación de una serie de escenarios mediante distribuciones de probabilidad dentro de un rango que generan la



cuantificación global del impacto en el costo y en el tiempo de ejecución del proyecto. Los valores de incertidumbre fueron calibrados de acuerdo a la opinión del experto en cada disciplina, o bien mediante consenso generalizado. Los parámetros empleados en la simulación se muestran en la Tabla 7 y la Tabla 8.

Para lo anterior es necesario establecer claramente el alcance del proyecto y plasmarlo en un programa de actividades. Como se muestra en la ; el programa completo de actividades del proyecto puede verse en el Anexo B de este documento.

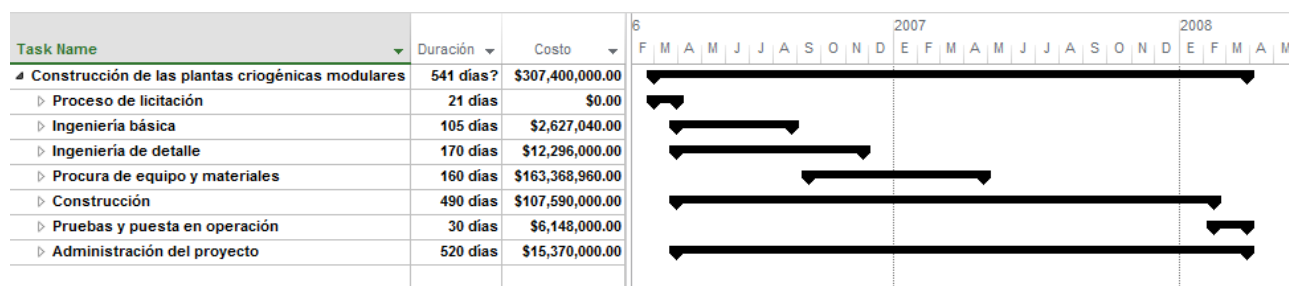


Ilustración 21 Programa de Actividades del Proyecto

Para llevar a cabo la simulación en diferentes escenarios probabilísticos, se utilizó el Software Primavera Risk Management de PERT; el cual emplea el método de Monte Carlo.

Tabla 7 Parámetros de tiempo usados en la simulación

	Tiempo		
	Mínimo	Más probable	Máximo
Ingeniería básica	85%	100%	120%
Ingeniería de detalle	90%	100%	120%
Procura de equipo y materiales	95%	100%	130%
Construcción	90%	100%	130%
Pruebas y puesta en operación	95%	100%	115%



Tabla 8 Parámetros de costo usados en la simulación

Costo		
Mínimo	Más probable	Máximo
95	100	125

Cabe mencionar que la distribución elegida para realizar la simulación fue la triangular debido a que realizando una revisión a la literatura, se reporta como que esta distribución es la más apropiada cuando los parámetros que provienen exclusivamente de la opinión de expertos, como es el caso.

De este proceso se obtienen escenarios de costo y tiempo, pesimistas, optimistas y más probables, de lo que podría costar el proyecto y su tiempo de ejecución; los cuales serán comparados con los valores reales que proporcionó Instituto Federal de Acceso a la información (IFAI) para verificar que los datos recogidos del simulador son fiables.

PLAN DE RESPUESTA AL RIESGO

Esta etapa tiene como objetivo planear las estrategias con las que se va a hacer frente a los riesgos identificados y analizados en las etapas anteriores.

Se tomaron los riesgos con una calificación de por lo menos 0.2 de probabilidad-impacto en la escala, es decir eventos de alto riesgo; que son los que deben de ser atendidos prioritariamente y que podrían ocasionar serios retrasos o sobrecostos y que por lo tanto tratarlos de forma proactiva significaría costos menores para el proyecto.

Una vez identificadas las acciones con las que se hará frente a los riesgos, se asignará un presupuesto a cada riesgo, que representa el costo asignado a cada uno de los riesgos identificados como de alto riesgo.



RESULTADOS

RIESGOS IDENTIFICADOS

En total se lograron identificar cuarenta y ocho riesgos, los cuales fueron clasificados nuevamente, de acuerdo a la estructura presentada en el Anexo metodológico del Informe de Administración de Riesgo del SIDP cuarta versión. Las categorías de clasificación de riesgo son las siguientes:

1. Ingeniería
2. Procura
3. Construcción
4. Administración del proyecto
5. Pruebas y arranque
6. Seguridad y riesgos ambientales
7. Político económico
8. Eventos de la naturaleza
9. Social
10. Legal

Para presentar los riesgos de tal manera que pueda ofrecer una visión más generalizada, se presenta una RBS (Risk Breakdown Structure) del proyecto, que ayuda a clasificar las etapas del proyecto que están expuestas a más riesgos.



Tabla 9. RBD del Proyecto

CONSTRUCCIÓN DE LAS PLANTAS CRIOGÉNICAS MODULARES	INGENIERÍA	1.01	Cambios y deficiencias en la definición del alcance
		1.02	Cambios en los estándares de diseño
		1.03	Cambios en la tecnología aplicada durante la ejecución del proyecto
		1.04	Diseñadores inexpertos
		1.05	Imprecisión en los diseños y especificaciones
		1.06	Deficiencias en la selección del sitio
		1.07	Retrasos en el diseño
	PROCURA	2.01	Falta de disponibilidad de equipo en el mercado
		2.02	Escasez de materiales
		2.03	Retraso en la entrega de equipos comprometidos
		2.04	Inspección deficiente durante la inspección
		2.05	Incremento de costos de materiales y/o equipo
		2.06	Rechazos a mantener precios pactados
		2.07	Falta de procura del relacionamiento de equipo
	CONSTRUCCIÓN	3.01	Problemas de acceso al sitio
		3.02	Condiciones imprevistas en el sitio
		3.04	Interpretación inadecuada de la ingeniería
		3.05	Limitaciones del equipo de construcción utilizado
		3.06	Escasez de manos de obra
		3.07	Mano de obra inexperta
		3.08	Demoliciones por errores constructivos
		3.09	Sistema de Control de Calidad inadecuado
		3.10	Pobre desempeño de contratista y proveedores
		ADMINISTRACIÓN DEL PROYECTO	4.01
	4.02		Deficiencias en la planeación del proyecto
	4.03		Errores o deficiencias en la programación
	4.04		Subestimación de costos
	4.05		Deficiencias en el control técnico-administrativo
	4.06		Cambios en los responsables de la administración del proyecto
	4.07		Estructura organizacional inadecuada
	4.08		Procedimientos de trabajo inadecuados
	4.09		Cambios en los contratos
	4.10		Manejo inadecuado de la relación Contratista-OS
4.11	Incompatibilidad de metas		
4.12	Terminación inadecuada de metas		
SEGURIDAD Y RIESGOS AMBIENTALES	5.01	Suspensiones por afectaciones al medio ambiente	
POLÍTICO-ECONÓMICO	6.01	Falta de soporte financiero	
	6.02	Cambio de política de inversión	
EVENTOS DE LA NATURALEZA	7.01	Tempestad	
	7.02	Huracán	
	7.03	Sismo	
SOCIAL	8.01	Vandalismo	
	8.02	Sabotaje	
	8.03	Terrorismo	
LEGAL	9.01	Permisos Federales, Estatales y Locales	
	9.02	Mala interpretación y entendimiento de contrato	
	9.03	Demandas	
	9.04	Sanciones internas del OIC (Órgano interno de Control)	



ANÁLISIS CUALITATIVO DEL PROYECTO

A partir de las calificaciones dadas por cada expertos del impacto y la probabilidad de cada proyecto se llegó a un acuerdo y se calculó el peso total (Probabilidad x Riesgo) de estos sobre el proyecto. Es importante mencionar que para los participantes suele ser más fácil proporcionar valores cualitativos que cuantitativos, por lo que es conveniente presentar una escala de este tipo, que facilite la participación de los asistentes. A continuación se clasificaron en eventos de bajo, medio y alto riesgo de acuerdo a las consecuencias que tendría sobre el proyecto. En la Tabla 10. Probabilidad-Impacto de los riesgos del Proyecto se observa la calificación final de cada riesgo y se muestran en color verde los eventos de bajo riesgo, en amarillo los de mediano riesgo y en rojo los de alto riesgo.

Tabla 10. Probabilidad-Impacto de los riesgos del Proyecto

RIESGO		Probabilidad X Impacto
1	INGENIERÍA	
1.1	Cambios y deficiencias en la definición del alcance	0.2
1.2	Cambios en los estándares de diseño	0.12
1.3	Cambios en la tecnología aplicada durante la ejecución del proyecto	0.12
1.4	Diseñadores inexpertos	0.2
1.5	Imprecisión en los diseños y especificaciones	0.12
1.6	Deficiencias en la selección del sitio	0.12
1.7	Retrasos en el diseño	0.1
2	PROCURA	
2.1	Falta de disponibilidad de equipo en el mercado	0.2
2.2	Escasez de materiales	0.36
2.3	Retraso en la entrega de equipos comprometidos	0.36
2.4	Inspección deficiente durante la inspección	0.2
2.5	Incremento de costos de materiales y/o equipo	0.36
2.6	Rechazos a mantener precios pactados	0.36
2.7	Falta de procura del relacionamiento de equipo	0.02
3	CONSTRUCCION	
3.1	Problemas de acceso al sitio	0.06
3.2	Condiciones imprevistas en el sitio	0.2
3.4	Interpretación inadecuada de la ingeniería	0.1
3.5	Limitaciones del equipo de construcción utilizado	0.12
3.6	Escasez de manos de obra	0.12
3.7	Mano de obra inexperta	0.1
3.8	Demoliciones por errores constructivos	0.2
3.9	Sistema de Control de Calidad inadecuado	0.08
3.1	Pobre desempeño de contratista y proveedores	0.08
4	ADMINISTRACIÓN DEL PROYECTO	
4.1	Insuficiente personal para la administración del proyecto	0.1



RIESGO		Probabilidad X Impacto
4.2	Deficiencias en la planeación del proyecto	0.12
4.3	Errores o deficiencias en la programación	0.06
4.4	Subestimación de costos	0.2
4.5	Deficiencias en el control técnico-administrativo	0.2
4.6	Cambios en los responsables de la administración del proyecto	0.1
4.7	Estructura organizacional inadecuada	0.005
4.8	Procedimientos de trabajo inadecuados	0.1
4.9	Cambios en los contratos	0.12
4.1	Manejo inadecuado de la relación Contratista-OS	0.12
4.1	Incompatibilidad de metas	0.08
4.1	Terminación inadecuada de metas	0.2
5	SEGURIDAD Y RIESGOS AMBIENTALES	
5.1	Suspensiones por afectaciones al medio ambiente	0.2
6	POLÍTICO-ECONÓMICO	0.03
6.1	Falta de soporte financiero	0.2
6.2	Cambio de política de inversión	0.03
7	EVENTOS DE LA NATURALEZA	
7.1	Tempestad	0.1
7.2	Huracán	0.1
7.3	Sismo	0.015
8	SOCIAL	
8.1	Vandalismo	0.02
8.2	Sabotaje	0.02
8.3	Terrorismo	0.02
9	LEGAL	
9.1	Permisos Federales, Estatales y Locales	0.28
9.2	Mala interpretación y entendimiento de contrato	0.1
9.3	Demandas	0.12
9.4	Sanciones internas del OIC (Órgano interno de Control)	0.12

Para poder determinar de manera más rápida cuales son los riesgos que podrían impactar de forma más negativa sobre los objetivos del proyecto, se creó una tabla de jerarquización de riesgo Tabla 11. Esta muestra en orden ascendente los riesgos más significativos del proyecto. La atención se centrará en los eventos de alto riesgo, debido a sus implicaciones en caso de ocurrir y su alta probabilidad, que podrían poner en peligro el éxito del proyecto.



Tabla 11 Jerarquización de los Riesgos de Proyecto

TABLA JERARQUIZACIÓN DE RIESGOS		
2.2	Escasez de materiales	0.36
2.3	Retraso en la entrega de equipos comprometidos	0.36
2.5	Incremento de costos de materiales y/o equipo	0.36
2.6	Rechazos a mantener precios pactados	0.36
9.1	Permisos Federales, Estatales y Locales	0.28
1.1	Cambios y deficiencias en la definición del alcance	0.2
1.4	Diseñadores inexpertos	0.2
2.1	Falta de disponibilidad de equipo en el mercado	0.2
2.4	Inspección deficiente durante la inspección	0.2
3.2	Condiciones imprevistas en el sitio	0.2
3.8	Demoliciones por errores constructivos	0.2
4.12	Terminación inadecuada de metas	0.2
4.4	Subestimación de costos	0.2
4.5	Deficiencias en el control técnico-administrativo	0.2
5.1	Suspensiones por afectaciones al medio ambiente	0.2
6.1	Falta de soporte financiero	0.2
1.2	Cambios en los estándares de diseño	0.12
1.3	Cambios en la tecnología aplicada durante la ejecución del proyecto	0.12
1.5	Imprecisión en los diseños y especificaciones	0.12
1.6	Deficiencias en la selección del sitio	0.12
3.5	Limitaciones del equipo de construcción utilizado	0.12
3.6	Escasez de manos de obra	0.12
4.1	Manejo inadecuado de la relación Contratista-OS	0.12
4.2	Deficiencias en la planeación del proyecto	0.12
4.9	Cambios en los contratos	0.12
9.3	Demandas	0.12
9.4	Sanciones internas del OIC (Órgano interno de Control)	0.12
1.7	Retrasos en el diseño	0.1
3.4	Interpretación inadecuada de la ingeniería	0.1
3.7	Mano de obra inexperta	0.1
4.1	Insuficiente personal para la administración del proyecto	0.1
4.6	Cambios en los responsables de la administración del proyecto	0.1
4.8	Procedimientos de trabajo inadecuados	0.1
7.1	Tempestad	0.1
7.2	Huracán	0.1
9.2	Mala interpretación y entendimiento de contrato	0.1
3.1	Pobre desempeño de contratista y proveedores	0.08
3.9	Sistema de Control de Calidad inadecuado	0.08
4.11	Incompatibilidad de metas	0.08
3.1	Problemas de acceso al sitio	0.06
4.3	Errores o deficiencias en la programación	0.06
6.2	Cambio de política de inversión	0.03
2.7	Falta de procura del relacionamiento de equipo	0.02
8.1	Vandalismo	0.02
8.2	Sabotaje	0.02
8.3	Terrorismo	0.02
7.3	Sismo	0.015
4.7	Estructura organizacional inadecuada	0.005



Al separar a los riesgos de acuerdo a sus características, además de brindar la ventaja de poder visualizar cuales son los riesgos del proyecto de acuerdo a las diversas perspectivas de los involucrados, podemos conocer la tendencia en general de cómo cuáles serán las áreas o etapas del proyecto que se espera tengas más riesgos de acuerdo a las categorías en que lo separamos.

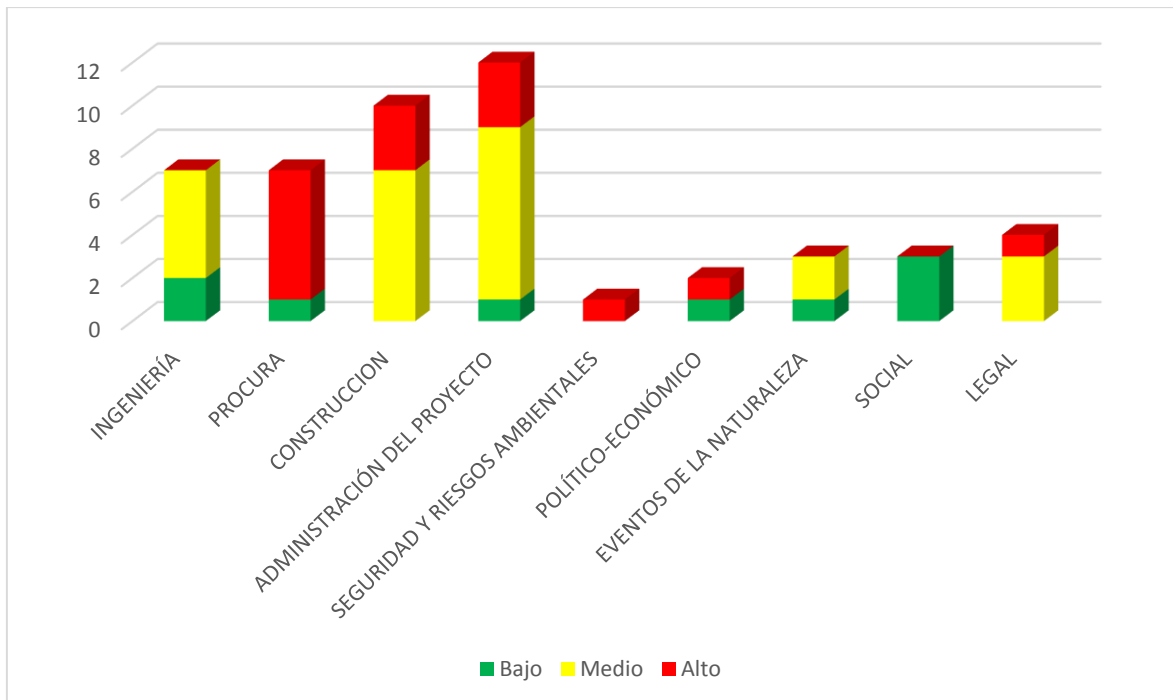


Ilustración 22 Distribución de los riesgos asociados al proyecto por Categoría.

La muestra la tendencia en general de cuáles son las áreas que están más expuestas a riesgos y sus impactos. Para este proyecto, las áreas de administración de proyectos, procura y construcción, son las más expuestas a los riesgos. Por lo tanto deberá de ponerse especial atención en estas áreas, durante la ejecución del proyecto.

A continuación se expone una tabla donde se identificó, para los eventos de alto riesgo, cuales sería sus posibles causas y el lapso de tiempo en que es factible que pudieran presentarse, a partir de la cual se realizarán las acciones necesarias para minimizar sus efectos negativos.



Tabla 12. Eventos identificados de Alto Riesgo

RIESGO	POSIBLES CAUSAS	PERIODO DE TIEMPO EN QUE PUEDE PRESENTARSE
Retrasos en la entrega de equipo comprometido en sitio de la obra	<p>Incumplimiento de tiempo de entrega acordado por parte de los proveedores.</p> <p>Trámites aduanales</p> <p>Materiales especiales no disponibles con el fabricante</p> <p>Problemas en el transporte</p> <p>Problemas en el equipo que implique re trabajos</p>	<p>7/11/2006</p> <p>al</p> <p>22/06/2007</p>
Suspensiones por afectación al medio ambiente	<p>Incumplimiento de las condicionantes de la licencia ambiental, proporcionada por SEMARNAT.</p> <p>Pobre estudio de impacto ambiental</p>	<p>31/03/2006</p> <p>al</p> <p>14/06/2008</p>
Falta de Disponibilidad de equipo en el mercado	<p>Quiebra o escasez de compañías proveedoras</p> <p>Sobredemanda del equipo en el mercado</p>	<p>15/09/2006</p> <p>al</p> <p>26/04/2007</p>
Escasez de materiales	<p>Recesión mundial</p> <p>Sobredemanda de materiales en el mercado</p>	<p>15/09/2006al</p> <p>26/04/2007</p>



RIESGO	POSIBLES CAUSAS	PERIODO DE TIEMPO EN QUE PUEDE PRESENTARSE
Incremento en costos de materiales y/o equipo	Devaluación Materiales estratégicos Sobredemanda	15/09/2006 al 26/04/2007
Rechazo a mantener precios pactados	Devaluación Incremento del costo de materia prima	15/09/2006 al 26/04/2007
Falta de soporte financiero	Liberación extemporánea de los recursos por parte de SHCP	2/03/2006 Al 30/03/2003
Cambios y deficiencias en definición del alcance de alcance	Pobre gestión de alcance de proyecto. No se definió todo el trabajo requerido por el proyecto. Mal entendimiento o acuerdo por parte de los involucrados en el proyecto. Cambio de requerimientos por parte del cliente.	31/03/2006 Al 14/02/2008
Condiciones imprevistas en el lugar del sitio	No se previnieron dificultades derivadas de las características del terreno asignado y/o las características climatológicas del sitio.	31/03/2006 al 21/06/2007



RIESGO	POSIBLES CAUSAS	PERIODO DE TIEMPO EN QUE PUEDE PRESENTARSE
Recisión del contrato con contratistas y/o proveedores	Incumplimiento de normas y/o especificaciones y/o procedimientos por parte de contratistas o proveedores.	31/03/2006 al 27/03/2008
Deficiencias en el control técnico-administrativo del proyecto	Cambio en los procedimientos y tramites asociados	02/03/2006 al 27/03/2008
Deficiencias en la planeación del proyecto	Alcance mal definido Programador inexperto Falta de definición clara y concreta del alcance Cambios de alcance del proyecto.	02/06/2006 al 27/03/2008
Permisos Federales, Estatales y Locales	Cambio en los procedimientos y tramites asociados Falta de vigilancia en los cambios de normatividad.	31/03/2006 al 14/02/2008
Diseñadores inexpertos	Las bases de licitación no especifican un mínimo de experiencia de los diseñadores. El contratista ocupó recursos con poca experiencia.	31/03/2006 al 23/11/2006



RIESGO	POSIBLES CAUSAS	PERIODO DE TIEMPO EN QUE PUEDE PRESENTARSE
Demoliciones por errores constructivos	<p>Mala coordinación, diseño – construcción</p> <p>No existe un plan de constructabilidad.</p> <p>Mala interpretación de los diseños, durante la construcción.</p>	<p>31/03/2006</p> <p>al</p> <p>14/02/2008</p>
Inspección deficiente durante la inspección	<p>Inspectores no calificados y/o con poca experiencia.</p>	<p>15/02/2008</p> <p>al</p> <p>27/03/2008</p>



ANÁLISIS CUANTITATIVO DEL PROYECTO

Los datos arrojados por el programa Primavera Risk Management de tiempo y costo total del proyecto que se obtuvieron de la simulación Monte Carlo se muestran a través de un histograma. El Anexo C muestra de qué forma se pueden interpretar estos histogramas.

En la se pueden observar los resultados. Según estos datos, en el escenario más optimista, que corresponde al menor tiempo arrojado por el simulador, se necesitarían 782 días naturales para concluir el proyecto; por otro lado, el escenario pesimista indica que 909 días serían suficientes, mientras que es más probable que el proyecto se termine en 838 días. Vale la pena mencionar que inicialmente el proyecto estaba programado para concluirse en 541 días naturales, cifra que es considerablemente menor inclusive al escenario más optimista calculado por el programa.

Se realizó una consulta al IFAI ²⁵, para conocer el plazo real en el que se ejecutó el proyecto. De acuerdo a datos oficiales el proyecto se completó en 741 días. Cifra 25 días menor al escenario más optimista y 71 días menor al más probable.

Tabla 13 Respuesta IFAI Proyecto Plantas Criogénicas Modulares

CONTRATO No.	OBJETO	TIEMPO PROGRAMADO ORIGINAL	MONTO ORIGINAL	MONTO DE TERMINACIÓN
PG-OP-L-044/06P	Desarrollo de la Ingeniería Básica y de la Ingeniería de Detalle, la obtención de los permisos, el suministro de materiales, la construcción, pruebas, capacitación, pruebas de pre arranque y pruebas de comportamiento y entrega de la documentación para las Plantas Criogénicas Modulares 5 y 6, así como las instalaciones de almacenamiento de productos, Servicios Auxiliares e Integración en el CPG Burgos en Reynosa, Tamaulipas.	741 días naturales	A PRECIO ALZADO 262'564,721.83 USD Y A PRECIOS UNITARIOS 142'870,108.34 M.N.	A PRECIO ALZADO 262'564,721.83 USD Y A PRECIOS UNITARIOS 162'070,692.30 M.N.

²⁵ IFAI Instituto Federal de Acceso a la Información Pública



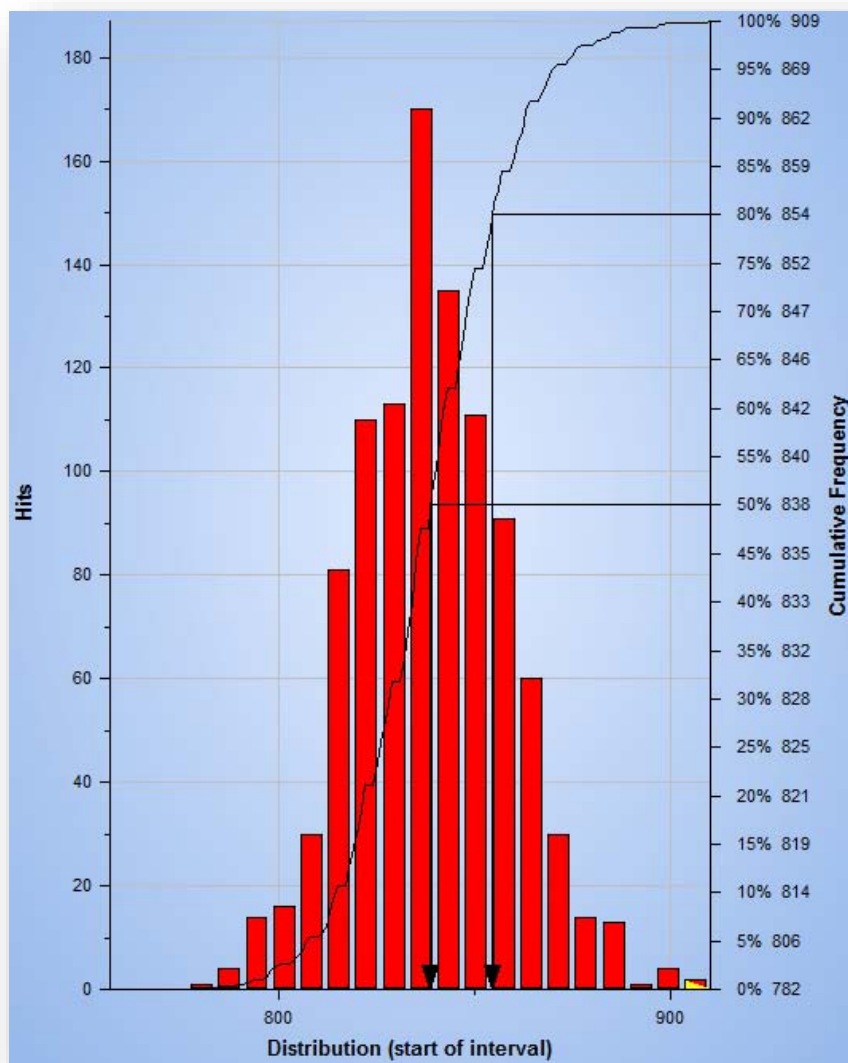


Ilustración 23 Histograma de valores de tiempo total del proyecto.

Estadísticas	
Mínimo	782
Máximo	909
Más probable	838
Ancho de la barra	SEMANA



Tabla 14 Resultados de tiempo del Proyecto

	Real	Simulador		
		Mínimo	Más probable	Máximo
Tiempo (Días naturales)	741	782	838	909

Tabla 15 Comparativa del tiempo programados originalmente y el real

	Programado	Real	Diferencia
Tiempo (Días naturales)	541	741	27%

Tabla 16 Comparativa entre el tiempo de acuerdo a la simulación y tiempo real

	De acuerdo a simulación (valores más probables)	Real	Diferencia
Tiempo (Días naturales)	838	741	-13.090%

Tabla 17 Comparativa entre el tiempo programados y el tiempo de acuerdo a la simulación

	Programado	De acuerdo a simulación (valores más probables)	Diferencia
Tiempo (Días naturales)	541	838	54.898%



Para este proyecto en particular, el valor del tiempo total que requirió el proyecto para ser completado fue aproximadamente 40% mayor al programado en un principio; esta diferencia, entre los valores reales, es mucho menor comparándola con los datos del simulador, la cual es de menos de 10% (de acuerdo al escenario más probable), es decir el dato de tiempo para este proyecto, la simulación Monte Carlo, resultó arrojar valores más cercanos a los reales, mostrando su eficiencia en cuanto a herramienta de planeación se refiere. Es preciso aclarar además, que este 10% de diferencia es por exceso, es decir que la incertidumbre en el proyecto fue sobrestimada, reflejando la debilidad del proceso que se vale en gran medida del juicio de los expertos para realizar las estimaciones; si los pronósticos no se realizaron con la suficiente calidad es probable que el análisis arroje datos que no sean del todo atinados; por esta razón podría ser importante incorporar una base de datos que permita conjuntar datos históricos y juicio de expertos al análisis de riesgos; y que tengan como consecuencia mayor información y mejores resultados del análisis.



En cuanto al análisis de riesgos de costo, se pronosticó mediante el programa Primavera Risk, un costo en dólares del proyecto global de \$281,928,787.77 mínimo, \$312,445,936.60 máximo y más probable de \$295,824,308.88

De acuerdo al IFAI el costo real total de proyecto fue de \$277,419,964.02USD, mientras que el costo programado era de \$275,660,057.18.

Tabla 18 Costo del Proyecto Criogénicas

	APRECIO ALZADO (USD)	A PRECIOS UNITARIOS (USD)	TOTAL (USD)
Monto original	\$ 262,564,721.83	\$13,095,335.35	\$275,660,057.18
Monto de terminación	\$ 262,564,721.83	\$14,855,242.19	\$ 277,419,964.02

Tipo de cambio \$10.91 pesos/\$1USD promedio año 2006. Fuente <http://www.dolar.mx/precio-del-dolar-historico>



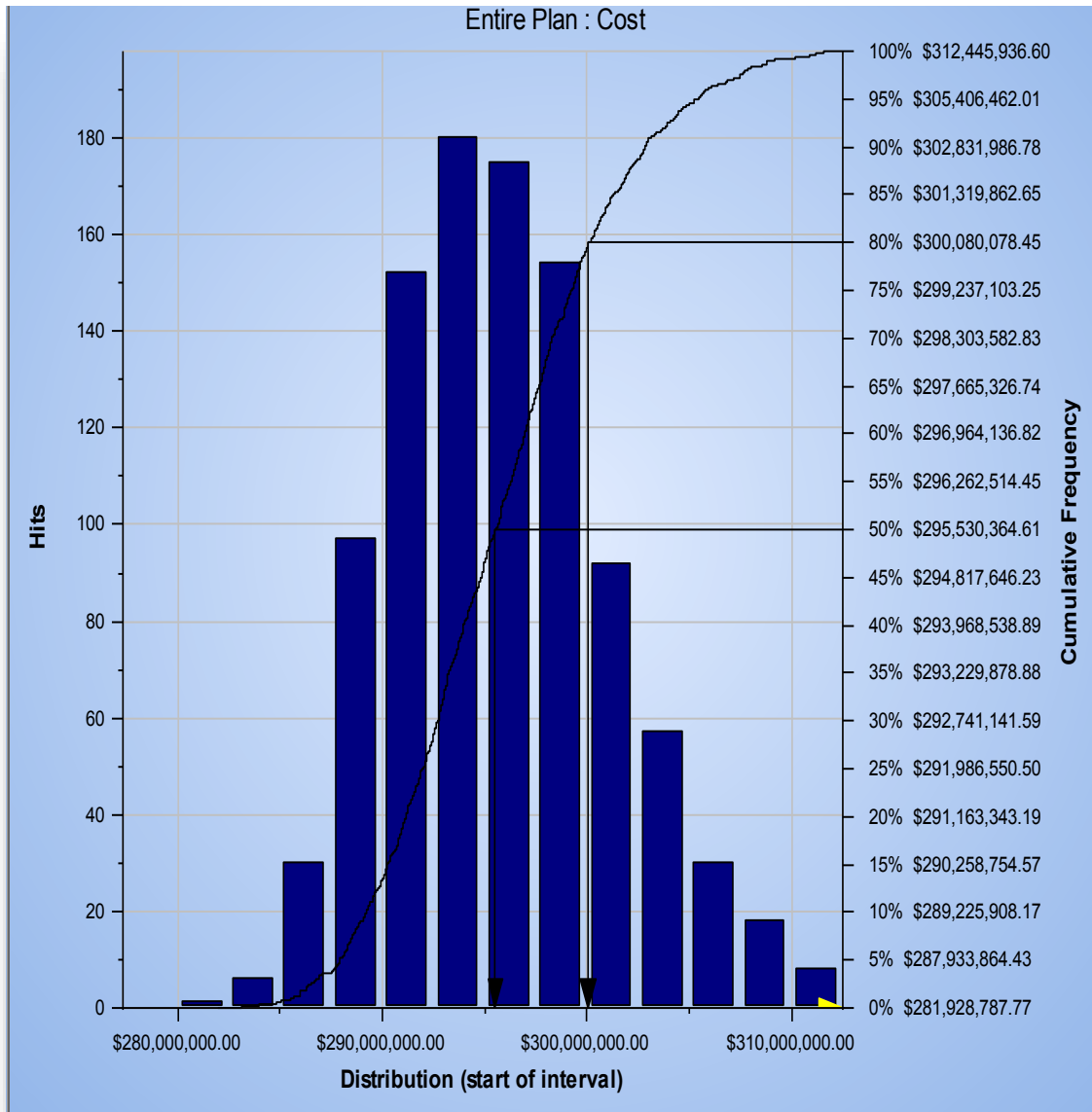


Ilustración 24 Histograma de valores de costo total del proyecto.

Estadísticas

Mínimo	\$281,928,787.77
Máximo	\$312,445,936.60
Más probable	\$295,824,308.88
Ancho de la barra	\$2,500,000.00



Tabla 19 Resultados de costo del Proyecto

	Real	Simulador		
		Mínimo	Más probable	Máximo
Costo USD	\$ 277,419,964.02	\$312,375,302.86	\$327,903,839.08	\$346,380,845.22

Tabla 20 Comparativa del costo programado originalmente y el real

	Programado	Real	Diferencia
Costo (USD)	\$275,660,057.18	\$277,419,964.02	0.63%

Tabla 21 Comparativa entre el costo de acuerdo a la simulación y costo real

	De acuerdo a simulación (valores más probables)	Real	Diferencia
Costo (USD)	\$281,928,787.77	\$277,419,964.02	-1.63%

Tabla 22 Comparativa entre el costo programados y el costo de acuerdo a la simulación

	Programado	De acuerdo a simulación (valores más probables)	Diferencia
Costo (USD)	\$275,660,057.18	\$281,928,787.77	2.22%



El objetivo inicial de mostrar que el método de simulación Monte Carlo podía usarse como herramienta de planificación y previsión queda constatado. En general, logró facilitar datos muchos más precisos y realistas, que permite tener un mayor conocimiento sobre las previsiones y mayor capacidad de realizar planes de contingencia respaldados cuantitativamente por resultados objetivos. Los resultados muestran que las diferencias entre el tiempo y el costo reales del proyecto fueron más cercanos a los datos arrojados por el simulador, que los originalmente programados.

PLAN DE RESPUESTA AL RIESGO

Los eventos que fueron calificados como de alto riesgo, deberán ser tratados por sus implicaciones en el proyecto como prioridad. Por lo cual se propuso una serie de acciones que tendrán como propósito aminorar el impacto o la probabilidad de estos riesgos.

Tabla 23 Eventos de Alto Riesgo

TABLA JERARQUIZACIÓN DE RIESGOS		
2.2	Escasez de materiales	0.72
2.3	Retraso en la entrega de equipos comprometidos	0.36
2.5	Incremento de costos de materiales y/o equipo	0.36
2.6	Rechazos a mantener precios pactados	0.36
9.1	Permisos Federales, Estatales y Locales	0.36
1.1	Cambios y deficiencias en la definición del alcance	0.28
1.4	Diseñadores inexpertos	0.2
2.1	Falta de disponibilidad de equipo en el mercado	0.2
2.4	Inspección deficiente durante la inspección	0.2
3.2	Condiciones imprevistas en el sitio	0.2
3.8	Demoliciones por errores constructivos	0.2
4.12	Terminación inadecuada de metas	0.2
4.4	Subestimación de costos	0.2
4.5	Deficiencias en el control técnico-administrativo	0.2
5.1	Suspensiones por afectaciones al medio ambiente	0.2
6.1	Falta de soporte financiero	0.2



Las estrategias para la planeación de riesgo se muestran a continuación. Los costos asociados fueron asignados considerando las personas involucradas o los estudios requeridos. Como puede observarse los costos (Ver anexo D) de llevar a cabo las acciones de acuerdo al plan de administración de riesgos están muy por debajo del costo de las consecuencias de los mismos. Lo que traería grandes beneficios económicos al proyecto.



Tabla 24 Plan de respuesta al riesgo

Descripción detallada de actividades		Fechas de ejecución	Responsable	Presupuesto asignado
Retrasos en la entrega de equipo comprometido en sitio de la obra	Realizar la selección de proveedores de manera cuidadosa, revisando sus antecedentes de tiempo de entrega con otros clientes y con la propia institución. Penalizando al proveedor por incumplimiento con el programa.	15/09/2006 al 17/10/2006	Gerente de Procuración	\$480,000
Suspensiones por afectación al medio ambiente	Elaborar la MIA (Manifiesto de Impacto Ambiental) conforme a la normatividad vigente. Dar a conocer a contratistas las condicionantes de la licencia ambiental y asignar un supervisor que se asegure que las obras se estén llevando a cabo bajo normatividad.	20/03/2006 al 14/06/2008	Gerente de Seguridad y Medio Ambiente.	\$1,800,000
Falta de disponibilidad de equipo	Pedir al proveedor indicadores de solvencia financiera (situación neta, liquidez general, solvencia, coeficiente de solvencia) y asegurarse que puede hacer frente con sus obligaciones antes de realizar cualquier trato. Búsqueda de proveedores a nivel internacional	15/09/2006 al 29/09/2006	Gerente de Finanzas	\$96,000
Escasez de materiales	Adquisición anticipada de materiales, necesarios para la construcción.	08/05/2006 al 29/05/2006	Gerente de Procuración	\$96,000
Incremento en costos de materiales y/o equipo	Solicitar que todas las cotizaciones de equipo y/o materiales se hagan en dólares. Incluir una cláusula contractual, donde se incluya la fórmula de escalación para la adquisición de equipo principal y materiales.	Deberá estar incluida la fórmula de escalación en todos los contratos.	Gerente de Proyecto	A negociar, de acuerdo a la fórmula de escalación



	Descripción detallada de actividades	Fechas de ejecución	Responsable	Presupuesto asignado
Rechazo a mantener precios pactados	Incluir una cláusula contractual, donde se incluya la fórmula de escalación para la adquisición de equipo principal y materiales.	Deberá estar incluida la fórmula de escalación en todos los contratos	Gerente de Proyecto	A negociar, de acuerdo a la fórmula de escalación
Falta de soporte financiero del contratista	Una cláusula en la que se establezca que Pemex deberá pagar a los 30 días de aprobadas estimaciones las del contratista; de lo contrario PEMEX, deberá pagar los intereses derivados del préstamo bancario necesario para continuar con el proyecto.	Deberá incluirse en el contrato	Gerente de Finanzas	A negociar, de acuerdo a los intereses bancarios
Cambios y deficiencias en definición del alcance	Evaluar el índice de definición de alcance con una puntuación menor a 200 puntos (PDRI) antes de iniciar los trabajos de construcción.	En la etapa de definición del proyecto (FEL III), antes de iniciar la ejecución del proyecto	Gerente de Proyecto	\$1,730,000
Condiciones imprevistas en el sitio	Programar actividades de construcción que pudieran ser entorpecidas o canceladas por eventos climatológicos (especialmente obra civil), antes de la temporada de lluvias.	Desde la etapa de conceptualización del proyecto (FEL II)	Gerente de Proyecto	Sin presupuesto asignado
Rescisión del contrato con contratistas y/o proveedores	Asignar a un supervisor, que se encargue de inspeccionar que los trabajos de construcción se estén realizando conforme al programa y de acuerdo a los alcances de tiempo, costo y calidad, a través de visitas periódicas al sitio de la obra. Quitando parte del alcance en los trabajos asignados a los contratistas, en caso de incumplir con los requerimientos de calidad o tiempo. Penalizando a los contratistas que incumplan con los alcances de tiempo y calidad del trabajo requerido.	31/03/2006 al 27/03/2008	Gerente de Procuración	\$384,000



	Descripción detallada de actividades	Fechas de ejecución	Responsable	Presupuesto asignado
Deficiencias en el control técnico-administrativo	Uso de herramientas tecnológicas en la administración de proyectos que provean mejores condiciones para establecer mecanismos de monitoreo y control, para conocer el costo de acuerdo al % y avance	Desde la etapa de conceptualización del proyecto (FEL II), de acuerdo al ²⁷ SIDP	Gerente de Proyecto	\$1,636,500
Deficiencias en la planeación del proyecto	Evaluar el índice de definición del alcance de proyecto con una puntuación menor a 200 puntos (PDRI). Definir la línea base del proyecto, empleado gente con experiencia	En la etapa de definición del proyecto (FEL III), antes de iniciar la ejecución del proyecto	Gerente de Proyecto	\$1,636,500
Permisos Federales, Estatales y Locales	Asignar a una persona encargadas de revisar cambios posibles en las normas o procedimientos que son necesarios para la obra y realizar las acciones necesarias para cubrir estos cambios.	31/03/2006 al 23/11/2006	Gerente de Proyecto	\$576,000
Diseñadores inexpertos	Incluir una cláusula en el contrato que exprese que la experiencia mínima por parte de los diseñadores deberá ser de cinco años. Realizar listas de verificación y chequeos cruzados durante la revisión de los diseños.	Deberá incluirse en el contrato	Gerente de Ingeniería	Sin presupuesto asignado
Demoliciones por errores constructivos	Realizar tres sesiones entre cliente, contratista, constructores y especialistas para aprovechar la experiencia de construcción en el diseño y procuración.	Desde la etapa de conceptualización del proyecto (FEL II), de acuerdo al SIDP	Gerente de Proyecto	\$288,000

²⁷ SIDP: Sistema Institucional de Desarrollo de Proyectos

PDRI : Índice de definición de alcance por sus siglas en inglés Project Definition Rating Index



Inspección inspección	deficiente	durante	la	Emplear inspectores calificados con experiencia mínima de cinco años, que sepan detectar errores y con conocimientos de códigos y normas	Deberá tomarse en cuenta, antes de designar a los inspectores.	Gerente de Procuración	\$720,000
----------------------------------	-------------------	----------------	-----------	--	--	------------------------	-----------



Tabla 25 Comparativa impacto sobre el proyectos de los riesgos antes y después de aplicar el plan de control de riesgos.

RIESGO	COSTO DE LAS CONSECUENCIAS EN CASO DE OCURRIR EL RIESGO	COSTO DE REALIZAR ADMINISTRACIÓN DE RIESGO.	EFECTO FINAL AL PROYECTO
Retrasos en la entrega de equipo comprometido en sitio de la obra	Hasta 20% más de lo presupuestado	\$480,000	Disminución de la probabilidad de ocurrencia
Suspensiones por afectación al medio ambiente	Entre 10 y 20 %más de lo presupuestado	\$1,800,000	Disminución de la probabilidad de ocurrencia
Falta de disponibilidad de equipo	Entre 10 y 20 %más de lo presupuestado	\$96,000	Disminución de la probabilidad de ocurrencia
Escasez de materiales	Entre 10 y 20 %más de lo presupuestado	\$96,000	Disminución de la probabilidad de ocurrencia
Incremento en costos de materiales y/o equipo	Entre 10 y 20 %más de lo presupuestado	A negociar, de acuerdo a la fórmula de escalación	Disminución del impacto del riesgo
Rechazo a mantener precios pactados	Entre 10 y 20 %más de lo presupuestado	A negociar, de acuerdo a la fórmula de escalación	Disminución del impacto del riesgo
Falta de soporte financiero	Entre 10 y 20 %más de lo presupuestado	A negociar de acuerdo a los los intereses bancarios	Disminución del impacto del riesgo
Cambios y deficiencias en definición del alcance	Hasta 20% más de lo presupuestado	\$1,730,000	Disminución de la probabilidad de ocurrencia
Condiciones imprevistas en el sitio	Entre 10 y 20 %más de lo presupuestado	Sin presupuesto asignado	Disminución de la probabilidad de ocurrencia



RIESGO	COSTO DE LAS CONSECUENCIAS EN CASO DE OCURRIR EL RIESGO	COSTO DE REALIZAR ADMINISTRACIÓN DE RIESGO.	EFECTO FINAL AL PROYECTO
Terminación anticipada del proyecto	Entre 10 y 20 %más de lo presupuestado	\$384,000	Disminución de la probabilidad de ocurrencia
Deficiencias en el control técnico- administrativo	Entre 10 y 20 %más de lo presupuestado	\$1,636,500	Disminución de la probabilidad de ocurrencia
Deficiencias en la planeación del proyecto	Entre 10 y 20 %más de lo presupuestado	\$1,636,500	Disminución de la probabilidad de ocurrencia
Permisos Federales, Estatales y Locales	Entre 10 y 20 %más de lo presupuestado	\$576,000	Disminución de la probabilidad de ocurrencia
Diseñadores inexpertos	Entre 10 y 20 %más de lo presupuestado	Sin presupuesto asignado	Disminución de la probabilidad de ocurrencia
Demoliciones por errores constructivos	Entre 10 y 20 %más de lo presupuestado	\$288,000	Disminución de la probabilidad de ocurrencia
Mala inspección	Entre 10 y 20 %más de lo presupuestado	\$720,000	Disminución de la probabilidad de ocurrencia



No cabe duda que los proyectos se enfrentan a una gran incertidumbre que tiene el potencial de afectar el rendimiento de sus objetivos. Es claro que existen algunos riesgos que serían beneficiosos si se produjeran, aunque también hay muchas fuentes de exposición al riesgo que afectan negativamente al proyecto. Por lo tanto el proceso de Administración deberá abarcar tanto las oportunidades y las amenazas.

Es innegable que las amenazas y las oportunidades deben ser administradas de manera proactiva, pues la planificación anticipada de los riesgos disminuye las posibilidades daños sobre los objetivos del proyecto y aumenta los beneficios de riesgos positivos. Para este proyecto, se consideraron los costos que significaría realizar acciones para enfrentar las amenazas antes de que estos se presenten, resultando ser notablemente menores considerando las consecuencias tanto económicas como de retrasos que tendrían los eventos de alto riesgo en caso de que se presentaran. De esta forma esperar sentado a que el riesgo ocurra y asumir sus consecuencias sin ningún plan de antemano, no parece ser la mejor opción, pues las consecuencias podrían ser demasiado altas y hasta insostenibles para el proyecto, que podrían llevar al proyecto irremediablemente al fracaso.

No podemos evitar que un proyecto tenga riesgos, pero si podemos hacer planes, que contribuyan a establecer estrategias que puedan amortiguar sus consecuencias y aumentar el impacto de las oportunidades, para así incrementar las posibilidades de que nuestro proyecto pueda concluir exitosamente.



CONCLUSIONES

La experiencia laboral ha constatado la subestimación generalizada que existe en las organizaciones en materia de riesgos de proyectos; esto obedece al desconocimiento sobre el tema y desinterés dentro del ramo, pues para muchos sus beneficios no están claros. Lo anterior ha provocado que la cultura de riesgos dentro de las organizaciones suele ser tan escasa que se opta por simplemente resignarse y aceptar los riesgos que vengan; esta posición frente al riesgos conduce, en muchos proyectos, a su fracaso que se ve reflejado en tiempos más largos necesarios para su finalización y sobre costos, que se traducen, en ambos casos en pérdidas económicas.

Esta falta de motivación ocasiona un total desconocimiento de los riesgos del proyecto que pudieron ser enfrentados antes de que se presenten, por lo que necesariamente los estos son confrontados una vez que se han producido y están causando problemas en el desarrollo del proyecto, causando retrasos y costos extras. Encontrar una solución y realizar las acciones necesarias para corregir un problema se hace cada más difícil conforme el proyecto avanza, además de costoso. Un análisis de riesgo ayuda a identificar estos problemas antes de que sucedan y a planear las estrategias necesarias para hacerles frente, de esta manera los costos extras que causarían los riesgos se minimizarían pues la prevención es, en la mayoría de los casos, la opción menos costosa.

Lo anterior da un panorama en relación a necesidad de presentar una metodología de administración de riesgos que sea capaz de mostrar sus beneficios, aportando soluciones útiles de acuerdo a las necesidades de las organizaciones, para que sea valorada como una herramienta importante en el proceso de administración de proyectos y sea considerada en la práctica como eficiente, flexible y confiable, que facilite y mejore la toma de decisiones.



Una parte importante dentro de los objetivos del trabajo, comprendió comprobar si el método Monte Carlo podía emplearse como herramienta valiosa para la planificación que permitiera calcular el tiempo y costo más probable que llevaría completar un proyecto. Para verificar lo anterior se compararon los datos arrojados por la simulación (de tiempo y costo totales del proyecto en el caso de estudio) con los datos reales proporcionados por el IFAI. Los resultados brindados por la simulación resultaron ser en promedio más cercanos a los datos iniciales que los programados. Las variaciones resultaron ser porcentajes relativamente pequeños tomando en consideración que los cálculos se realizaron con información del proyecto disponible en la etapa de planificación. La ventaja de emplear método de Monte Carlo obedece a su poder de integrar coherentemente los factores tiempo y costo que permite mejorar la planificación de los proyectos y dota a los responsables del proyecto de mayor visión y conocimiento que a su vez facilita realizar mejores planes de contingencia y toma de previsiones.

Si bien los resultados obtenidos por la simulación, fueron más parecidos a los reales que los programados en un inicio para el tiempo, no lo fue para el costo. En el caso particular que se estudió, los datos recogidos del simulador de tiempo y costo fueron sobrestimados. Hay que recordar que la administración de proyectos está íntimamente relacionada con las personas que la desarrollan. Muchas partes fundamentales planteadas en la metodología están íntimamente relacionadas con los involucrados en el proyecto y su juicio, pues varios de los datos requeridos que necesita el modelo se obtienen de la experiencia de estos. Una de las particularidades del análisis y evaluación de riesgos es que tiene un punto comprometedor para las personas que calibran la incertidumbre de las estimaciones. Ya sea por la complejidad de estimar o por el compromiso que se adquiere, recabar información de calidad no es tarea fácil. Esto conlleva necesariamente a que la fiabilidad de los resultados está condicionado por la veracidad del modelo propuesto y como es lógico, a la capacidad de disponer de los datos de entrada fiables y precisos. Si algo se ha aprendido en la realización de este proyecto ha sido el peso que tiene la implicación humana en la administración de riesgos. El éxito de la metodología recae mucho en la calidad de la información proporcionada por los expertos. En este sentido, también es importante recalcar la importancia de la documentación de los



procesos y resultados obtenidos en cada proyecto en una base de datos, que permita transferir este conocimiento experto para que pueda utilidad en los análisis de riesgos de proyectos sucesivos, conocidos como lecciones aprendidas. Con la creación de estos registros se pretendería normalizar, agilizar y acotar todo lo referente a los riesgos identificados, para la estandarización de un procedimiento y la centralización de dicha información del área de conocimiento. Podríamos decir que el uso de un registro de riesgos es el primer elemento propuesto para la metodología en el área específica de los riesgos.

El proceso de identificación y cuantificación, en el caso de estudio, tuvo el mérito de haberse elaborado con la colaboración de ambas partes (cliente-contratista) que conformaron el proyecto, sin embargo para poder administrar los riesgos de forma efectiva es necesario promover el entendimiento de lo que significa y los beneficios de la administración del riesgo dentro de las organizaciones que permita su gestión conjunta durante todo el ciclo de vida del proyecto. Cuando los esfuerzo se unen y cada parte coopera los riesgos pueden ser enfrentados de mejor manera, pues cada parte aportará su experiencia y conocimientos; además la asignación de la responsabilidad por los riesgos identificados en la etapa de planeación de la respuesta, podrá designarse al más capacitado asegurándose que puede manejar esta responsabilidad y está comprometido con la tarea.

En base a los conocimientos que adquirí durante la ejecución de este proyecto, puedo decir que un modelo de cooperación para la administración de riesgos siempre va a arrojar mejores resultados que esfuerzo individuales, de aquí la importancia de promover las ventajas de la administración de riesgo en las diferentes organizaciones involucradas durante la ejecución de un proyecto, donde múltiples actores puedan involucrarse en el proceso de administración de riesgo de forma que resulte ser más eficiente y por supuesto que tenga como resultado más proyectos exitosos.



ANEXOS

ANEXO A. CUESTIONARIO PARA LA EVALUACIÓN CUALITATIVA DE LOS RIESGOS DEL PROYECTO IDENTIFICADOS.

RIESGOS EXTERNOS

DIRECTOS

A-1 Suministro tardío de materiales o equipos comprometidos.

Equipos o materiales que serán necesarios para el desarrollo del proyecto IPC, y que por regulaciones, nacionales o internacionales, presenten el riesgo de no ser adquiridos por las vías especificadas en el contrato, y esto tenga como consecuencia un impacto en costo y tiempo programado del proyecto.

Probabilidad de ocurrencia	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja	Impacto sobre el proyecto	Muy Alto	Alto	Medio	Bajo	Muy Bajo
-----------------------------------	----------	------	-------	------	----------	----------------------------------	----------	------	-------	------	----------

A-2 Actualización de estándares de diseño.

Actualización de estándares de diseño diferentes a los especificados en el contrato, que beneficiarían el desarrollo del proyecto, pero que originarían un cambio de alcance en tiempo y/o costo.

Probabilidad de ocurrencia	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja	Impacto sobre el proyecto	Muy Alto	Alto	Medio	Bajo	Muy Bajo
-----------------------------------	----------	------	-------	------	----------	----------------------------------	----------	------	-------	------	----------



A-3 Cambios en la localización del sitio.											
Cambios en la localización del sitio destinado para el desarrollo del proyecto.											
Probabilidad de ocurrencia	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja	Impacto sobre el proyecto	Muy Alto	Alto	Medio	Bajo	Muy Bajo

A-4 Requerimientos especiales											
Insumos no considerados en el contrato y que son necesarios para la realización del proyecto.											
Probabilidad de ocurrencia	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja	Impacto sobre el proyecto	Muy Alto	Alto	Medio	Bajo	Muy Bajo

INDIRECTOS

B-1 Suspensión por afectación al medio ambiente.											
Se ordene la suspensión y/o multas en obras necesarias para el proyecto.											
Probabilidad de ocurrencia	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja	Impacto sobre el proyecto	Muy Alto	Alto	Medio	Bajo	Muy Bajo

B-2 Manifestaciones Sociales											
Suspensión del proceso constructivo debido a manifestaciones sociales, afectando el desarrollo del proyecto en costo y tiempo.											
Probabilidad de ocurrencia	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja	Impacto sobre el proyecto	Muy Alto	Alto	Medio	Bajo	Muy Bajo

B-3 Falta de infraestructura.											
El contratista no cuenta con la infraestructura necesaria para concluir el desarrollo del proyecto.											
Probabilidad de ocurrencia	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja	Impacto sobre el proyecto	Muy Alto	Alto	Medio	Bajo	Muy Bajo



B-4 Falta de soporte financiero.

Falta de soporte financiero del contratista para concluir el desarrollo del proyecto.

Probabilidad de ocurrencia	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja	Impacto sobre el proyecto	Muy Alto	Alto	Medio	Bajo	Muy Bajo
-----------------------------------	----------	------	-------	------	----------	----------------------------------	----------	------	-------	------	----------

B-5 Cambio de políticas de inversión.

Terminación anticipada o suspensión del proyecto por cambio de prioridades de inversión del gobierno federal y/o cambios desfavorables en el nivel económico del país.

Probabilidad de ocurrencia	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja	Impacto sobre el proyecto	Muy Alto	Alto	Medio	Bajo	Muy Bajo
-----------------------------------	----------	------	-------	------	----------	----------------------------------	----------	------	-------	------	----------

B-6 Disponibilidad de equipo.

Falta de equipo en el mercado.

Probabilidad de ocurrencia		Alta	Media	Baja	Muy Baja	Impacto sobre el proyecto	Muy Alto		Medio	Bajo	Muy Bajo
-----------------------------------	--	------	-------	------	----------	----------------------------------	----------	--	-------	------	----------

B-7 Escasez de materiales.

Falta de materiales en el mercado.

Probabilidad de ocurrencia	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja	Impacto sobre el proyecto	Muy Alto	Alto	Medio	Bajo	Muy Bajo
-----------------------------------	----------	------	-------	------	----------	----------------------------------	----------	------	-------	------	----------

B-8 Incremento en los costos de materiales y/o equipos.

Aumento en el costo de materiales y equipos.

Probabilidad de ocurrencia	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja	Impacto sobre el proyecto	Muy Alto	Alto	Medio	Bajo	Muy Bajo
-----------------------------------	----------	------	-------	------	----------	----------------------------------	----------	------	-------	------	----------

B-9 Modificación en los precios de insumos.



Modificación en los precios de venta de insumos necesarios para el proyecto y que no están considerados en el contrato.

Probabilidad de ocurrencia	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja	Impacto sobre el proyecto	Muy Alto	Alto	Medio	Bajo	Muy Bajo
-----------------------------------	----------	------	-------	------	----------	----------------------------------	----------	------	-------	------	----------

Riesgos naturales

B-10 Tempestad.

Temporada de mal tiempo (ciclones, huracanes, tormentas eléctricas, etc.) que interrumpen la ejecución del proyecto y que generan un impacto en tiempo y costo.

Probabilidad de ocurrencia	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja	Impacto sobre el proyecto	Muy Alto	Alto	Medio	Bajo	Muy Bajo
-----------------------------------	----------	------	-------	------	----------	----------------------------------	----------	------	-------	------	----------

B-11 Inundación.

Afectación por lluvia que interrumpe la ejecución del proyecto, generando un impacto en costo y tiempo.

Probabilidad de ocurrencia	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja	Impacto sobre el proyecto	Muy Alto	Alto	Medio	Bajo	Muy Bajo
-----------------------------------	----------	------	-------	------	----------	----------------------------------	----------	------	-------	------	----------

B-12 Sismos.

Presencia de terremotos o maremotos, que interrumpen la ejecución del proyecto y que generan un impacto en costo y tiempo.

Probabilidad de ocurrencia	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja	Impacto sobre el proyecto	Muy Alto	Alto	Medio	Bajo	Muy Bajo
-----------------------------------	----------	------	-------	------	----------	----------------------------------	----------	------	-------	------	----------

B-13 Vandalismo.

Interrupción de la ejecución del proyecto por personas ajenas al mismo, con afectación en los activos del proyecto que impactan en tiempo y costo.



Probabilidad de ocurrencia	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja	Impacto sobre el proyecto	Muy Alto	Alto	Medio	Bajo	Muy Bajo
-----------------------------------	----------	------	-------	------	----------	----------------------------------	----------	------	-------	------	----------

B-14 Sabotaje.

Acciones deliberadas que afectan la integridad de equipos y materiales, afectando el tiempo y costo del proyecto.

Probabilidad de ocurrencia	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja	Impacto sobre el proyecto	Muy Alto	Alto	Medio	Bajo	Muy Bajo
-----------------------------------	----------	------	-------	------	----------	----------------------------------	----------	------	-------	------	----------

B-15 Terrorismo.

Interrupción en la ejecución, por grupos organizados para la desestabilización de países, con la afectación de los activos del proyecto que impacten en tiempo y costo.

Probabilidad de ocurrencia	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja	Impacto sobre el proyecto	Muy Alto	Alto	Medio	Bajo	Muy Bajo
-----------------------------------	----------	------	-------	------	----------	----------------------------------	----------	------	-------	------	----------

RIESGOS INTERNOS

ADMINISTRATIVOS

C-1 Falta de integración Cliente-contratista

Falta de integración en el equipo administrativo (Cliente-Contratista), repercutiendo en la ejecución del proyecto.

Probabilidad de ocurrencia	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja	Impacto sobre el proyecto	Muy Alto	Alto	Medio	Bajo	Muy Bajo
-----------------------------------	----------	------	-------	------	----------	----------------------------------	----------	------	-------	------	----------



C-2 Incapacidad administrativa.

Falta de recursos y perfiles adecuados para la administración del proyecto.

Probabilidad de ocurrencia	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja	Impacto sobre el proyecto	Muy Alto	Alto	Medio	Bajo	Muy Bajo
-----------------------------------	----------	------	-------	------	----------	----------------------------------	----------	------	-------	------	----------

C-3 Falta de control administrativo del proyecto.

Riesgos por falta de supervisión por parte del cliente y el contratista que pueden desviar los planes originales del proyecto.

Probabilidad de ocurrencia	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja	Impacto sobre el proyecto	Muy Alto	Alto	Medio	Bajo	Muy Bajo
-----------------------------------	----------	------	-------	------	----------	----------------------------------	----------	------	-------	------	----------

C-4 Incomprensión de metas.

Incomprensión de metas de la Compañía Contratista.

Probabilidad de ocurrencia	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja	Impacto sobre el proyecto	Muy Alto	Alto	Medio	Bajo	Muy Bajo
-----------------------------------	----------	------	-------	------	----------	----------------------------------	----------	------	-------	------	----------

C-5 Cambios en los niveles jerárquicos de decisión.

Cambios en la organización que afectan en tiempo y costo el desarrollo del proyecto.

Probabilidad de ocurrencia	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja	Impacto sobre el proyecto	Muy Alto	Alto	Medio	Bajo	Muy Bajo
-----------------------------------	----------	------	-------	------	----------	----------------------------------	----------	------	-------	------	----------

C-6 Estructura organizacional no definida.

Falta de definición de la estructura organizacional del proyecto.

Probabilidad de ocurrencia	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja	Impacto sobre el proyecto	Muy Alto	Alto	Medio	Bajo	Muy Bajo
-----------------------------------	----------	------	-------	------	----------	----------------------------------	----------	------	-------	------	----------



C-7 No emplear procedimientos de trabajo.

Falta o incumplimiento de procedimientos para el desarrollo del proyecto.

Probabilidad de ocurrencia	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja	Impacto sobre el proyecto	Muy Alto	Alto	Medio	Bajo	Muy Bajo
-----------------------------------	----------	------	-------	------	----------	----------------------------------	----------	------	-------	------	----------

C-8 Planeación inadecuada.

La planeación del alcance no incluye todo el proyecto requerido, por ejemplo: el proyecto puede ser aprobado con información escasa o fundamentos inadecuados.

Probabilidad de ocurrencia	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja	Impacto sobre el proyecto	Muy Alto	Alto	Medio	Bajo	Muy Bajo
-----------------------------------	----------	------	-------	------	----------	----------------------------------	----------	------	-------	------	----------

C-9 Programación del proyecto inadecuada

Falta de adecuación entre los objetivos del proyecto y los recursos y plazos para alcanzarlos.

Probabilidad de ocurrencia	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja	Impacto sobre el proyecto	Muy Alto	Alto	Medio	Bajo	Muy Bajo
-----------------------------------	----------	------	-------	------	----------	----------------------------------	----------	------	-------	------	----------

C-10 Escasez de mano de obra.

Falta de mano de obra programada para la realización del proyecto.

Probabilidad de ocurrencia	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja	Impacto sobre el proyecto	Muy Alto	Alto	Medio	Bajo	Muy Bajo
-----------------------------------	----------	------	-------	------	----------	----------------------------------	----------	------	-------	------	----------

C-11 Escasez de recursos financieros.

Falta de recursos financieros para la realización del proyecto.



Probabilidad de ocurrencia	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja	Impacto sobre el proyecto	Muy Alto	Alto	Medio	Bajo	Muy Bajo
-----------------------------------	----------	------	-------	------	----------	----------------------------------	----------	------	-------	------	----------

C-12 Cambios de alcance.
Cambios en la descripción de los límites del proyecto.

Probabilidad de ocurrencia	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja	Impacto sobre el proyecto	Muy Alto	Alto	Medio	Bajo	Muy Bajo
-----------------------------------	----------	------	-------	------	----------	----------------------------------	----------	------	-------	------	----------

C-13 Condiciones imprevistas en el lugar de la obra.
Condiciones del lugar de la obra que necesitan trabajos extras que no fueron considerados en el programa o presupuesto

Probabilidad de ocurrencia	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja	Impacto sobre el proyecto	Muy Alto	Alto	Medio	Bajo	Muy Bajo
-----------------------------------	----------	------	-------	------	----------	----------------------------------	----------	------	-------	------	----------

C-14 Dificultad de accesos.
Dificultad de acceso al lugar de la obra, lo que provocaría un retraso en tiempo y costo.

Probabilidad de ocurrencia	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja	Impacto sobre el proyecto	Muy Alto	Alto	Medio	Bajo	Muy Bajo
-----------------------------------	----------	------	-------	------	----------	----------------------------------	----------	------	-------	------	----------

C-15 Interrupción de pagos.
Interrupción de pagos a contratistas y/o proveedores por incumplimiento de normas y/o especificaciones.

Probabilidad de ocurrencia	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja	Impacto sobre el proyecto	Muy Alto	Alto	Medio	Bajo	Muy Bajo
-----------------------------------	----------	------	-------	------	----------	----------------------------------	----------	------	-------	------	----------

C-16 Contratos no muy bien definidos.
Riesgos por incumplimiento de requisitos especificados en el contrato.



Probabilidad de ocurrencia	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja	Impacto sobre el proyecto	Muy Alto	Alto	Medio	Bajo	Muy Bajo
-----------------------------------	----------	------	-------	------	----------	----------------------------------	----------	------	-------	------	----------

LEGALES

D-1 Problemas asociados con licencias y permisos											
Riesgos por contratiempos durante el trámite de licencias que afecte o lleve al paro del proyecto por no contar con las licencias.											
Probabilidad de ocurrencia	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja	Impacto sobre el proyecto	Muy Alto	Alto	Medio	Bajo	Muy Bajo

D-2 Mala interpretación y entendimiento del contrato.											
El alcance y las condiciones del servicio son entendidos de manera diferente por el cliente y el contratista, derivado de bases de licitación incompleta o muy general.											
Probabilidad de ocurrencia	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja	Impacto sobre el proyecto	Muy Alto	Alto	Medio	Bajo	Muy Bajo

D-3 Demandas.											
Riesgo de demanda ante tribunales correspondientes, porque el cliente y el contratista no coinciden sobre los conceptos establecidos en el contrato y los que están fuera del alcance.											
Probabilidad de ocurrencia	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja	Impacto sobre el proyecto	Muy Alto	Alto	Medio	Bajo	Muy Bajo

D-4 Sanciones internas.											
Riesgo de sanciones por las autoridades competentes por violar la ley de adquisiciones y obra pública, así como la ley de responsabilidades de los servidores públicos, entre otras; estas violaciones podrían afectar el costo y tiempo establecidos para la ejecución del proyecto.											



Probabilidad de ocurrencia	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja	Impacto sobre el proyecto	Muy Alto	Alto	Medio	Bajo	Muy Bajo
-----------------------------------	----------	------	-------	------	----------	----------------------------------	----------	------	-------	------	----------

TECNOLÓGICOS

E-1 Cambios en la tecnología.

Cambios en los procesos, equipos o materiales que forman parte del proyecto, debido a que se tornan obsoletos por el ingreso de tecnologías más eficientes.

Probabilidad de ocurrencia	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja	Impacto sobre el proyecto	Muy Alto	Alto	Medio	Bajo	Muy Bajo
-----------------------------------	----------	------	-------	------	----------	----------------------------------	----------	------	-------	------	----------

E-2 Partes discontinuas.

Equipos, materiales o tecnologías que se especifican en el contrato pero que actualmente es imposible conseguir las porque están fuera de circulación, y en su lugar hay alternativas que impactan en tiempo y costo.

Probabilidad de ocurrencia	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja	Impacto sobre el proyecto	Muy Alto	Alto	Medio	Bajo	Muy Bajo
-----------------------------------	----------	------	-------	------	----------	----------------------------------	----------	------	-------	------	----------

E-3 Mala Interpretación de tecnologías.

Riesgos de una inadecuada interpretación de las tecnologías adquiridas o seleccionadas en el proyecto.

Probabilidad de ocurrencia	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja	Impacto sobre el proyecto	Muy Alto	Alto	Medio	Bajo	Muy Bajo
-----------------------------------	----------	------	-------	------	----------	----------------------------------	----------	------	-------	------	----------

DESEMPEÑO



E-4 Falta de Calidad del desempeño profesional.											
Falta de capacidad profesional del personal para la supervisión de obra, pruebas y arranque del proyecto.											
Probabilidad de ocurrencia	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja	Impacto sobre el proyecto	Muy Alto	Alto	Medio	Bajo	Muy Bajo

E-5 Falta de confiabilidad del Equipo											
Riesgos asociados con el funcionamiento de equipos del proyecto.											
Probabilidad de ocurrencia	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja	Impacto sobre el proyecto	Muy Alto	Alto	Medio	Bajo	Muy Bajo

E-6 Falta de seguridad.											
Seguridad inapropiada para la realización del programa del proyecto, lo que provoca retrasos en la ejecución del mismo.											
Probabilidad de ocurrencia	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja	Impacto sobre el proyecto	Muy Alto	Alto	Medio	Bajo	Muy Bajo

E-7 Falta de Calidad.											
La capacitación del personal requerida para la instalación de obra, supervisión, pruebas y arranque, es deficiente.											
Probabilidad de ocurrencia	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja	Impacto sobre el proyecto	Muy Alto	Alto	Medio	Bajo	Muy Bajo

E-8 Mano de obra inexperta.											
No contar con la mano de obra especializada para la realización del proyecto.											
Probabilidad de ocurrencia	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja	Impacto sobre el proyecto	Muy Alto	Alto	Medio	Bajo	Muy Bajo



E-9 Datos inadecuados.											
Riesgos por no considerar datos adecuados para el diseño del proyecto.											
Probabilidad de ocurrencia	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja	Impacto sobre el proyecto	Muy Alto	Alto	Medio	Bajo	Muy Bajo

E-10 Diseñadores inexpertos.											
Falta de experiencia de los diseñadores encargados del proyecto											
Probabilidad de ocurrencia	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja	Impacto sobre el proyecto	Muy Alto	Alto	Medio	Bajo	Muy Bajo

E-11 Mala Precisión de las especificaciones.											
Especificaciones de materiales, equipos o procesos imprecisos derivados de un diseño incompleto o carente de información.											
Probabilidad de ocurrencia	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja	Impacto sobre el proyecto	Muy Alto	Alto	Medio	Bajo	Muy Bajo

E-12 Construcción inadecuada											
Riesgos debido a que la ejecución del proyecto sigue un camino diferente a lo indicado en los diseños											
Probabilidad de ocurrencia	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja	Impacto sobre el proyecto	Muy Alto	Alto	Medio	Bajo	Muy Bajo



ANEXO B PROGRAMA DE EJECUCIÓN DE PROYECTO

NIVEL I

WBS	ID	Descripción	Duración	Fecha Inicio	Fecha de Terminación	Costo
1	000001	Construcción de las plantas criogénicas modulares estación	741	02/03/2006	27/03/2008	\$275,660,057.18

NIVEL II

WBS	ID	Descripción	Duración	Fecha Inicio	Fecha de Terminación	Costo
1.1	000002	Proceso de licitación	21	02/03/2006	30/03/2006	0.00
1.2	000005	Ingeniería básica de las plantas criogénicas 5 y 6	105	31/03/2006	24/08/2006	2,627,040.00
1.3	000028	Ingeniería de detalle	170	31/03/2006	23/11/2006	12,296,000.00
1.4	000116	Procura de equipo y materiales	160	15/09/2006	26/04/2007	163,368,960.00
1.5	000169	Construcción	490	31/03/2006	14/02/2008	107,590,000.00
1.6	000213	Pruebas y puesta en operación	30	15/02/2008	27/03/2008	6,148,000.00
1.7	000215	Administración del proyecto	520	31/03/2006	27/03/2008	15,370,000.00

NIVEL III

WBS	ID	Descripción	Duración	Fecha Inicio	Fecha de Terminación	Costo
1.1	000002	Proceso de licitación	000002	21	02/03/2006	30/03/2006
1.1.1	000003	Proceso de licitación	000003	20	02/03/2006	29/03/2006
1.1.2	000004	Firma del contrato	000004	1	30/03/2006	30/03/2006

WBS	ID	Descripción	Duración	Fecha Inicio	Fecha de Terminación	Costo
1.2	000005	Ingeniería básica	105	31/03/2006	24/08/2006	2,627,040.00
1.2.1	000006	Proceso	95	31/03/2006	10/08/2006	2,459,200.00
1.2.2	000023	Seguridad Industrial de plantas	30	14/07/2006	24/08/2006	167,840.00

WBS	ID	Descripción	Duración	Fecha Inicio	Fecha de Terminación	Costo
1.3	000028	Ingeniería de detalle	170	31/03/2006	23/11/2006	12,296,000.00
1.3.1	000029	Arquitectura	15	11/08/2006	31/08/2006	122,960.00
1.3.2	000033	Civil	155	31/03/2006	02/11/2006	1,475,524.00
1.3.3	000063	Mecánico	25	11/08/2006	14/09/2006	2,459,200.00
1.3.4	000071	Tuberías	80	28/07/2006	16/11/2006	3,074,000.00
1.3.5	000080	Eléctrico	50	11/08/2006	19/10/2006	1,721,439.00



1.3.6	000094	Telecomunicaciones	15	01/09/2006	21/09/2006	614,800.00
1.3.7	000100	Instrumentación	65	28/07/2006	26/10/2006	2,705,117.00
1.3.8	000114	Libro de Ingeniería de proyecto	5	17/11/2006	23/11/2006	122,960.00

WBS	ID	Descripción	Duración	Fecha Inicio	Fecha de Terminación	Costo
1.4	000116	Procura de equipo y materiales	160	15/09/2006	26/04/2007	163,368,960.00
1.4.1	000117	Planta de estabilización de condensados	160	15/09/2006	26/04/2007	598,698.00
1.4.2	000125	Plantas criogénicas o recuperadora de licuables	160	15/09/2006	26/04/2007	52,068,461.00
1.4.3	000153	Sección de fraccionamiento (fraccionadora de licuables)	160	15/09/2006	26/04/2007	2,181,236.00
1.4.4	000161	Almacenamiento de productos	160	15/09/2006	26/04/2007	8,253,864.00
1.4.5	000165	Servicios auxiliares	160	15/09/2006	26/04/2007	70,186,691.00
1.4.6	000167	Materiales	160	15/09/2006	26/04/2007	30,080,010.00

WBS	ID	Descripción	Duración	Fecha Inicio	Fecha de Terminación	Costo
1.5	000169	Construcción	490	31/03/2006	14/02/2008	107,590,000.00
1.5.1	000170	Civil	320	31/03/2006	21/06/2007	16,138,500.00
1.5.2	000194	Mecánica	195	18/05/2007	14/02/2008	21,518,000.00
1.5.3	000199	Tubería	170	22/06/2007	14/02/2008	23,669,800.00
1.5.4	000203	Eléctrico	165	22/06/2007	07/02/2008	19,366,200.00
1.5.5	000210	Instrumentación y control	170	22/06/2007	14/02/2008	26,897,500.00

WBS	ID	Descripción	Duración	Fecha Inicio	Fecha de Terminación	Costo
1.6	000213	Pruebas y puesta en operación	30	15/02/2008	27/03/2008	6,148,000.00
1.6.1	000214	Pruebas y puesta en operación	30	15/02/2008	27/03/2008	6,148,000.00

WBS	ID	Descripción	Duración	Fecha Inicio	Fecha de Terminación	Costo
1.7	000215	Administración del proyecto	520	31/03/2006	27/03/2008	15,370,000.00
1.7.1	000216	Administración del proyecto	520	31/03/2006	27/03/2008	15,370,000.00

NIVEL IV

WBS	ID	Descripción	Duración	Fecha Inicio	Fecha de Terminación	Costo	Tareas Sucesoras
1.2.1	000006	Proceso	95	31/03/2006	10/08/2006	2,459,200.00	
1.2.1.1	000007	Recopilación de información en campo	10	31/03/2006	13/04/2006	24,592.00	000171;000216;000034;000008



1.2.1.2	000008	Bases de diseño y descripción del proyecto	15	14/04/2006	04/05/2006	49,184.00	000035;000032;000031;000030;000009
1.2.1.3	000009	Diagramas de flujo de proceso	20	05/05/2006	01/06/2006	319,696.00	000103;000012;000011;000010
1.2.1.4	000010	Balace de materia y energía	25	02/06/2006	06/07/2006	319,696.00	000012
1.2.1.5	000011	Diagramas de balances de servicios auxiliares	15	02/06/2006	22/06/2006	245,920.00	000024;000013
1.2.1.6	000012	Diagrama de tubería e instrumentación de proceso (DTI)	15	07/07/2006	27/07/2006	295,104.00	000017;000107;000102;000101;000104;000091;000075;000072;000025;000020;000019;000018;000016;000015;000014
1.2.1.7	000013	Diagrama de tubería e instrumentación de servicios auxiliares y desfogue	15	23/06/2006	13/07/2006	319,696.00	000107;000102;000101;000104;000091;000075;000072;000024;000025;000021;000020;000019;000018;000016;000015;000014
1.2.1.8	000014	Lista de equipo y motores	10	28/07/2006	10/08/2006	49,184.00	000075
1.2.1.9	000015	Índice de líneas	10	28/07/2006	10/08/2006	49,184.00	
1.2.1.10	000016	Hojas de datos de equipos	10	28/07/2006	10/08/2006	73,776.00	000081;000104;000065;000064;000059;000055;000050;000049;000048;000045
1.2.1.11	000017	Hoja de datos de instrumentos	10	28/07/2006	10/08/2006	73,776.00	000081;000103
1.2.1.12	000018	Descripción del proceso	10	28/07/2006	10/08/2006	73,776.00	
1.2.1.13	000019	Filosofía de operación	10	28/07/2006	10/08/2006	147,552.00	000106;000105;000102
1.2.1.14	000020	Plano de localización general	10	28/07/2006	10/08/2006	245,920.00	000091;000090;000075;000042;000041;000038;000037;000032;000031;000030



WBS	ID	Descripción	Duración	Fecha Inicio	Fecha de Terminación	Costo	Tareas Sucesoras
1.2.2	000023	Seguridad Industrial de plantas	30	14/07/2006	24/08/2006	167,840.00	
1.2.2.1	000024	Análisis HAZOP	10	14/07/2006	27/07/2006	122,960.00	000026
1.2.2.2	000025	Diagrama de tubería e instrumentación de red contraincendio	15	21/07/2006	10/08/2006	30,740.00	
1.2.2.3	000026	Sistema de detección de fuego, humo y mezclas explosivas	15	28/07/2006	17/08/2006	12,296.00	000027
1.2.2.4	000027	Hoja de datos de equipos de red contraincendio	5	18/08/2006	24/08/2006	1,844.00	
1.2.2	000023	Seguridad Industrial de plantas	30	14/07/2006	24/08/2006	167,840.00	

WBS	ID	Descripción	Duración	Fecha Inicio	Fecha de Terminación	Costo	Tareas Sucesoras
1.3.1	000029	Arquitectura	15	11/08/2006	31/08/2006	122,960.00	
1.3.1.1	000030	Planos arquitectónico, acabados y de instalaciones de subestación eléctrica	15	11/08/2006	31/08/2006	36,888.00	
1.3.1.2	000031	Planos arquitectónicos, acabados y de instalaciones de subestación eléctrica y acometida	15	11/08/2006	31/08/2006	36,888.00	
1.3.1.3	000032	Planos arquitectónico y de instalaciones de cuarto de control y casa de cambio	15	11/08/2006	31/08/2006	49,184.00	

WBS	ID	Descripción	Duración	Fecha Inicio	Fecha de Terminación	Costo	Tareas Sucesoras
1.3.2	000033	Civil	155	31/03/2006	02/11/2006	1,475,524.00	
1.3.2.1	000034	Recopilación de información en campo	5	31/03/2006	06/04/2006	14,755.00	
1.3.2.2	000035	Bases de diseño	5	14/04/2006	20/04/2006	29,510.00	000036;000057;000056;000



							055;000054;0 00053;000052 ;000051;0000 50;000049;00 0048;000045; 000044
1.3.2.3	000036	Mecánica de suelos	10	21/04/2006	04/05/2006	44,266.00	000060;00005 9;000058;000 057;000056;0 00055;000054 ;000053;0000 52;000051;00 0050;000049; 000046;00004 8;000045;000 042;000040;0 00039
1.3.2.4	000037	Planos de localización de áreas de trabajo	10	11/08/2006	24/08/2006	59,021.00	000060;00005 9;000056;000 055;000054;0 00053;000052 ;000051;0000 45;000044;00 0043;000041; 000040;00003 9;000038[-5]
1.3.2.5	000038	Planos de perfiles de calles	10	18/08/2006	31/08/2006	59,021.00	
1.3.2.6	000039	Planos de terracerías	10	25/08/2006	07/09/2006	59,021.00	000061
1.3.2.7	000040	Planos de drenajes	10	25/08/2006	07/09/2006	59,021.00	000061;00004 7;000046;000 044;000042
1.3.2.8	000041	Planos de niveles y pavimentos	10	25/08/2006	07/09/2006	59,021.00	000061;00004 6;000043
1.3.2.9	000042	Planos de instalaciones subterráneas	10	08/09/2006	21/09/2006	59,021.00	000061;00004 6
1.3.2.10	000043	Planos de soportes, moquetas y puentes de tubería	10	08/09/2006	21/09/2006	59,021.00	000181;00007 3;000061;000 058
1.3.2.11	000044	Planos de cimentación de los patines de proceso	10	08/09/2006	21/09/2006	59,021.00	000180;00006 1
1.3.2.12	000045	Planos de cimentaciones de equipos	10	25/08/2006	07/09/2006	59,021.00	000061
1.3.2.13	000046	Planos de ductos subterráneos	10	22/09/2006	05/10/2006	59,021.00	000061
1.3.2.14	000047	Planos de registros (eléctricos, instrumentación y telecomunicaciones)	10	08/09/2006	21/09/2006	59,021.00	000182;00010 8;000061
1.3.2.15	000048	Plano de cimentación de	10	11/08/2006	24/08/2006	59,021.00	000061



		tanques de agua contra incendio					
1.3.2.16	000049	Plano de cimentación de naftas pesadas	10	11/08/2006	24/08/2006	59,021.00	000186;000184;000061
1.3.2.17	000050	Planos de cimentación de recipientes esféricos a presión	10	11/08/2006	24/08/2006	59,021.00	000185;000061
1.3.2.18	000051	Planos de cimentaciones y estructuras de la subestación	10	25/08/2006	07/09/2006	59,021.00	000187;000061
1.3.2.19	000052	Planos de la cimentación y estructura de la caseta de control de acceso	10	25/08/2006	07/09/2006	59,021.00	000188;000061
1.3.2.20	000053	Plano de cimentación y estructura del cuarto de control	10	25/08/2006	07/09/2006	59,021.00	000189;000111;000061
1.3.2.21	000054	Planos de la cimentación y estructura del cobertizo de bombas contra incendio	10	25/08/2006	07/09/2006	59,021.00	000061
1.3.2.22	000055	Planos de la cimentación y estructura del sistema de quemado	10	25/08/2006	07/09/2006	59,021.00	000061
1.3.2.23	000056	Planos de cimentación y estructura del cobertizo de compresores	10	25/08/2006	07/09/2006	59,021.00	000190;000061
1.3.2.24	000057	Planos de cimentación y estructuras de tuberías	10	05/05/2006	18/05/2006	59,021.00	000191;000073;000061
1.3.2.25	000058	Planos de cimentación y estructuras de escaleras y barandales	10	22/09/2006	05/10/2006	44,266.00	000192;000061
1.3.2.26	000059	Planos de cimentación del turbogenerador	10	25/08/2006	07/09/2006	59,021.00	000061
1.3.2.27	000060	Plano de cimentación de postes de alumbrado	10	25/08/2006	07/09/2006	14,755.00	000193
1.3.2.28	000061	Requisición de materiales	10	06/10/2006	19/10/2006	14,755.00	000062
1.3.2.29	000062	Volumen de obra	10	20/10/2006	02/11/2006	14,755.00	000115



WBS	ID	Descripción	Duración	Fecha Inicio	Fecha de Terminación	Costo	Tareas Sucesoras
1.3.3	000063	Mecánico	25	11/08/2006	14/09/2006	2,459,200.00	
1.3.3.1	000064	Hoja de datos de equipos	5	11/08/2006	17/08/2006	196,736.00	000069;000068;000067
1.3.3.2	000065	Hoja de datos de recipientes	5	11/08/2006	17/08/2006	196,736.00	000107;000069;000068;000067;000066
1.3.3.3	000066	Planos de recipientes	10	18/08/2006	31/08/2006	639,392.00	000107;000069
1.3.3.4	000067	Planos de plataformas y escaleras	10	18/08/2006	31/08/2006	639,392.00	000069
1.3.3.5	000068	Memorias de cálculo de recipientes	5	18/08/2006	24/08/2006	614,800.00	
1.3.3.6	000069	Requisición de equipo y materiales	5	01/09/2006	07/09/2006	122,960.00	000070
1.3.3.7	000070	Volumen de obra	5	08/09/2006	14/09/2006	49,184.00	000183;000168;000166;000164;000163;000162;000160;000159;000158;000157;000156;000155;000154;000152;000151;000150;000149;000147;000146;000145;000143;000141;000140;000139;000138;000137;000135;000134;000133;000131;000130;000128;000127;000124;000123;000122;000121;000120;000119;000115

WBS	ID	Descripción	Duración	Fecha Inicio	Fecha de Terminación	Costo	Tareas Sucesoras
-----	----	-------------	----------	--------------	----------------------	-------	------------------



1.3.4	000071	Tuberías	80	28/07/2006	16/11/2006	3,074,000	
						.00	
1.3.4.1	000072	Especificación de tuberías	5	28/07/2006	03/08/2006	153,700.00	000107;000104;000078;000076
1.3.4.2	000073	Planos de arreglo general	10	22/09/2006	05/10/2006	553,320.00	000108;000078;000077;000076;000074
1.3.4.3	000074	Dibujos de plantas y elevaciones	10	06/10/2006	19/10/2006	553,320.00	000078
1.3.4.4	000075	Diagrama de rutas	10	11/08/2006	24/08/2006	553,320.00	000078;000077
1.3.4.5	000076	Elaboración de isométricos de tubería	10	06/10/2006	19/10/2006	553,320.00	000078;000077
1.3.4.6	000077	Plano de interconexiones	10	20/10/2006	02/11/2006	584,060.00	000078
1.3.4.7	000078	Requisición de materiales	5	03/11/2006	09/11/2006	61,480.00	000079
1.3.4.8	000079	Volumen de obra	5	10/11/2006	16/11/2006	61,480.00	000115

WBS	ID	Descripción	Duración	Fecha Inicio	Fecha de Terminación	Costo	Tareas Sucesoras
1.3.5	000080	Eléctrico	50	11/08/2006	19/10/2006	1,721,439	
						.00	
1.3.5.1	000081	Bases de diseño	5	11/08/2006	17/08/2006	86,072.00	000090;000089;000082
1.3.5.2	000082	Especificaciones eléctricas	5	18/08/2006	24/08/2006	86,072.00	000092;000090;000083
1.3.5.3	000083	Diagramas unifilares	10	25/08/2006	07/09/2006	172,144.00	000092;000091;000090;000088;000087;000084
1.3.5.4	000084	Plano de clasificación de área de los equipos e instalaciones eléctricas	10	08/09/2006	21/09/2006	137,715.00	000092;000086;000085
1.3.5.5	000085	Elaboración del plano de cortes de ductos del plano del sistema general de alumbrado	10	22/09/2006	05/10/2006	172,144.00	000111;000108;000092[-5]
1.3.5.6	000086	Plano del sistema de alumbrado en equipos, edificios y calles	10	22/09/2006	05/10/2006	154,930.00	000092;000087
1.3.5.7	000087	Plano del tablero de alumbrado	10	29/09/2006	12/10/2006	137,715.00	000092
1.3.5.8	000088	Plano del sistema general de alimentación a instrumentos	10	01/09/2006	14/09/2006	172,144.00	000111;000110;000109;000108;000092
1.3.5.9	000089	Plano de voiceo y comunicación	10	18/08/2006	31/08/2006	137,715.00	000097;000096;000095



1.3.5.10	000090	Plano del sistema general de tierras y apartar rayos	10	01/09/2006	14/09/2006	137,715.00	000108
1.3.5.11	000091	Diagrama de control eléctrico	10	01/09/2006	14/09/2006	137,715.00	000092
1.3.5.12	000092	Elaboración de requisiciones de equipo y material	5	06/10/2006	12/10/2006	137,715.00	000093
1.3.5.13	000093	Volumen de obra	5	13/10/2006	19/10/2006	51,643.00	000115
1.3.5	000080	Eléctrico	50	11/08/2006	19/10/2006	1,721,439.00	

WBS	ID	Descripción	Duración	Fecha Inicio	Fecha de Terminación	Costo	Tareas Sucesoras
1.3.6	000094	Telecomunicaciones	15	01/09/2006	21/09/2006	614,800.00	
1.3.6.1	000095	Hoja de datos del sistema de intercomunicación y voceo	5	01/09/2006	07/09/2006	153,700.00	000098
1.3.6.2	000096	Hoja de datos del sistema de circuitos cerrados de televisión (cctv)	5	01/09/2006	07/09/2006	184,440.00	000098
1.3.6.3	000097	Hojas de datos del sistema de intercomunicación	5	01/09/2006	07/09/2006	153,700.00	000098
1.3.6.4	000098	Requisición de materiales	5	08/09/2006	14/09/2006	61,480.00	000099
1.3.6.5	000099	Volumen de obra	5	15/09/2006	21/09/2006	61,480.00	000115
1.3.6	000094	Telecomunicaciones	15	01/09/2006	21/09/2006	614,800.00	

WBS	ID	Descripción	Duración	Fecha Inicio	Fecha de Terminación	Costo	Tareas Sucesoras
1.3.7	000100	Instrumentación	65	28/07/2006	26/10/2006	2,705,117.00	
1.3.7.1	000101	Índice de instrumentos	5	28/07/2006	03/08/2006	54,102.00	000108;000104
1.3.7.2	000102	Especificación del sistema de control distribuido	5	11/08/2006	17/08/2006	135,256.00	000112
1.3.7.3	000103	Especificación de instrumentos	5	11/08/2006	17/08/2006	135,256.00	000106
1.3.7.4	000104	Hoja de datos de instrumentos	5	11/08/2006	17/08/2006	135,256.00	000112;000109;000107;000106
1.3.7.5	000105	Diagramas lógicos de instrumentación	5	11/08/2006	17/08/2006	324,614.00	
1.3.7.6	000106	Diagramas de lazo de instrumentación	5	18/08/2006	24/08/2006	324,614.00	
1.3.7.7	000107	Dibujos típicos de instalación	5	01/09/2006	07/09/2006	297,563.00	000112



1.3.7.8	000108	Plano de localización de instrumentos	5	06/10/2006	12/10/2006	297,563.00	000112;000110
1.3.7.9	000109	Planos del tablero principal de instrumentos	5	15/09/2006	21/09/2006	297,563.00	000112
1.3.7.10	000110	Planos de charolas de conducción	5	13/10/2006	19/10/2006	297,563.00	000111
1.3.7.11	000111	Arreglo de cuarto de control	5	20/10/2006	26/10/2006	297,563.00	
1.3.7.12	000112	Requisición de materiales	5	13/10/2006	19/10/2006	54,102.00	000113
1.3.7.13	000113	Volumen de obra	5	20/10/2006	26/10/2006	54,102.00	000115

WBS	ID	Descripción	Duración	Fecha Inicio	Fecha de Terminación	Costo	Tareas Sucesoras
1.3.8	000114	Libro de Ingeniería de proyecto	5	17/11/2006	23/11/2006	122,960.00	
1.3.8.1	000115	Elaboración del libro de ingeniería de poroyecto	5	17/11/2006	23/11/2006	122,960.00	

WBS	ID	Descripción	Duración	Fecha Inicio	Fecha de Terminación	Costo	Tareas Sucesoras
1.4.1	000117	Planta de estabilización de condensados	160	15/09/2006	26/04/2007	598,698.00	
1.4.1.1	000118	Sección de fraccionamiento de naftas	160	15/09/2006	26/04/2007	598,698.00	

WBS	ID	Descripción	Duración	Fecha Inicio	Fecha de Terminación	Costo	Tareas Sucesoras
1.4.2	000125	Plantas criogénicas o recuperadora de licuables	160	15/09/2006	26/04/2007	52,068,461.00	
1.4.2.1	000126	Sección de acondicionamiento del gas húmedo	160	15/09/2006	26/04/2007	815,265.00	
1.4.2.2	000129	Sección deshidratación del gas húmedo	160	15/09/2006	26/04/2007	2,652,095.00	
1.4.2.3	000132	Sección de regeneración	160	15/09/2006	26/04/2007	8,360,682.00	
1.4.2.4	000136	Sección de pre-enfriamiento	160	15/09/2006	26/04/2007	3,137,628.00	
1.4.2.5	000142	Sección de expansión	160	15/09/2006	26/04/2007	3,568,784.00	
1.4.2.6	000144	Sección de compresión de gas residual	160	15/09/2006	26/04/2007	30,643,678.00	
1.4.2.7	000148	Sección de estabilización de	160	15/09/2006	26/04/2007	2,890,329.00	



		líquidos recuperados					
--	--	----------------------	--	--	--	--	--

WBS	ID	Descripción	Duración	Fecha Inicio	Fecha de Terminación	Costo	Tareas Sucesoras
1.4.2	000125	Plantas criogénicas o recuperadora de licuables	160	15/09/2006	26/04/2007	52,068,461.00	
1.4.2.1	000126	Sección de acondicionamiento del gas húmedo	160	15/09/2006	26/04/2007	815,265.00	
1.4.2.2	000129	Sección deshidratación del gas húmedo	160	15/09/2006	26/04/2007	2,652,095.00	
1.4.2.3	000132	Sección de regeneración	160	15/09/2006	26/04/2007	8,360,682.00	
1.4.2.4	000136	Sección de pre-enfriamiento	160	15/09/2006	26/04/2007	3,137,628.00	
1.4.2.5	000142	Sección de expansión	160	15/09/2006	26/04/2007	3,568,784.00	
1.4.2.6	000144	Sección de compresión de gas residual	160	15/09/2006	26/04/2007	30,643,678.00	
1.4.2.7	000148	Sección de estabilización de líquidos recuperados	160	15/09/2006	26/04/2007	2,890,329.00	

WBS	ID	Descripción	Duración	Fecha Inicio	Fecha de Terminación	Costo	Tareas Sucesoras
1.4.3	000153	Sección de fraccionamiento (fraccionadora de licuables)	160	15/09/2006	26/04/2007	2,181,236.00	
1.4.3.1	000154	Desbutanizadora	160	15/09/2006	26/04/2007	704,348.00	
1.4.3.2	000155	Condensador de reflujo de desbutanizadora	160	15/09/2006	26/04/2007	726,791.00	
1.4.3.3	000156	Rehervidor de desbutanizadora	160	15/09/2006	26/04/2007	144,150.00	
1.4.3.4	000157	Enfriador de nafta ligera	160	15/09/2006	26/04/2007	170,218.00	
1.4.3.5	000158	Acumulador de reflujo de desbutanizadora	160	15/09/2006	26/04/2007	81,138.00	
1.4.3.6	000159	Bomba de reflujo de desbutanizadora	160	15/09/2006	26/04/2007	239,962.00	
1.4.3.7	000160	Enfriador de LPG	160	15/09/2006	26/04/2007	114,629.00	

WBS	ID	Descripción	Duración	Fecha Inicio	Fecha de Terminación	Costo	Tareas Sucesoras
-----	----	-------------	----------	--------------	----------------------	-------	------------------



1.4.4	000161	Almacenamiento de productos	160	15/09/2006	26/04/2007	8,253,864.00	
1.4.4.1	000162	Esferas de almacenamiento de gas LP	160	15/09/2006	26/04/2007	4,881,668.00	000197;000195
1.4.4.2	000163	Esferas de almacenamiento de naftas ligeras	160	15/09/2006	26/04/2007	2,440,834.00	000197;000195
1.4.4.3	000164	Tanque vertical de nafta pesada	160	15/09/2006	26/04/2007	931,362.00	000197;000195

WBS	ID	Descripción	Duración	Fecha Inicio	Fecha de Terminación	Costo	Tareas Sucesoras
1.4.5	000165	Servicios auxiliares	160	15/09/2006	26/04/2007	70,186,691.00	
1.4.5.1	000166	Equipos y accesorios de servicios auxiliares	160	15/09/2006	26/04/2007	70,186,691.00	000208;000207;000206;000205;000195

WBS	ID	Descripción	Duración	Fecha Inicio	Fecha de Terminación	Costo	Tareas Sucesoras
1.4.6	000167	Materiales	160	15/09/2006	26/04/2007	30,080,010.00	
1.4.6.1	000168	Materiales de proceso y servicios auxiliares	160	15/09/2006	26/04/2007	30,080,010.00	000204;000198;000195;000211

WBS	ID	Descripción	Duración	Fecha Inicio	Fecha de Terminación	Costo	Tareas Sucesoras
1.5.1	000170	Civil	320	31/03/2006	21/06/2007	16,138,500.00	
1.5.1.1	000171	Desempalme y limpieza	20	31/03/2006	27/04/2006	484,155.00	000172
1.5.1.2	000172	Reubicación de flora del terreno	20	28/04/2006	25/05/2006	484,155.00	000173
1.5.1.3	000173	Delimitación del área de terreno	20	26/05/2006	22/06/2006	484,155.00	000174
1.5.1.4	000174	Trazado y nivelación por topografía	25	23/06/2006	27/07/2006	484,155.00	000175
1.5.1.5	000175	Movimiento de tierras	20	28/07/2006	24/08/2006	484,155.00	000176
1.5.1.6	000176	Sistemas subterráneos (drenaje químico, pluvial y aceitoso)	60	25/08/2006	16/11/2006	645,540.00	000177
1.5.1.7	000177	Trabajos subterráneos de ductos eléctricos, fuerza, alumbrado	60	17/11/2006	08/02/2007	806,925.00	000178
1.5.1.8	000178	Terracerías	25	09/02/2007	15/03/2007	806,925.00	000179



1.5.1.9	000179	Ubicación de áreas, pisos, banquetas y pavimentación	40	16/03/2007	10/05/2007	806,925.00	000181[-15];000183[-15];000190[-15];000189[-15];000188[-15];000187[-15];000186[-15];000185[-15];000182[-15];000184[-15];000193[-20];000180[-15]
1.5.1.10	000180	Cimentación de los patines de proceso	20	20/04/2007	17/05/2007	806,925.00	000195
1.5.1.11	000181	Cimentación de soportes elevados en plantas	20	20/04/2007	17/05/2007	484,155.00	000195;000192;000191
1.5.1.12	000182	Registros (eléctricos, instrumentación y telecomunicaciones)	25	20/04/2007	24/05/2007	806,925.00	000195
1.5.1.13	000183	Cimentación de equipos de servicios auxiliares	20	20/04/2007	17/05/2007	806,925.00	000195;000198
1.5.1.14	000184	Cimentación de recipientes de almacenamiento de gas LP	25	20/04/2007	24/05/2007	806,925.00	000195;000197
1.5.1.15	000185	Cimentaciones de esferas de almacenamiento de naftas ligeras	25	20/04/2007	24/05/2007	806,925.00	000195;000197
1.5.1.16	000186	Cimentación de tanque vertical de nafta pesada	25	20/04/2007	24/05/2007	806,925.00	000195
1.5.1.17	000187	Cimentaciones y estructuras de la subestación	15	20/04/2007	10/05/2007	806,925.00	000195
1.5.1.18	000188	Cimentación y estructura de la caseta de control de acceso	15	20/04/2007	10/05/2007	806,925.00	000195
1.5.1.19	000189	Cimentación y estructura del cuarto de control	20	20/04/2007	17/05/2007	806,925.00	000195
1.5.1.20	000190	Cimentación y estructura del cobertizo de compresores	15	20/04/2007	10/05/2007	806,925.00	000195
1.5.1.21	000191	Cimentación y montaje de estructuras del rack de tuberías	25	18/05/2007	21/06/2007	806,925.00	000200;000195
1.5.1.22	000192	Cimentación y estructuras de	20	18/05/2007	14/06/2007	806,925.00	000195



		escaleras y barandales					
1.5.1.23	000193	Cimentación de postes de alumbrado	20	13/04/2007	10/05/2007	484,155.00	000195

WBS	ID	Descripción	Duración	Fecha Inicio	Fecha de Terminación	Costo	Tareas Sucesoras
1.5.2	000194	Mecánica	195	18/05/2007	14/02/2008	21,518,000.00	
1.5.2.1	000195	Erección e izaje de equipo mayor	170	22/06/2007	14/02/2008	2,582,160.00	000214;000196[-30]
1.5.2.2	000196	Aislamiento de equipos de proceso	30	04/01/2008	14/02/2008	1,721,440.00	000214
1.5.2.3	000197	Armado y construcción de recipientes de almacenamiento de productos	190	25/05/2007	14/02/2008	8,607,200.00	000214
1.5.2.4	000198	Armado y construcción de recipientes de servicios auxiliares	190	18/05/2007	07/02/2008	8,607,200.00	000214

WBS	ID	Descripción	Duración	Fecha Inicio	Fecha de Terminación	Costo	Tareas Sucesoras
1.5.3	000199	Tubería	170	22/06/2007	14/02/2008	23,669,800.00	
1.5.3.1	000200	Montaje de tuberías y válvulas	130	22/06/2007	20/12/2007	16,568,860.00	000211;000208;000207;000206;000205;000204;000201;000214
1.5.3.2	000201	Pruebas de montaje de tuberías	20	21/12/2007	17/01/2008	4,733,960.00	000202;000214
1.5.3.3	000202	Pruebas de tuberías y limpieza de ductos	20	18/01/2008	14/02/2008	2,366,980.00	000214

WBS	ID	Descripción	Duración	Fecha Inicio	Fecha de Terminación	Costo	Tareas Sucesoras
1.5.4	000203	Eléctrico	165	22/06/2007	07/02/2008	19,366,200.00	
1.5.4.1	000204	Montaje de charolas eléctricas	100	22/06/2007	08/11/2007	3,873,240.00	000209;000214
1.5.4.2	000205	Subestación eléctrica	30	22/06/2007	02/08/2007	2,904,930.00	000209;000214
1.5.4.3	000206	Distribución de energía eléctrica	150	22/06/2007	17/01/2008	3,873,240.00	000209;000214
1.5.4.4	000207	Tubería conduit	150	22/06/2007	17/01/2008	3,485,916.00	000209;000214



1.5.4.5	000208	Sistema de alumbrado	150	22/06/2007	17/01/2008	3,873,240.00	000209;000214
1.5.4.6	000209	Pruebas	30	28/12/2007	07/02/2008	1,355,634.00	000214

WBS	ID	Descripción	Duración	Fecha Inicio	Fecha de Terminación	Costo	Tareas Sucesoras
1.5.3	000199	Tubería	170	22/06/2007	14/02/2008	23,669,800.00	
1.5.3.1	000200	Montaje de tuberías y válvulas	130	22/06/2007	20/12/2007	16,568,860.00	000211;000208;000207;000206;000205;000204;000201;000214
1.5.3.2	000201	Pruebas de montaje de tuberías	20	21/12/2007	17/01/2008	4,733,960.00	000202;000214

WBS	ID	Descripción	Duración	Fecha Inicio	Fecha de Terminación	Costo	Tareas Sucesoras
1.5.4	000203	Eléctrico	165	22/06/2007	07/02/2008	19,366,200.00	
1.5.4.1	000204	Montaje de charolas eléctricas	100	22/06/2007	08/11/2007	3,873,240.00	000209;000214
1.5.4.2	000205	Subestación eléctrica	30	22/06/2007	02/08/2007	2,904,930.00	000209;000214
1.5.4.3	000206	Distribución de energía eléctrica	150	22/06/2007	17/01/2008	3,873,240.00	000209;000214
1.5.4.4	000207	Tubería conduit	150	22/06/2007	17/01/2008	3,485,916.00	000209;000214
1.5.4.5	000208	Sistema de alumbrado	150	22/06/2007	17/01/2008	3,873,240.00	000209;000214
1.5.4.6	000209	Pruebas	30	28/12/2007	07/02/2008	1,355,634.00	000214

WBS	ID	Descripción	Duración	Fecha Inicio	Fecha de Terminación	Costo	Tareas Sucesoras
1.5.5	000210	Instrumentación y control	170	22/06/2007	14/02/2008	26,897,500.00	
1.5.5.1	000211	Cableado y conexión de los instrumentos al circuito de control	170	22/06/2007	14/02/2008	21,518,000.00	000214;000212[ff]
1.5.5.2	000212	Pruebas de instrumentos	90	12/10/2007	14/02/2008	5,379,500.00	000214



ANEXO C. METODOLOGÍA PARA LA REALIZACIÓN DE UN HISTOGRAMA Y SU INTERPRETACIÓN

Definición: Es un tipo especial de gráfico de barras que presenta un resumen gráfico de un conjunto de datos. El histograma permite reconocer y analizar patrones de comportamiento en la información que no son aparentes a primera vista al calcular un porcentaje o la media.

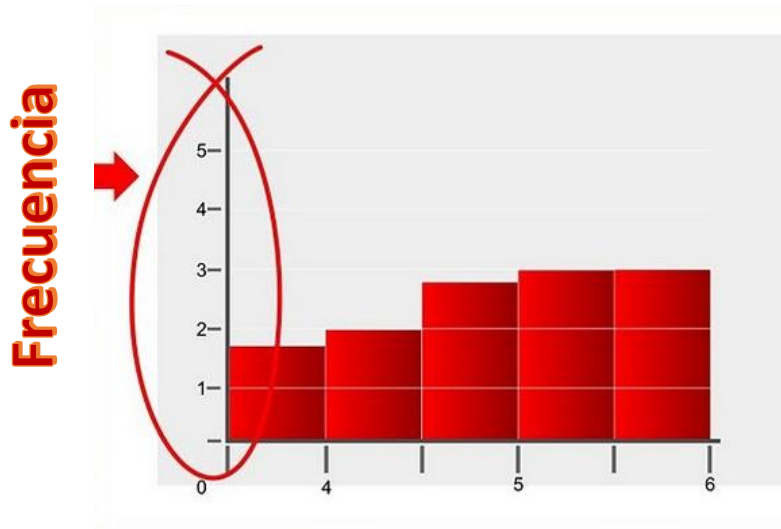
Elaboración:

- A. Recolección de datos. Para el caso del análisis de riesgo, estos datos se obtienen de la simulación Monte Carlo.
- B. Determinar el rango de los datos. Rango es igual al dato mayor menos el dato menor.
- C. Obtener todos los números de clases, existen varios criterios para determinar el número de clases (o barras) -por ejemplo la regla de Sturges-. Sin embargo ninguno de ellos es exacto. Algunos autores recomiendan de cinco a quince clases, dependiendo de cómo estén los datos y cuántos sean. Un criterio usado frecuentemente es que el número de clases debe ser aproximadamente a la raíz cuadrada del número de datos.
- D. Establecer la longitud de clase: es igual al rango dividido por el número de clases.
- E. Construir los intervalos de clases en intervalos iguales.
- F. Graficar el histograma: Las bases de las barras son los intervalos de clases y altura son la frecuencia de las clases.

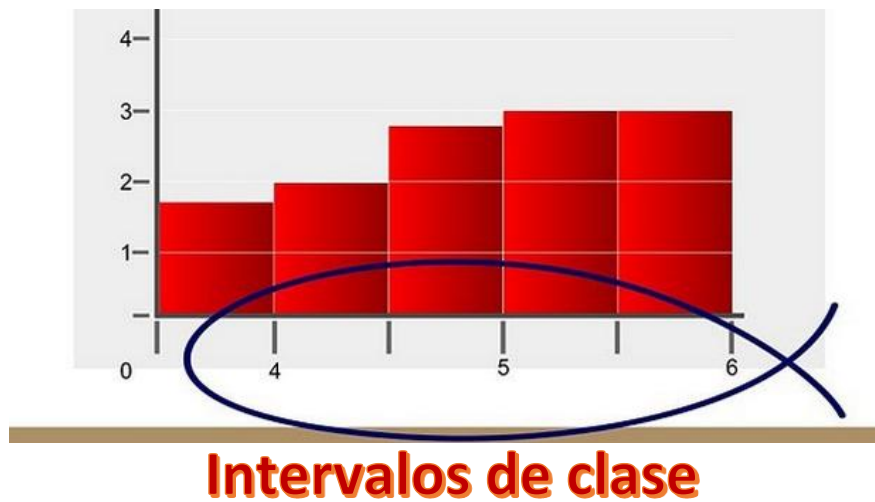
Interpretación de un histograma

Frecuencia La frecuencia en un histograma se representa en el eje vertical. Expresa con un número la cantidad de veces que los costos o tiempos, dados sus intervalos, se repitieron en la muestra.





Intervalos de clase: Se representan en el eje horizontal. Muestra, en base a intervalos, todos los posibles resultados de tiempo o costo globales del proyecto, desde el más optimista hasta el más pesimista.



ANEXO D. PRESUPUESTO ASIGNADO A LOS RIESGOS

Riesgo	Supuesto empleado para asignar el presupuesto
Retrasos en la entrega de equipo comprometido en sitio de la obra	\$480,000
Suspensiones por afectación al medio ambiente	\$1,800,000
Falta de disponibilidad de equipo	\$96,000
Escasez de materiales	\$96,000
Incremento en costos de materiales y/o equipo	A negociar, de acuerdo a la fórmula de escalación
Rechazo a mantener precios pactados	A negociar, de acuerdo a la fórmula de escalación
Falta de soporte financiero	A negociar de acuerdo a los los intereses bancarios
Cambios y deficiencias en definición del alcance	\$1,730,000
Condiciones imprevistas en el sitio	Sin presupuesto asignado
Terminación anticipada del proyecto	\$384,000
Deficiencias en el control técnico- administrativo	\$1,636,500
Deficiencias en la planeación del proyecto	\$1,636,500



Permisos Federales, Estatales y Locales	\$576,000
Diseñadores inexpertos	Sin presupuesto asignado
Demoliciones por errores constructivos	\$288,000
Mala inspección	\$720,000



ANEXO E. RESPUESTA IFAI

LEY FEDERAL DE TRANSPARENCIA Y ACCESO A LA INFORMACIÓN PÚBLICA GUBERNAMENTAL

Solicitud de información 1857700037213, consistente en:

*“PRESUPUESTO Y TIEMPO PROGRAMADO ORIGINAL, ADEMÁS DEL PRESUPUESTO Y TIEMPO REAL DESTINADOS DESTINADOS A LOS PROYECTOS: “PLANTAS CRIOGÉNICAS MODULARES ESTACIÓN No. 19, REYNOSA”
PLANTAS CRIOGÉNICA 1
PLANTAS CRIOGÉNICA 2
PLANTAS CRIOGÉNICA 3
PLANTAS CRIOGÉNICA 4
PLANTAS CRIOGÉNICA 5
PLANTAS CRIOGÉNICA 6”*

Posteriormente, el 15 de octubre pasado, este Organismo realizó el siguiente requerimiento de información adicional:

“Sobre el particular, le comento que para dar una correcta atención a su petición, es necesario precise lo siguiente:

- 1. Indique si la información que usted requiere es sobre presupuesto de operación o de inversión;*
- 2. Señale si con “tiempo programado”, se refiere al de planeación (aquel que es contemplado en la etapa previa a que se concurre el proyecto) o de ejecución (el tiempo estipulado en el contrato); y si con “tiempo real”, es el de la fecha de inicio y término de las obras. En caso contrario, detalle de la manera posible, la información específica que requiere, y*
- 3. Será necesario que sirva determinar el periodo del cual solicita la información presupuestal en base a lo que le ha sido precisado en el numeral que antecede.”*

El día 17 de octubre, usted respondió lo siguiente:

“1. La información requerida es sobre presupuesto de inversión.

2. Con “tiempo programado” quería referirme al tiempo estipulado en el contrato. Con “tiempo real” a las fecha de inicio y término de las obras.

3. El periodo del que solicito la información comprende desde la fecha de inicio hasta el término de las obras.

Gracias”

En virtud de lo anterior, le comunico a usted que la Gerencia de Proyectos y Construcción informó que los proyectos de plantas criogénicas modulares estación no. 19, Reynosa (Plantas Criogénicas 1, 2, 3, 4, 5 y 6), se realizaron en 3 contratos, no obstante lo anterior, es importante precisar que dichas criogénicas fueron concebidas en un proyecto que incluía también diversa infraestructura del CPG Reynosa, el proyecto se denominaba “Plantas criogénicas modulares y terminales de recibo y distribución de GLP y gasolinas en la estación No. 19 Reynosa, Tamps.”, en virtud de lo anterior, a continuación encontrará la información con la que cuenta este Organismo de conformidad con el artículo 42 de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública Gubernamental:



PLANTAS	CONTRATO No.	OBJETO	TIEMPO PROGRAMADO ORIGINAL	TIEMPO REAL DESTINADO	MONTO ORIGINAL	MONTO DE TERMINACIÓN
CRIOGÉNICA 1 Y 2	PMX-GPB/OP-LI-007/2002	Construcción y Puesta en Operación de Dos Plantas Criogénicas Modulares y Terminal de Distribución de Gas LP y Gasolinas Naturales (Nafta Ligera y Nafta Pesada), Servicios Auxiliares, así como su Integración entre sí y con las Instalaciones existentes, en Reynosa, Tamps.	550 días naturales	590 días naturales	136,656,357.00 DLS.	136,656,357.00 DLS.
CRIOGÉNICA 3 Y 4	PG-OP-A-019/04P	Ingeniería Básica, la Ingeniería de Detalle y los permisos, para las Plantas Criogénicas 3 y 4, el suministro de materiales y refacciones, el suministro de herramienta especial, las obras civiles, las obras electromecánicas, las obras de instrumentación, control y telecomunicaciones, las pruebas de pre arranque, arranque, las pruebas de comportamiento y todas las demás obras, capacitación y apoyo técnico necesarios o vinculados con la terminación y puesta en operación de la Planta Criogénica 3 y la ampliación de la terminal de distribución de naftas ligeras y pesadas, del área de almacenamiento de gas LP, naftas ligeras y naftas pesadas, las instalaciones de Servicios Auxiliares y la Integración, en el CPG Burgos, en Reynosa, Tamaulipas.	607 días naturales	606 días naturales	133'699,111.00 DLS	133'699,111.00 DLS)
CRIOGÉNICA 4	PG-OP-A-006/05P	Construcción de la Planta Criogénica Modular 4 en el CPG Burgos en Reynosa, Tamaulipas.	487 días naturales	487 días naturales	36'572,499.00 DLS	36'572,499.00 DLS
CRIOGÉNICA 5 Y 6	PG-OP-L-044/06P	Desarrollo de la Ingeniería Básica y de la Ingeniería de Detalle, la obtención de los permisos, el suministro de materiales, la construcción, pruebas, capacitación, pruebas de pre arranque y pruebas de comportamiento y entrega de la documentación para las Plantas Criogénicas Modulares 5 y 6, así como las instalaciones de almacenamiento de productos, Servicios Auxiliares e Integración en el CPG Burgos en Reynosa, Tamaulipas.	741 días naturales	741 días naturales	A PRECIO ALZADO 262'564,721.83 USD Y A PRECIOS UNITARIOS 142'870,108.34 M.N.	A PRECIO ALZADO 262'564,721.83 USD Y A PRECIOS UNITARIOS 162'070,692.30 M.N.

En caso de que tenga alguna duda respecto a la respuesta otorgada por este Organismo ponemos a su disposición el correo electrónico norma.mayen@pemex.com. O bien si usted lo desea puede presentar nueva solicitud de información detallando su requerimiento a partir de la información que ahora se le proporciona, a fin de realizar una búsqueda precisa sobre los nuevos datos aportados.



GLOSARIO

Árbol de fallas: Consiste en un proceso deductivo basado en las leyes del Algebra de Boole. Consiste en descomponer sistemáticamente un suceso complejo denominado suceso TOP en sucesos intermedios hasta llegar a sucesos básicos para los cuales se puede calcular la probabilidad de fallos.

Árbol de eventos: Diagrama analítico inductivo en el que un evento es analizado usando una lógica booleana para examinar una serie cronológica de eventos subsecuentes o consecuencias.

Coalescencia: Es el proceso en el que dos dominios de fase de composición esencialmente idéntica entran en contacto para formar un dominio de fase mayor.

Construcción modular: Un producto que resulta de una serie de operaciones de montaje a distancia. Por lo general, es la unidad transportable más grande o componente de una instalación.

Entregable: Cualquier producto, resultado, o capacidad de prestar un servicio único y verificable que debe producirse para terminar un proceso una fase o un proyecto. A menudo se utiliza más concretamente con relación a un entregable externo, el cual está sujeto a la aprobación por parte del patrocinador del proyecto o el cliente.

Filtro coalescente: Filtro utilizado para purificar el aceite de su contenido de agua dentro de un proceso.

Dupont: Es una empresa multinacional de origen estadounidense, dedicada fundamentalmente a varias ramas industriales de la química, siendo una de las más grandes empresas de química del planeta.

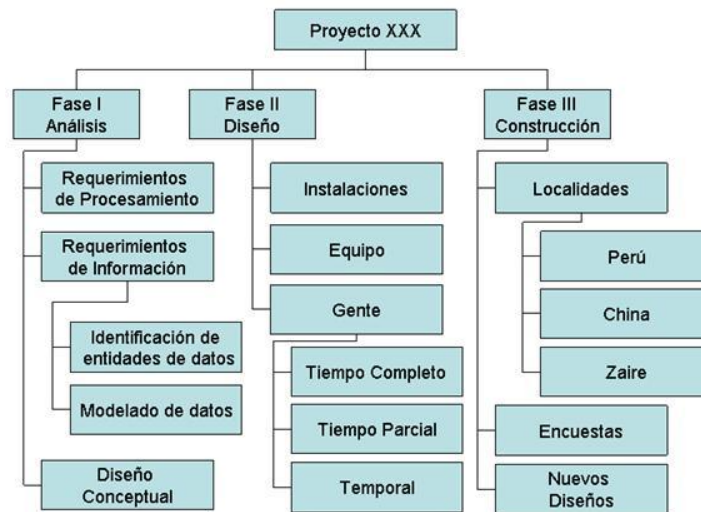
Entropía: En termodinámica, la entropía es una magnitud física que, mediante cálculo, permite determinar la parte de la energía que no puede utilizarse para producir trabajo.

Estructura desglosada de riesgo *Risk Breakdown Structure* (RBS): Representación jerárquicamente organizada de los riesgos del proyecto identificados y organizados por categoría.





Estructura desglosada de trabajo *Work Breakdown Structure (WBS)*: Es una técnica que proporciona las bases para la definición del trabajo basándose en la descomposición del mismo, se usa para definir el trabajo en términos de entregables y para la descomposición adicional de estos entregables en componentes.



Función cuantil: Es la inversa de su función de distribución. Cuando la función de distribución es estrictamente creciente, su inversa está definida sin ambigüedad. Pero una función de distribución se mantiene constante en todo intervalo en el cual la variable aleatoria no puede tomar valores. Es por esto que se introduce la siguiente definición.

Sea x una variable aleatoria con valores en R y F_X su función de distribución. Se llama función cuantil de X a la función de $[0, 1]$ en R , denotada por Q_X , que $a \in [0, 1]$ hace corresponder:

$$Q_X(u) = \inf\{x: F_X(x) \geq u\}$$

Gas LP (Gas Licuado del Petróleo): Es la mezcla de gases (mayoritariamente propano y butano) licuados presentes en el gas natural o disueltos en el petróleo.



Gas seco: Gas natural que contiene menos de 10% de hidrocarburos más pesados que el metano.

Hidratos o hidratos de metano: Los hidratos de metano son moléculas de metano en estructuras de moléculas de agua, que bajo condiciones de presión y temperatura que existen en el talud continental y en las regiones polares (permafrost) se convierten en sustancias sólidas cristalinas (hielos de metano). Se encuentran principalmente en los poros de los sedimentos arenosos cementándolos.

Hito: Permite definir las etapas principales o fechas de entrega del proyecto. Cada hito tiene una fecha de entrega y puede ser vinculada a una o más listas de tareas

Incertidumbre: Término que resume la vaguedad, la ambigüedad y contradicciones asociadas a la falta de claridad, debido a la falta de datos, detalles incompletos e inexactos, control limitado de actores relevantes del proyecto

Independent Project Analysis Institute: Es una consultoría de evaluación de proyectos y evaluación comparativa de sistemas de proyectos. Cuenta con un grupo de 140 profesionales para análisis e investigación de proyectos en siete oficinas en los cinco continentes, atiende clientes en los sectores de petróleo, química, farmacia, minería y fabricación de productos de consumo, entre otros.

MMPCS/D (MMSCF): Millones de pies cúbicos estándar por día

Nafta: Derivado del petróleo extraído por destilación directa

Plan de contingencia: Conjunto de procedimientos alternativos que describen los principales procedimientos y medidas a adoptar frente a eventos que pudieran acontecer durante la ejecución de un proyecto.

PMI Project Management Institute: Organización profesional más grande a nivel mundial dedicada al campo de la administración de proyectos

Proyecto IPC: método de entrega de proyectos que incluye responsabilidad de un proveedor único de diseño y construcción, contratos a precio fijo, además de que el contratista asume los riesgos de



costo, planeación y realización. Este método es particularmente aplicable a las instalaciones de manufactura, aquellas cuyo objetivo es generar un producto o productos específicos a partir de materias primas o no terminadas.

Proyecto: Un proyecto es un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único

Regla de Sturges: Propuesta por Herbert Sturges en 1926, es una regla práctica acerca del número de clases que deben considerarse al elaborarse un histograma.

Este número viene dado por la siguiente expresión:

$$c = 1 + \log_2 N, \text{ donde } N \text{ es el tamaño de la muestra.}$$

Que puede pasarse a logaritmo base 10 de la siguiente forma:

$$c = 1 + 3.322 \cdot \log N$$

El valor de c (número de clases) es común redondearlo al entero más cercano.

Riesgo: Es un evento incierto o condición que, de ocurrir, provoca efectos positivos o negativos en los objetivos del proyecto

Ruta Crítica: es la secuencia de los elementos terminales de la red de proyectos con la mayor duración entre ellos, determinando el tiempo más corto en el que es posible completar el proyecto. La duración de la ruta crítica determina la duración del proyecto entero. Cualquier retraso en un elemento de la ruta crítica afecta a la fecha de término planeada del proyecto, y se dice que no hay holgura en la ruta crítica.

Simulación: Generación de datos artificiales en un ordenador

Sistema de control distribuido: es un sistema de control aplicado a procesos industriales complejos en las grandes industrias como petroquímicas, papeleras, metalúrgicas, centrales de generación, plantas de tratamiento de aguas, incineradoras o la industria farmacéutica. Los primeros DCS datan de 1975 y controlaban procesos de hasta 5000 señales. Las capacidades actuales de un DCS pueden llegar hasta las 250.000 señales.



REFERENCIAS

- AUVAL, Performance Focus and Development SC. *Costo, tiempo, alcance... o calidad*. Octubre 14, 2010. <http://www.auval.com.mx/notas/costo-tiempo-alcance%E2%80%A6-o-calidad/> (Fecha de acceso Marzo 6, 2013).
- Bakr, Ali F, Khaled El Hagla, and Ayda Nayer Abo Rawash. "Heuristic approach for risk assessment modeling:EPCCM application (Engineer Procure Construct Contract Management)." *Alexandria Engineering Journal* (Elsevier) 51 (2012): 305-323.
- Baloi, Daniel, and Andrew D.F Price. "Modelling global risk factors affecting construction." *International Journal of Project Management*, 2003: 261-269.
- Chau, K W. "The validity of the triangular distribution assumption in Monte Carlo simulation of construction costs. Empirical evidence from Hong Kong." *Construction Management and Economics*, 1995: 15-21.
- Chou, Jui-Sheng. "Cost simulation in an item-based project involving construction engineering." *International Journal of Project Management* (Elsevier), Julio 2010: 706-717.
- Corinne , Alexander, and Maria I Marshall. "The Risk Matrix: Illustrating the Importance of Risk Management Strategies." *Journal of extension* 44, no. 2 (2006).
- Couoh Ramírez, Óscar. "Repositorio digital de la Facultad de Ingeniería - UNAM." mayo 8, 2012. <http://132.248.52.100:8080/xmlui/handle/132.248.52.100/730> (fecha de acceso noviembre 15, 2013).
- Elkjaer, Martin. "Stochastic Budget Simulation." *International Journal of Project Management* (Elsevier), 2000: 139-147.
- Fajardo, José Antonio de Jesús González. "Administración Efectiva de Proyectos de Construcción en el contexto de las PYMES." Mérida, Yucatán, Junio 18, 2010.
- Finance, Wiley. *Modeling Risk*. New Jersey: Wiley & Sons, 2006.
- Flanagan, Roger, and George Norman. *Risk Management and Construction*. Oxford: Blackwell Scientific, 1993.
- García, J. "Gestión de Riesgos en Proyectos de Construcción." *1er Congreso Iberoamericano de Ingeniería de Proyectos* . Chile: Antofagasta, 2010. 186-204.



- Hillson, David. "Developing Effective Risk Responses." *30th Annual Project Management Institute 1999 Seminars & Symposium*. Pennsylvania, Estados Unidos, 1999. 5.
- Hillson, David. "Extending the risk process to manage opportunities." *International Journal of Project Management* 20 (2002): 235-240.
- Hillson, David. "Use a Risk Breakdown Structure (RBS) to Understand Your Risks." *Journal of Facilities Management* 2, no. 1 (Octubre 2003): 85-97.
- Kendrick, Tom. "Identifying and Managing Project Risk: Essential Tools for Failure-proofing Your Project." by Kendrick Tom. Nueva York, Nueva York: AMACOM/American Management Association, 2009.
- Khamooshi, H. "Dynamic and practical approach to Project Risk Analysis and Management." *International Association of Management 2004 Conference Proceedings*. Association of Management, 2004. 10.
- Kindinger, John P, and John L Darby. "Risk Factor Analysis—A New Qualitative Risk Management Tool." *Proceedings of the Project Management Institute Annual Seminars & Symposium*. Houston, Texas, USA, 2000. 5.
- Klemetti, Anna. "Risk Management in Construction Project Networks." Reporte, Laboratory of Industrial Management, Helsinki University of Technology, 2006.
- Mehdizadeh, Rasool. "Dynamic and multi-perspective risk management of construction projects using tailor-made Risk Breakdown Structures." *Tesis de Doctorado*. Universite de Bordeaux, Junio 2013.
- México. "Ley Federal de Presupuesto y Responsabilidad Hacendaria." *Ley publicada en el Diario Oficial de la Federación el 30 de marzo de 2006*. Última reforma publicada 24-01-2014.
- Nistor, Razvan, and Horia Mircea Botoș. "Risk Management in projects and Risk Reduction." *4th edition of Managerial Challenges of the Contemporary Society*. Cluj-Napoca, Romania, 2011. 3.
- Panthi, Kamallesh, Syed M Ahmed, and Salman Azhar. "Risk Matrix as a Guide to Develop Risk Response Strategies." 2006.
- PEMEX Gas y Petroquímica Básica. *Conozca PEMEX*. Julio 13, 2012.
[http://www.gas.pemex.com.mx/PGPB/Conozca+Pemex+Gas/Infraestructura/Complejos+procesadores+de+gas+\(CPG\)/Burgos.htm](http://www.gas.pemex.com.mx/PGPB/Conozca+Pemex+Gas/Infraestructura/Complejos+procesadores+de+gas+(CPG)/Burgos.htm) (Fecha de acceso Noviembre 16, 2013).
- PEMEX Gas y Petroquímica Básica. 2012. <http://www2012.pemex.com/files/content/PGPB03.pdf> (fecha de acceso Noviembre 10, 2013).
- PEMEX Gas y Petroquímica Básica. *Procesos industriales*. Noviembre 2006.
<http://www.gas.pemex.com.mx/NR/rdonlyres/05E98E6D-E390-4A3D-AAC7-5E170558FA20/0/PROCESOSINDUSTRIALESnoviembre06.pdf> (Fecha de acceso Septiembre 20, 2013).



- PEMEX, Sistema Institucional de Desarrollo de Proyectos, cuarta versión, 2012.
- Piney, Crispin. "Risk Responses Planning: Selecting the Right Strategy." *The Fifth European Project Management Conference*. Cannes, Francia: PMI, Junio 2002. 19-20.
- PMI . *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK® Guide)*. Pensilvania, Newtown Square, 2013.
- RAMPBook. *RAMPBook*. 2009.
- Rodríguez-Aragón, Licesio J. "Universidad de Castilla-La Mancha." *Simulación, Método de Montecarlo*. Marzo 2011.
http://www.uclm.es/profesorado/licesio/Docencia/mcoi/Tema4_guion.pdf (Fecha de acceso Agosto 20, 2013).
- Tah, J.H.M, and V Carr. "Towards a framework for project risk knowledge management in the construction supply chain." *Advances in engineering software*, 2001.
- Touran, A, and E P Wiser. "Monte Carlo technique with correlated random variables." *Journal of Construction Engineering Management* 118 (1992): 258-272.
- Yosha, Rafael. "Make it not go wrong: risk management can keep projects from fulfilling Murphy's Law." *Industrial Engineer* 44, no. 6 (Junio 2012): 6.
- Zhang, Hongliang. "Two Schools of Risk Analysis: A Review." *Project Management Journal* 42, no. 4,5-18 (Julio 2011): 18.
- Zhang, Yao, and Zhi-Ping Fan. "An optimization method for selecting project risk response strategies." *International Journal of Project Management*, 2013: 11.

