

00521  
8



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

DIVERSOS ENFOQUES PARA LA ADMINISTRACION DE  
RIESGOS EN PROYECTOS.

Autorizo a la Direccion General de Bibliotecas  
UNAM a difundir en formato electronico e impres.  
entendido de mi trabajo de licenciatura.

NOMBRE: Lorena Anaya  
Chavez

FECHA: 8 Julio 2003

[Firma]

T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERA QUIMICA  
P R E S E N T A,  
LORENA LANAYA CHAVEZ



MEXICO, D.F.

EXAMENES PROFESIONALES  
FACULTAD DE QUIMICA

2003

A



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

Jurado asignado:

Presidente	Prof. <b>EDUARDO ROJO Y DE REGIL</b>
Vocal	Prof. <b>JOSÉ ANTONIO ORTÍZ RAMÍREZ</b>
Secretario	Prof. <b>HUMBERTO RANGEL DAVALOS</b>
1er. Suplente	Prof. <b>EZEQUIEL MILLÁN VELASCO</b>
2º Suplente	Prof. <b>RAMÓN RAMÍREZ MARTINELL</b>

Sitio donde se desarrollo el tema: **Coordinación de Información Digital**



---

**ING. JOSÉ ANTONIO ORTIZ RAMÍREZ**



---

**LÓRENA ANAYA CHÁVEZ**

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A LA UNAM**

Mi casa y mi hogar a la que le estaré eternamente agradecida. Por todos los profesores que me dieron sus conocimientos, por su dedicación gracias

### **AL INGENIERO ORTIZ**

Por su tiempo y paciencia.

### **A EDGAR**

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A MIS PADRES**

Por todo su apoyo y amor. Por lo orgullosa que estoy de ser su hija.

### **A MIS TÍAS MAGDA Y MAGDITA**

Por ser un apoyo y guía siempre en todo lo que hago y por las excelentes personas que son.

### **A MIS HERMANAS NIEVE, ROSI, PATY, VERO Y LULU**

Por su paciencia, ayuda y cariño.

### **A ARTURO**

Por todo el tiempo juntos.

### **A MI AMIGA ANITA**

Por su amistad y por ser la mujer ejemplar que es.

**A MIS AMIGOS LOS QUE HAN HECHO POSIBLE ESTA TESIS, POR SU AYUDA Y ALIENTO GRACIAS.**

**DIVERSOS ENFOQUES PARA LA  
ADMINISTRACIÓN DE RIESGOS EN PROYECTOS**

## ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>3</b>
<b>2. ASPECTOS GENERALES.....</b>	<b>6</b>
<b>3. ENFOQUES, HERRAMIENTAS Y MODELOS.....</b>	<b>11</b>
<b>3.1 ENFOQUES.....</b>	<b>11</b>
3.1.1 Enfoque General de las Cuatro Acciones .....	11
3.1.2 Enfoque Sistemático de las Cinco Fases de Administración de Riesgos .....	17
3.1.3 Enfoque de los Seis Pasos Según la Guía PMBoK .....	19
3.1.4 Enfoque de las Nueve Fases Genéricas .....	25
<b>3.2 HERRAMIENTAS.....</b>	<b>31</b>
3.2.1 Desglose de la Estructura de Trabajo (DET) .....	35
3.2.2 Tolerancia al Riesgo .....	36
3.2.3 Método Monte Carlo.....	37
3.2.4 Método de Árbol de Decisión .....	37
3.2.5 Matriz de Pago.....	37
3.2.6 Regla de Laplace .....	38
3.2.7 Método Delphi .....	38
3.2.8 Requisitos para un Efectivo Proceso de Administración de Riesgos .....	39
<b>3.3 MODELOS.....</b>	<b>45</b>
3.3.1 Modelo de Identificación de Riesgos en Proyectos Mediante el Sistema Basado en el Conocimiento (SBC) .....	45
3.3.2 Modelo de Aproximación Integral para el Desarrollo de la Respuesta al Riesgo en la Planeación de Proyectos .....	50
<b>4. TENDENCIAS FUTURAS.....</b>	<b>54</b>
<b>5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>58</b>
<b>6. EJEMPLOS .....</b>	<b>60</b>
<b>6.1 APLICACIÓN DEL SISTEMA BASADO EN EL CONOCIMIENTO (SBC).....</b>	<b>60</b>
<b>6.2 MATRIZ DE IMPACTO, PROBABILIDAD E INCERTIDUMBRE .....</b>	<b>69</b>
<b>7. GLOSARIO .....</b>	<b>83</b>
<b>8. REFERENCIAS.....</b>	<b>88</b>

## **1. INTRODUCCIÓN**

Todos los proyectos involucran un grado de riesgo, por lo que es necesario aplicar un esfuerzo temporal, dirigido a alcanzar una serie de resultados en cuanto a: tiempo predeterminado, costos y ejecución técnica y operacional involucrados con los objetivos de cada proyecto.

La necesidad de identificar efectivamente los riesgos inherentes en un proyecto y de enfrentarse a estos, ha generado mucho interés entre profesionales de la administración e investigadores académicos.

La administración de proyectos se desarrolla en un ambiente complejo y dinámico, que constantemente se enfrenta con riesgos e incertidumbres. Es por lo tanto indispensable que los administradores de proyecto deban considerar todos los factores de riesgo posibles, que afectan a un proyecto dado. Además, deben examinar el cómo estos factores interactúan en el proceso de toma de decisiones; cómo equilibrar opiniones e información subjetiva en la evaluación de riesgos e incertidumbres, y tomar acciones correctivas para controlar y manejar los riesgos identificados.

La idea de que la administración de riesgos debe ser parte importante e integral de la administración de proyectos, es hoy en día establecida adecuadamente. El Instituto de Administración de Proyectos (IAP ó PMI por sus siglas en inglés) en su libro "A Guide to the Project Management Body Knowledge," define administración de riesgos de proyectos como un subconjunto de la administración de proyectos con cuatro componentes de proceso: identificación del riesgo, cuantificación del riesgo, desarrollo de la respuesta al riesgo y control del riesgo. También, la asociación de administradores de proyecto del Reino Unido (APM por sus siglas en inglés), tiene publicada una caracterización algo más detallada, del proceso de administración de riesgos en proyectos, la cual distingue nueve "fases" o componentes del proceso.

En la práctica, los métodos que manejan riesgos puede resumirse en dos categorías: los métodos de ajuste de riesgo simples y los que usan técnicas de análisis probabilístico de riesgo. Los métodos de ajuste de riesgo simples están basados en arreglos intuitivos y subjetivos, ya sea para flujos de efectivo o modelos de evaluación, aumentando la tasa de descuento o reduciendo el periodo del reembolso para proyectos de alto riesgo. Estos métodos son fáciles de utilizar pero pueden llevar a administradores a aceptar decisiones contra sus intenciones originales, si las suposiciones no se entienden claramente. En contraste, las técnicas de análisis probabilístico de riesgo requieren un análisis riguroso y están basadas en un conocimiento integral del riesgo, asociado con variables críticas y sus probabilidades, y proporcionan información cuantitativa sobre el riesgo inherente en un proyecto. Estas técnicas forman las bases para desarrollar y evaluar acciones de respuesta al riesgo y para comprender y controlar los riesgos identificados.

Existe un concepto general erróneo, en cuanto a que se presentan dificultades en la obtención de datos para la estimación y valoración de probabilidades, además, que la administración de riesgo requiere una exacta medida y valoración de riesgo. De hecho, la administración de riesgo les exige a los analistas determinar las distribuciones de



probabilidad de cada uno de los factores de riesgo, muchas de las cuales son determinadas empleando información subjetiva. Por otro lado, si la información objetiva está disponible, puede usarse para la evaluación de distribuciones de probabilidad. Varios paquetes del software están disponibles para adaptarlos a distribuciones de probabilidad apropiadas, para un determinado factor de riesgo basados en los datos disponibles. De igual forma, la disponibilidad de técnicas de administración de riesgos, simples pero claras, para estimar parámetros estadísticos y/o las probabilidades, le permitirían a administradores de proyecto superar estos problemas de valoración de probabilidad.

Estudios recientes indicaron que los procesos de administración de riesgo (PAR) no se aceptan ampliamente en administración de proyectos<sup>1</sup>. Las mayores limitaciones en la aplicación de estos es el tiempo involucrado en su uso, la dificultad de obtención de datos para estimar y valorar sus probabilidades, la resistencia humana y administrativa al cambio, la dificultad para entender e interpretar los resultados del proceso de administración de riesgo y el descubrimiento de nuevos procesos de administración de riesgo disponibles.

Al parecer, el tiempo involucrado en el uso de procesos de administración de riesgos, parece preocupar a la mayoría de los administradores de proyectos cuando van a identificar y evaluar riesgos. Indudablemente, ejecutar análisis probabilístico de riesgo requiere más tiempo y esfuerzo que usar los tradicionales métodos simples de ajuste de riesgo. Sin embargo, con la ayuda de las computadoras y el uso de sistemas de software, el tiempo real empleado para llevar a cabo el análisis, puede reducirse significativamente.

Con respecto a la resistencia humana y organizacional a cambiar, las personas con conocimientos básicos en estadística y otros métodos cuantitativos de análisis encontrarán que existen técnicas de administración de riesgo que no son difíciles de usar. El entrenamiento y la educación en el uso de conceptos básicos, técnicas estadísticas y probabilísticas y el uso de los sistemas de software, facilitarán a encargados de proyecto el empleo de métodos de administración de riesgo. Asimismo, a medida que las técnicas de administración de riesgo se pongan en ejecución y se utilicen por cierto tiempo, la resistencia humana y organizacional disminuirá, puesto que se darán cuenta de las ventajas que ellas proporcionan.

Los requisitos para un proceso efectivo de administración de riesgos, llevado a cabo por un participante del proyecto, están asociados con el contexto del proyecto y las características del participante. El contexto del proyecto puede ser caracterizado por la naturaleza de este, el medioambiente de trabajo, la compatibilidad y acción de los participantes y el progreso del proyecto hasta el momento (si ya comenzó). Las características relacionadas con un participante del proyecto, en particular incluyen motivación, capacidad y comprensión de su responsabilidad dentro de la administración de riesgos del proyecto.

Finalmente, los beneficios percibidos en la administración de riesgo pueden ser sustanciales. Los métodos de administración de riesgo formales pueden proporcionar una visión útil en el proyecto y más información para mejorar la calidad de las decisiones que deben tomarse. Además, incrementan la comunicación entre administradores, haciendo más ágil la aceptación de propuestas y mejorando la ejecución final del proyecto.

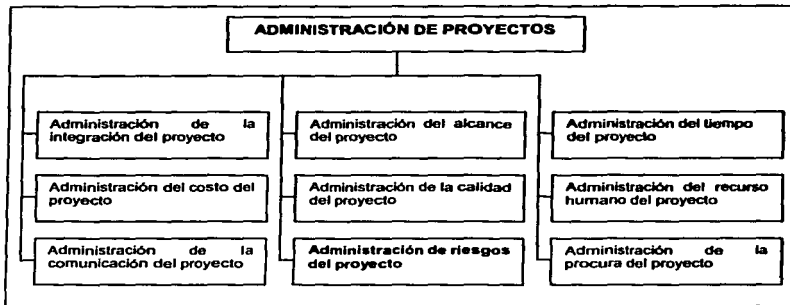
<sup>1</sup> WARD, Stephen. "Requirements for an Effective Project Risk Management Process". Project Management Journal, Sep 1999, Vol. 30, No.3, pp. 37-43. Reino Unido

La administración de riesgos puede justificarse en casi todos los proyectos. El nivel de aplicación puede variar de proyecto a proyecto y puede depender de cosas como el tipo y tamaño de proyecto, el plan estratégico corporativo y su cultura corporativa. El análisis de riesgo es particularmente importante cuando los riesgos globales son altos y cuando existe mucha incertidumbre en un proyecto. En el pasado, se trataba a los riesgos como un "vivamos con ellos" hoy, la administración de riesgos es parte del proceso de hacer negocios. Obliga a que se enfoquen en el futuro donde la incertidumbre continúa aumentando.

El objetivo de este trabajo, es proveer de una visión útil a las personas interesadas en la administración de riesgos en proyectos, al presentar los enfoques más importantes y actuales, así como algunas herramientas y métodos en el ámbito de la administración de riesgos, basándose en un exhaustivo trabajo de investigación, para reforzar esta área tan importante y poco tomada en cuenta.

## 2. ASPECTOS GENERALES

A menudo se llevan a cabo proyectos como un medio para lograr el plan estratégico de una organización. Un **proyecto** puede definirse así en función de sus características distintivas como: un esfuerzo temporal emprendido para crear un producto o servicio único. Esfuerzos *temporales* puesto que cada proyecto tiene un principio y final definido. Producto o servicios *únicos* puesto que el producto o el servicio es diferente de alguna manera, distinguiéndose de todos los otros productos o servicios. Para muchas organizaciones, los proyectos son un medio para responder a esas demandas, que no pueden dirigirse dentro de los límites operacionales normales de la organización.



**Figura 1.** Visión global de las áreas del conocimiento de la administración de proyectos y los procesos de administración de proyectos. (PMI, Guía PMBoK, 2000)

La **administración de proyectos** es la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades del proyecto, con el fin de satisfacer los requerimientos de éste. La administración del proyecto se logra a través del uso de los procesos siguientes: iniciación, planeación, ejecución, control, y cierre. El equipo del proyecto administra el trabajo de los proyectos y este trabajo involucra típicamente:

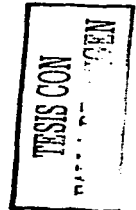
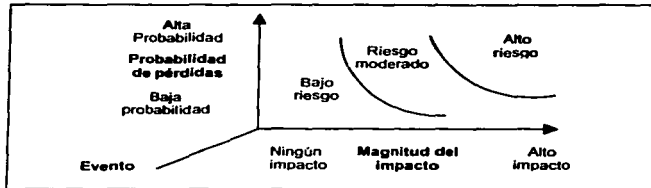
- Competencia por las demandas de: alcance, tiempo, costo, riesgo y calidad
- Interés por las diferentes necesidades y expectativas del cliente
- Identificación de los requerimientos del proyecto

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

La **administración de riesgos** es un proceso sistemático que identifica, analiza y responde a los riesgos de un proyecto. Esto incluye maximizar la probabilidad y las consecuencias de los eventos positivos y minimizar la probabilidad y consecuencia de los eventos negativos para los objetivos del proyecto.

Existen distintos enfoques respecto a la definición de riesgo, algunos autores consideran al riesgo como eventos que ocasionan efectos negativos dentro del proyecto, puesto que este tipo de riesgo es más común, sin embargo, algunos otros autores consideran dos tipos de riesgos, con efectos negativos y positivos; al respecto se presentan las definiciones más comúnmente empleadas:

- *Un riesgo de proyecto es un evento o condición incierto que, si este ocurre, tiene un efecto positivo o negativo en el objetivo del proyecto. Por lo tanto un riesgo tiene una causa y por consiguiente un efecto.*<sup>2</sup>
- *El riesgo es la medida de la probabilidad y consecuencia de no lograr una meta del proyecto definida, y tiene tres componentes primarios:*
  - *Un evento (un cambio no deseado)*
  - *Una probabilidad de ocurrencia de ese evento*
  - *Impacto de ese evento (cantidad arriesgada)*



**Figura 2.** Riesgo global, función de los componentes de riesgo. (HAROLD Kerzner, *Project Management*, 1997, USA.)

Conceptualmente, el riesgo para cada evento puede definirse como una función de incertidumbre y daños; es decir:

$$\text{Riesgo} = f(\text{evento, incertidumbre, daños})$$

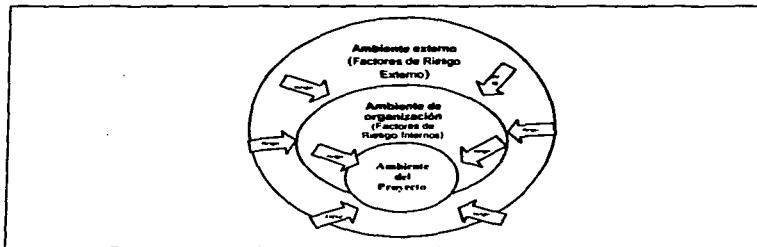
<sup>2</sup> Project Management Institute (2000). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge*. Project Management Institute, Pennsylvania, PA.

En algunos enfoques, conforme la incertidumbre o el daño aumentan, el riesgo también aumenta. Por lo tanto la incertidumbre y el daño deben ser considerados en un análisis de riesgos. Ya que el riesgo constituye una falta de conocimiento de eventos futuros, se define el riesgo como el efecto acumulativo que eventos adversos podrían tener en los objetivos del proyecto.<sup>3</sup>

Otro elemento de riesgo es la causa del riesgo. Algo o la falta de algo, induce una situación de riesgo. A esta fuente de peligro se le conoce como el riesgo. Ciertos riesgos pueden ser superados en gran parte conociéndolos y tomando acciones para superarlos. Esto lleva a la ecuación conceptual:

$$\text{Riesgo} = f(\text{peligro, precaución})$$

Según Leung, Chuah y Tummala<sup>4</sup> el riesgo del proyecto se define como un evento indeseable que disminuye la posibilidad de lograr los objetivos del proyecto, esto es: programa, presupuesto y ejecuciones técnicas y operacionales. Los riesgos del proyecto pueden ser internos a la organización en la que el proyecto se lleva a cabo, o externos a la organización dentro del ambiente en el que se desarrolla, como se muestra en la Figura. 3.



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Figura 3. Categorías generales de los riesgos. (LEUNG, Chuah, y Tummala, Omega, 1998)

Los cambios en el ambiente externo tienen un efecto significativo en la organización y pueden llevar a la modificación del plan estratégico y de la administración, si se ven afectados. De igual forma, los cambios en el plan estratégico pueden llevar a cambios en el ambiente de trabajo del proyecto. Por consiguiente, cambios del mundo externo

<sup>3</sup> HAROLD Kerzner, Ph.D. Project Management: A systems approach to planning, scheduling and controlling. (1997). John Wiley and Sons. Inc. 6a. Edición. Pp.867-926. USA.

<sup>4</sup> LEUNG, H. M., Chuah, K.B. y Rao Tummala, "V.M. A Knowledge-based System for Identifying Potential Project Risk". Omega (Oxford). (1998). Vol.26, No.5, pp. 623-638. Gran Bretaña.

causados por factores de riesgo ingobernables como cambios en la inflación y tipos de cambio, así como cambios en las condiciones del mercado global, pueden identificarse como factores de riesgo externos, que están separados de los cambios en el alcance del proyecto como: requisitos técnicos, omisiones, y así, que son determinados como factores de riesgo internos. En la Figura 4 se muestran las fuentes de estos factores de riesgo externos e internos.



**Figura 4.** Clasificación de los factores de riesgo. (LEUNG, Chuah y Rao. *Omega*. Oxford, 1998.)

Como se muestra en la Figura 4 existen factores externos e internos; dentro de los factores de riesgo externos hay tres clases principales. Estas tres clases principales son: factores financieros y económicos, factores políticos y ambientales, y factores naturales.

**Factores Financieros y Económicos:** la mayoría de los riesgos que se desarrollan en proyectos de construcción están relacionados con factores financieros. Los costos más importantes de los proyectos están influenciados a través de fluctuaciones en los tipos de cambio de divisas contra el dólar, inflación y muchos otros factores financieros y económicos.

**Factores Políticos y Ambientales:** estos riesgos pueden surgir de las interacciones entre el gobierno y el ambiente circundante o sociedad. Típicamente, estos afectan en su mayoría a proyectos extranjeros o proyectos internacionales. Los factores de riesgo usuales en esta área incluyen: cambios en leyes y regulaciones, permisos y aprobaciones del gobierno, cambios en leyes de contaminación y consultas públicas.

**Factores naturales:** son los riesgos que ocurren debido a la fuerza de la naturaleza llamados fenómenos naturales. Los riesgos comunes bajo esta categoría son aquellos relacionados con daños y perjuicios físicos así como lesiones personales, debido a terremotos, diluvios, incendios, derrumbes, entre otros.

De igual manera, los factores de riesgo internos también son divididos en tres clases que incluyen: factores de diseño, factores relacionados al sitio de trabajo y factores operacionales y administrativos.

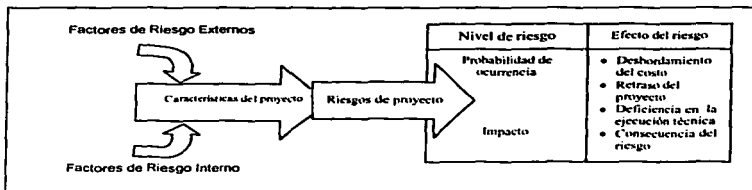
TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

**Factores de Diseño:** riesgos normalmente incurridos por los profesionales de la planeación, estos incluyen: plan defectuoso, especificaciones ambiguas, errores y omisiones en el diseño y análisis geológico inexacto.

**Factores Relacionados al Sitio de Trabajo:** cada sector de la industria de la construcción tiene sus propios riesgos relacionados al sitio de trabajo. Estos factores de riesgos generalmente se relacionan a la disponibilidad y productividad del personal, sitio y otras condiciones.

**Factores Operacionales y Administrativos:** éstos factores de riesgo incluyen precaución insuficiente, falta de evaluación, falta de coordinación, falta de técnicas, equipos dañados, escasez de recursos, y así sucesivamente.

Los riesgos del proyecto pueden caracterizarse y ser medidos, numerando sus consecuencias y evaluando su impacto y probabilidad de ocurrencia. En la fase de medida de riesgo y valoración de riesgo, necesitamos determinar las consecuencias de riesgos del proyecto junto con la magnitud de su impacto y probabilidades de ocurrencia. Por consiguiente, la relación entre un factor de riesgo, el impacto de riesgo y su probabilidad de ocurrencia, así como la exposición del riesgo en el proyecto, puede ser presentada por un mecanismo de causas de riesgo como el mostrado en la Figura 5.



**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**Figura 5. Riesgos de Proyecto y Mecanismo de Causas de Riesgo.** (LEUNG, Chuah y Rao Tummala. *Omega*, Oxford, 1998)

Como se mencionó antes pueden medirse los efectos de un factor de riesgo en función del aumento en su costo, retraso del proyecto y la deficiencia en las ejecuciones técnicas y de calidad operacional. Es más, algunos riesgos del proyecto pueden provocar otros riesgos, llamados "riesgos consecuentes o secundarios", si ninguna estrategia de reducción de riesgo se utiliza.

### 3. ENFOQUES, HERRAMIENTAS Y MODELOS

Un sistema de administración de riesgos está diseñado para ser más que una simple identificación de riesgos. El sistema también debe cuantificar el riesgo y debe predecir su impacto en el proyecto.

Varios autores han formulado métodos de administración de riesgos diferentes. Tonelero y Chapman<sup>5</sup> identificaron el método de administración de riesgo como un "análisis de riesgo" multifase el cual cubre identificación, evaluación, control y administración del riesgo. Hertzio y Thomas<sup>6</sup> lo propusieron como una sucesión lógica de pasos que consisten en identificación, medida y evaluación de riesgo y re-evaluación. Por otro lado, Charette trató el análisis de riesgos y administración de riesgos como dos conceptos separados, y definió riesgo de ingeniería como un proceso que consiste en dos fases: el análisis de riesgo y la administración de riesgo.

A continuación se presentan los distintos enfoques referidos en la literatura, así como las herramientas y modelos propuestos por distintos autores, pioneros y especialistas en el ámbito de la administración de riesgos.

#### 3.1 ENFOQUES

##### 3.1.1 Enfoque General de las Cuatro Acciones <sup>7</sup>

Este enfoque es presentado por Harol Kezner, propone que es importante establecer una estrategia de administración de riesgos en una fase temprana del proyecto y que el riesgo debe ser administrado continuamente a lo largo del ciclo de vida del proyecto. La administración de riesgos incluye varias acciones: la identificación del riesgo, la cuantificación de riesgo, la respuesta al riesgo y el control del riesgo.

- *Identificación del riesgo.* Éste es el proceso de examinar una situación, identificando y clasificando las áreas de riesgo potenciales.
- *Cuantificación del riesgo.* Esta fase requiere realizar el análisis, para determinar la probabilidad de eventos y las consecuencias asociadas con su ocurrencia. Existen muchas herramientas para ayudar al análisis cuantitativo, tales como programas y modelos de costos y de tiempo del ciclo de vida. El propósito del análisis de riesgo es descubrir la causa, los efectos y la magnitud de los riesgos percibidos, así como desarrollar y examinar las alternativas de control y mitigación.

<sup>5</sup> CHAPMAN, C. y Ward, S. Project Risk Management: Processes, Techniques and Insights. (1997). John Wiley and Son, USA

<sup>6</sup> HERTZ, D.B. y Thomas, H. Risk analysis and Its Application. Wiley, Chichester, (1983).

<sup>7</sup> HAROLD Kezner, Ph.D. Project Management: A systems approach to planning, scheduling and controlling. (1997). John Wiley and Sons, Inc. 6a. Edición. Pp.867-926. USA.



- **Respuesta al riesgo.** Esta fase incluye el desarrollo de técnicas y métodos para reducir y/o controlar el riesgo. No hay administración de riesgo, si no hay ninguna previsión para manejar el riesgo identificado y cuantificado.
- **Control del riesgo.** Esta fase incluye métodos para documentar las lecciones aprendidas en administración de riesgos, para beneficiar a los futuros administradores que toman las decisiones importantes del proyecto.

### *Identificación del riesgo*

El primer paso en la administración de riesgos es identificar y evaluar todas las áreas potenciales de riesgo. La minuciosidad con la que esta identificación es cumplida, determinará la efectividad de la administración de riesgos. No todos los riesgos son de alto nivel, esto es, que tendrán un impacto crítico en un proyecto, sin embargo, el efecto acumulativo de combinar algunos riesgos de bajo nivel podría tener un impacto severo en el proyecto.

Los métodos para identificar riesgos son numerosos. La práctica común es clasificar los riesgos del proyecto según la fuente, en lugar del impacto o probabilidad de ocurrencia, porque es la fuente lo que se puede controlar. La mayoría de las fuentes pueden ser objetivas o subjetivas.

- **Fuentes objetivas:** experiencias guardadas de proyectos pasados y/o del proyecto actual, cuando procede. Ejemplos:
  - ❖ Archivos de información histórica ó lecciones aprendidas.
  - ❖ Evaluaciones de los programas de documentación.
  - ❖ Datos de proyectos actuales
- **Fuentes subjetivas:** experiencias basadas en conocimientos de expertos. Ejemplos:
  - ❖ Pueden ser de forma optimista, y estimaciones pesimistas junto con algunos parámetros en forma de distribución.
  - ❖ Puede ser consumidores de tiempo y caros.

Los riesgos también pueden identificarse según las fases del ciclo de vida del proyecto, como se muestra en la Figura 6. En las fases tempranas del ciclo de vida, el riesgo total del proyecto es alto debido a la falta de información. En las fases avanzadas del ciclo de vida, el riesgo financiero puede ser el más grande.

Cualquier fuente de información que permita el reconocimiento de un problema potencial, puede usarse para la identificación de riesgos. Éstas fuentes incluyen:

- Documentación de sistemas de ingeniería
- Análisis de costos del ciclo de vida del proyecto
- Desglose de estructuras de trabajo DET (WBS por sus siglas en ingles)
- Análisis de la estructura del proyecto
- Estimación de costos (inicio del proyecto)
- Archivos de información histórica
- Adopción del análisis

- Medida, planeación y análisis de la ejecución técnica (TPM por sus siglas en inglés)
- Modelos
- Lluvia de ideas
- Opiniones de expertos

Las técnicas de opiniones de expertos son aplicadas no solo en la identificación de riesgos, también para prever y tomar decisiones. Una de estas técnicas es el método Delphi que se describe en el punto 3.2.7.

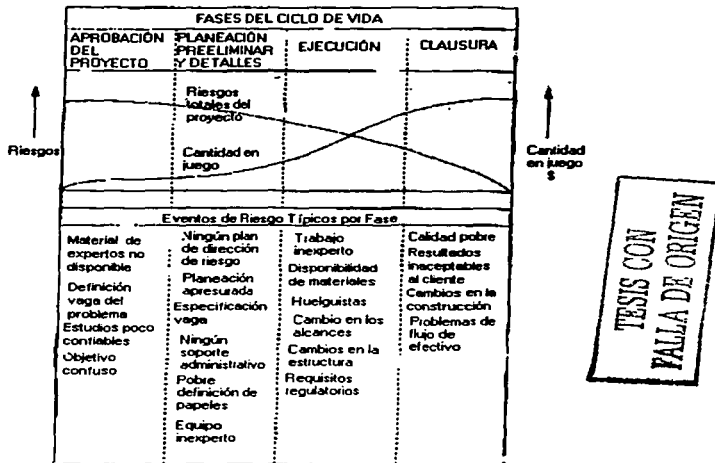


Figura 6. Análisis de riesgos en el ciclo de vida de un proyecto. (HAROLD Kerzner, Ph.D. *Project Management*. (1997). USA.)

#### Cuantificación del Riesgo

La última fase de la administración de riesgos es la mitigación del riesgo, la cual implica revisar cada una de las estructuras, presupuestos y alcance del proyecto o la calidad, tal que la incertidumbre del proyecto se reduzca sin algún impacto significativo en los objetivos. La mitigación requiere una cuantificación del riesgo jerarquizada, para

determinar el impacto en el proyecto. A veces se considera la cuantificación de riesgo y el análisis de impacto como el mismo. Matemáticamente podemos escribirlo como:

$$\text{Impacto del riesgo} = (\text{probabilidad del riesgo}) \times (\text{consecuencia del riesgo})$$

Describir y cuantificar un riesgo específico y determinar la magnitud de ese riesgo requiere usualmente algún modelo. Herramientas típicas para el análisis de riesgos son:

- Análisis de redes
- Análisis del costo en el ciclo de vida
- Análisis del modelo de reacción rápida
- Análisis probabilístico
- Análisis gráfico
- Estimación de relaciones
- Análisis de decisión
- Técnica Delphi
- Simulación del Desglose de la Estructuras de Trabajo (DET)
- Análisis lógico
- Análisis de la Estimación del Costo y Evaluación de los Riesgos Totales ECERT (TRACE por sus siglas en inglés Total Risk Assessing Cost Estimates)
- Simulador Monte Carlo

Los dos primeros modelos se usan para examinar el programa y los costos de riesgo en el proyecto. El modelo de reacción rápida se usa para responder a los desafíos de fondos que pueden presentarse en el proyecto. Estos desafíos prevalecen justo antes de la producción máxima y pueden afectar severamente la ejecución del proyecto. El modelo de reacción rápida también permite examinar el impacto de los costos, en la asignación de presupuesto en la planeación de varias opciones.

El modelo de análisis de redes identifica las interacciones más importantes de las principales actividades a lo largo de un proyecto o una fase del proyecto, modelos más modernos permiten que la probabilidad de cada actividad pueda ser variada, para que los parámetros claves del modelo de costo total o programa puedan examinarse. Esta información se usa para determinar la asignación de recursos prioritarios.

### *Respuesta al Riesgo*

Previo al último propósito de la administración de riesgos, que es la el control y/o la mitigación de riesgos, se toman las acciones apropiadas para lograr los objetivos del proyecto revisando el programa, el presupuesto, el alcance y/o la calidad del proyecto. Las acciones apropiadas son técnicas que seleccionamos para responder a los riesgos. Hay varios factores que pueden influir en la selección de una respuesta al riesgo:

- Falta de información sobre los peligros que causaron el riesgo (incertidumbre descriptiva)
- Falta de información de la magnitud de los daños (incertidumbre de la medida o dimensiones)
- Falta de información sobre la probabilidad de ocurrencia

- **Beneficio que obtiene un administrador de proyectos por aceptar el riesgo (riesgo voluntario)**
- **Riesgo forzado sobre el administrador del proyecto (riesgo involuntario)**
- **Confusión y evasión del riesgo**
- **Existencia de alternativas rentables (riesgo justo)**
- **La existencia de alternativas de alto costo o posible falta de opciones (riesgo injusto)**
- **Duración de la exposición al riesgo.**

Las técnicas para reducir y controlar riesgos se encuentran dentro de las siguientes categorías:

- ***Evasión***: El administrador de proyectos dice: "No admitiré estas opciones debido a los resultados potencialmente desfavorables."
- ***Reducción (i.e. prevención o control)***: El administrador de proyecto dice: "Tomaré las medidas necesarias, exigidas para controlar este riesgo reevaluándolo y desarrollando planes de contingencia continuamente."
- ***Adopción (i.e. retención)***: El administrador de proyectos dice: "Sé que el riesgo existe y soy consciente de las posibles consecuencias. Aceptaré las consecuencias si deben ocurrir."
- ***Transferencia (i.e. desviación)***: El administrador de proyectos dice: "Compartiré este riesgo con otros (compañías) o transferiré el riesgo entero a estos. Quizás puedo convertir el riesgo en una oportunidad."
- ***Conocimiento e investigación***: El administrador de proyectos dice: "Desarrollaré pruebas extensas y planeare las simulaciones para predecir los resultados."

Los administradores de riesgos utilizan métodos, técnicas y herramientas disponibles en disciplinas de análisis de decisión, para determinar el curso preferido de las acciones que se implementarán en la administración de riesgos. Además, los principios del análisis de utilidad y de toma de decisión bajo incertidumbre, proporciona herramientas útiles en muchas aplicaciones. Una herramienta de reducción de riesgo especial desarrollada por el Ejército del Reino Unido, es la Estimación del Costo y Evaluación de los Riesgos Totales (ECERT). El principio del ECERT es considerar el costo de riesgo para ordenar y agrupar los recursos, comparando estos con la evaluación total del riesgo, para repartirlos de acuerdo a las necesidades que se presenten durante el tiempo en el que se desarrolla el proyecto.

### *Control del Riesgo*

Los riesgos identificados deben ser manejados para atenuar, en la medida que los recursos lo permitan, su potencial de afectar adversamente el programa. Todos los niveles de la administración deben ser sensibles a las "trampas ocultas" que pueden inducir un falso sentido de seguridad. Si se están interpretando correctamente, estas señales indican realmente un problema que se puede convertir en una fuente de conocimiento de riesgos. Cada trampa se acompaña generalmente de varias "señales de peligro" que muestran un problema que se aproxima.

La habilidad de convertir trampas en ventajas sugiere que muchos de los riesgos técnicos en un programa pueden mitigarse activamente, no solo es importante identificarlas y mitigarlas después de que el riesgo ocurre.

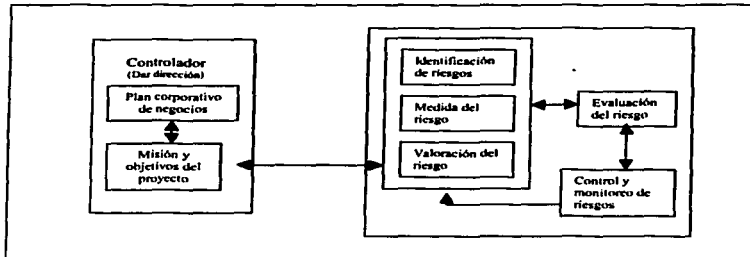
Se piensa que las trampas son problemas potencialmente sugestivos y que deben examinarse cuando aparecen. También es importante reconocer que las fuentes y tipos de riesgo evolucionan con el tiempo. Los riesgos pueden llevar un tiempo largo para que se conviertan en problemas. Se debe poner atención para examinar los riesgos y las lecciones aprendidas o la información histórica.

Las lecciones aprendidas pueden documentarse para que los futuros administradores de proyectos puedan aprender de los errores del pasado.

La experiencia es un excelente maestro en la identificación de riesgos y en la reducción de estos, sin embargo, no importa que tanto se intente, los riesgos ocurrirán y los proyectos sufrirán las consecuencias si no se toman las medidas apropiadas.

### 3.1.2 Enfoque Sistemático de las Cinco Fases de Administración de Riesgos<sup>a</sup>

Un proceso de administración de riesgos debe ser aplicado en todo el ciclo de vida de un proyecto. Los procesos de administración de riesgos (RPM's por sus siglas en inglés *Risk Management Process*) más específicos, son descritos en términos de fases (etapas) las cuales están compuestas en una variedad de formas, algunas relacionadas a tareas (actividades) y otras a entregables. La figura 7 muestra la estructura del Proceso de Administración de Riesgos presentado por Rao Tummala.



TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

Figura 7. El proceso sistemático de administración de riesgos. (RAO Tummala, *Omega*, Oxford, 1998.).

Los procesos de administración de riesgos se han incorporado en el desarrollo de los modelos de administración de riesgos, para evaluar y manejar riesgos en diferente escenarios industriales.

Aunque los métodos cambian unos de otros, se pueden identificar ciertos elementos que son comunes a todos estos métodos. Estos elementos centrales incluyen: la identificación de riesgo, la medida de riesgo, la valoración de riesgo, la evaluación de riesgo, el control del riesgo y el monitoreo. Tummala desarrolló una metodología que gobierna estos cinco elementos centrales como se muestra en la figura y lo llamó el proceso sistemático de administración de riesgos. Este proceso empieza identificando una estratégica del proyecto junto con la misión del proyecto, asociadas a una meta y sus objetivos; esto formará por supuesto, una parte integral de la estrategia del proyecto.

La estrategia resultante que se presenta a partir de la integración de todos estos elementos, constituiría el conducto de la metodología del proceso sistemático. La identificación de riesgo, la medida de riesgo, y la valoración de riesgo constituyen el

<sup>a</sup> LEUNG, H. M., Chuah, K.B. y Rao Tummala, V.M. "A Knowledge-based System for Identifying Potential Project Risk". *Omega* (Oxford). 1998, Vol.26, No.5, pp. 623-638. Gran Bretaña.

conjunto básico de herramientas requeridas para identificar factores de riesgo potenciales y para numerar y evaluar el impacto de la consecuencia de los factores de riesgo identificados.

La evaluación de la probabilidad de ocurrencia, de las consecuencias de los riesgos identificados y el desarrollo de los perfiles del riesgo correspondientes, son necesarios para el logro de los objetivos del proyecto. En la fase de evaluación de riesgo, los administradores de proyecto deben poder evaluar varias alternativas de decisión basadas en los perfiles de riesgo generados, usando la identificación del riesgo, la medida de riesgo y la valoración del riesgo y deben escoger un curso apropiado de acción para contener y controlar estos riesgos. La fase final, control y monitoreo de riesgo, sirve para una revisión y evaluación periódica de progreso del proyecto para el administrador y el personal que está envuelto en la ejecución del proyecto.

### 3.1.3 Enfoque de los Seis Pasos Según la Guía PMBoK<sup>9</sup>

Los pasos a seguir en proceso de administración de riesgos según la Guía PMBoK del Instituto de Administración de Proyectos son:

- Planeación de la administración de riesgo
- Identificación del riesgo
- Análisis cualitativo del riesgo
- Análisis cuantitativo del riesgo
- Planeación de respuesta al riesgo
- Control y monitoreo del riesgo

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Visión Global de la Administración de Riesgos en Proyectos



**Figura 8.** Visión Global de la Administración de Riesgos en Proyectos.  
(PMI, Guía PMBoK, 2000)

#### *Planeación de la administración del riesgo*

La planeación de la administración del riesgo es un proceso de decidir cómo acercarse o iniciar y planear las actividades de administración de riesgo para un proyecto. Es importante la planeación para los procesos de administración de riesgos, para asegurar que el nivel, tipo y claridad de estos procesos sean apropiados al tipo de riesgo y al proyecto que se están manejando.

<sup>9</sup> Project Management Institute. A Guide to the Project Management Body of Knowledge. (2000). Project Management Institute, Pennsylvania, PA.



**Tabla 1. Fase de Planeación**

Entradas	Herramientas y Técnicas	Salidas
Programas del proyecto	Reuniones para planificar	Plan de administración del riesgo
Políticas de administración de riesgos en la organización.		
Definición de papeles y responsabilidades		
Tolerancia al riesgo		
Plantilla para el plan de administración de riesgo		
DET		

(PMI, Guía PMBoK, 2000)

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

**Identificación del Riesgo**

La identificación de riesgos determina qué riesgos podrían afectar al proyecto y documenta sus características.

El equipo de identificación de riesgo generalmente incluye las siguientes personas, como sea posible: equipo del proyecto, equipo de administración de riesgos, expertos de la materia en la compañía, otros administradores del proyecto y expertos externos.

La identificación de riesgos es un proceso iterativo. La primera iteración puede ser realizada por una parte del equipo de proyecto o por una del grupo de administración de riesgos. El equipo del proyectos y los involucrados primarios, pueden hacer una segunda iteración. Para lograr un análisis imparcial, personas que no están envueltas en el proyecto pueden realizar la iteración final.

A menudo pueden desarrollarse respuestas de riesgo simples y eficaces, incluso estas pueden llevarse a cabo en cuanto el riesgo sea identificado.

**Tabla 2. Fase de Identificación**

Entradas	Herramientas y técnicas	Salidas
Plan de administración de riesgo	Análisis de la documentación	Riesgos
Planeación de salidas del proyecto	Técnicas de información	"Detonantes"
Categorías de riesgo	Lista de verificación (Checklists)	Entradas para otros procesos
Información histórica	Adopción del análisis	
	Técnicas de diagramas	

(PMI, Guía PMBoK, 2000)

### Análisis Cualitativo del Riesgo

El análisis cualitativo es el proceso de evaluación del impacto y probabilidad de los riesgos identificados. Este proceso prioriza los riesgos según su efecto potencial en los objetivos del proyecto. El análisis de riesgo cualitativo es una manera de determinar la importancia de dirigir riesgos específicos y la respuesta a estos riesgos. Las acciones relacionadas con el tiempo, muestran la importancia de que un riesgo pueda crecer. Una evaluación de la calidad de la información disponible puede ayudar a modificar la evaluación del riesgo. El análisis de riesgo cualitativo requiere de: probabilidad y consecuencias de los riesgos que se han determinado, usando métodos de análisis cualitativo establecidos y herramientas de evaluación.

Las tendencias en el resultado cuando el análisis cualitativo se llevan a cabo varias veces, pueden indicar la necesidad de implementar más o menos acciones de administración de riesgos.

El uso de estas herramientas de apoyo corrige fallas que están a menudo presentes en un plan del proyecto. El análisis cualitativo de riesgos debe volverse a inspeccionar durante el ciclo de vida del proyecto, para actualizarlo con los cambios que se detectan en los riesgos del proyecto. Este proceso nos lleva al análisis cuantitativo de riesgo o directamente a la planificación de la respuesta al riesgo.

**Tabla 3.** Fase de Análisis Cualitativo

Entradas	Herramientas y Técnicas	Salidas
Plan de administración de riesgos	Probabilidad e Impacto de riesgos	Clasificación global de los riesgos
Identificación de riesgos	Matriz de probabilidad e impacto	Lista de riesgos prioritarios
Estado del proyecto	Cuestionarios de apropiación del proyecto	Lista de riesgos para el análisis y la administración
Tipo de proyecto	Clasificación de datos precisos	Tendencias de los resultados del análisis cualitativo de riesgos
Datos precisos		
Escala de probabilidad e impacto		
Apropiación		

(PMI, Guía PMBoK, 2000)

### Análisis Cuantitativo de Riesgos

El proceso de análisis cuantitativo de riesgos ayuda a analizar numéricamente la probabilidad de cada riesgo y sus consecuencias en los objetivos del proyecto, así como la magnitud global de los riesgos del proyecto. Este proceso usa técnicas como el simulador Monte Carlo y ayuda a:

- Determinación de la probabilidad para lograr un objetivo específico del proyecto.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

- Cuantificación de la exposición del riesgo en el proyecto y cuantificación del tamaño, costo y estructura de las reservas de contingencia que pueden ser necesarias.
- Identificación de los requisitos más importantes del riesgo para cuantificar su contribución en el proyecto.
- Identificación realista y evaluación del costo, estructura y alcance de los objetivos.

El análisis cuantitativo se hace generalmente después del análisis cualitativo. Es un requisito para la administración de riesgos. El análisis cualitativo y el análisis cuantitativo pueden usarse de forma separada o conjuntamente. Las consideraciones de tiempo y disponibilidad de presupuesto, así como la necesidad para las declaraciones cualitativas o cuantitativas sobre el riesgo e impactos, determinarán qué métodos se deben usar. Las tendencias en el resultado, cuando el análisis cuantitativo es repetido, pueden indicar la necesidad de implementar más o menos acciones de administración de riesgos.

**Tabla 4. Fase de Análisis Cuantitativo**

Entradas	Herramientas y Técnicas	Salidas
Plan de administración de riesgos	Entrevistas	Lista prioritaria de los riesgos cuantitativos
Identificación de riesgos	Análisis sensitivo	Análisis probabilístico del proyecto
Lista de riesgos prioritarios	Análisis de árbol de decisión	Probabilidad de alcanzar los objetivos de costo y tiempo
Lista de riesgo para el análisis adicional y administración	Simulación	Tendencias de los resultados del análisis cualitativo de riesgos
Información histórica		
Juicio especializado		
Otra planeación de salida		

(PMI, Guía PMBoK, 2000)

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

#### *Plan de Respuesta al Riesgo*

El plan de respuesta al riesgo es un proceso que determina y desarrolla acciones para reforzar oportunidades y reducir amenazas que afectan los objetivos del proyecto. Incluye la identificación y asignación del personal que será responsable de tomar las decisiones para la respuesta al riesgo. Este proceso asegura que la identificación de los riesgos sea dirigida apropiadamente. La efectividad de la respuesta planeada, determinará directamente si aumentan o disminuyen los riesgos en el proyecto.

El desarrollo de la respuesta al riesgo ayuda creando respuestas que no sólo mitigan los riesgos individuales, sino que también mitigan la acumulación de riesgos y los trasfieren de riesgos individuales a resultado del proyecto. En muchos caso los esfuerzos de mitigación de los riesgos individuales no son totalmente eficaces, puesto que éstos solo podrían disminuir el impacto de los riesgos. Analizando el impacto de todos los esfuerzos

de mitigación, se puede poner énfasis en las partes donde los esfuerzos de la mitigación son muy eficaces para así maximizar el valor de la mitigación.

**Tabla 5. Fase de Plan de Respuesta al Riesgo**

Entradas	Herramientas y Técnicas	Salidas
Plan de administración de riesgos	Anulación	Plan de respuesta al riesgo
Lista de riesgos prioritarios	Transferencia	Riesgos residuales
Clasificación de los riesgos de proyecto	Mitigación	Riesgos secundarios
Lista prioritaria de los riesgos cuantitativos	Aceptación	Acuerdos "contractuales"
Análisis probabilístico del proyecto		Monto de la reserva de contingencia en caso de necesidad
Lista de responsables		Entrada de otros procesos
Principios de los riesgos		Entradas de revisión del plan del proyecto
Poseedores de riesgo		
Causas comunes de riesgo		
Tendencias de los resultados del análisis cuantitativo de riesgos		

(PMI, Guía PMBoK, 2000)

#### **Control y Monitoreo del Riesgo**

El monitoreo y control de los riesgos es el proceso de asegurar los riesgos identificados, supervisando riesgos secundarios e identificando nuevos riesgos, asegurando la ejecución de planes de riesgo y evaluando su efectividad de reducción de estos. La ejecución del monitoreo y control de riesgo es asociada con llevar a cabo planes de contingencia. El monitoreo y control de riesgos es un proceso que se lleva a cabo en todo el ciclo de vida del proyecto.

Un buen proceso de monitoreo y control de riesgos provee información que ayudará a una efectiva toma de decisiones, para tratar los riesgos que pueden ocurrir. La comunicación a todo el personal involucrado en el proyecto es necesaria periódicamente en el proyecto, para evaluar la aceptabilidad del nivel de riesgo.

El propósito del monitoreo de riesgo es determinar si:

- Las respuestas al riesgo se han llevado a cabo como se planearon.
- Las acciones de la respuesta al riesgo son tan eficaces como se esperó o si deben desarrollarse nuevas respuestas.
- Las suposiciones del proyecto todavía son válidas.
- La exposición de riesgos ha cambiado de su estado anterior; esto se determina con un análisis de tendencias.
- Los detonadores del riesgo han ocurrido.

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

- Se siguen políticas y procedimientos apropiados.
- Los riesgos que han ocurrido o están comenzando no se identificaron previamente.

En el control de riesgo se pueden escoger estrategias alternativas y puede llevarse a cabo un plan de contingencia, tomando acciones correctivas o replaneado el proyecto. El encargado de las respuestas al riesgo debe informar periódicamente al administrador del proyecto y al líder del riesgo la efectividad del plan, si se ha llevado a cabo cualquier efecto que no se planeo y cualquier corrección necesaria para mitigar el riesgo.

**Tabla 6. Fase de Control y Monitoreo**

<b>Entradas</b>	<b>Herramientas y Técnicas</b>	<b>Salidas</b>
Plan de administración de riesgos	Auditorías de las respuestas al riesgo en proyecto	Rodeo de planes
Plan de respuesta al riesgo	Revisiones periódicas del riesgo en el proyecto	Acción correctiva
Comunicación del proyecto	Evaluación del análisis	Requisitos de cambios en el proyecto
Riesgos adicionales identificados en el análisis	Medición de la ejecución técnica	Actualizaciones del plan de respuesta al riesgo
Cambio en los alcances	Planeación de la respuesta a los riesgos adicionales	Base de datos de riesgo
		Actualización de la lista de verificación para identificar riesgos

(PMI, Guía PMBoK, 2000)

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### **3.1.4 Enfoque de las Nueve Fases Genéricas <sup>10, 11</sup>**

Este proceso fue planteado por la Asociación de Administradores de Proyectos (APM por sus siglas en inglés) como la Guía para la Administración y Análisis de Riesgos en Proyectos (PRAM por sus siglas en inglés Project Risk Analysis and Management).

Este proceso se compone de nueve fases, que son descritas en una secuencia de prioridad. Una vez iniciadas todas las fases estas avanzan en paralelo, con arranques intermitentes de actividades definidas, mediante un proceso iterativo que entrelaza las fases. Cada fase esta asociada con entregables ampliamente definidos. Cada entregable es tratado en función de su propósito y las tareas que requiere para ser elaborado. Los cambios significativos en los propósitos sirven de base para establecer límites entre las fases. Las nueve fases que se manejan en este enfoque son: Definición, Enfoque, Identificación, Estructura, Apropiación, Estimación, Evaluación, Planeación y Control.

**Definición del propósito de la administración de riesgos en proyecto:** *Fase de Definición.*

**Propósito:** Consolidar la información relevante existente acerca del proyecto. Cubrir cualquier deficiencia en el proceso de consolidación. Obtener un amplio y claro conocimiento del proyecto

**Entregables:** Tener claros y sin ambigüedad todos los aspectos relevantes del proyecto documentados, verificados y reportados.

**Enfoque del proceso de administración de riesgo:** *Fase de Enfoque.*

**Propósito:** Alcance y suministro de un plan estratégico para el PAR. Plan del PAR a escala operacional.

**Entregables:** Igual que en la fase de definición.

**Identificación del riesgo y de la respuesta al riesgo:** *Fase de Identificación.*

**Propósito:** Identificar los riesgos que puedan surgir. Identificar lo que se puede hacer con respecto a este riesgo, en función de una respuesta proactiva y reactiva. Identificar que podría fallar con nuestras respuestas.

**Entregables:** Todos los riesgos importantes y sus respuestas identificadas, amenaza y oportunidades clasificados, caracterizados, documentados, verificados y reportados.

---

<sup>10</sup> CHAPMAN, Chris. "Project risk analysis and management-PRAM the generic process". International Journal of Project Management. Oct. 1997, Vol. 15, No.5, pp. 273-281. Gran Bretaña.

<sup>11</sup> WARD, Stephen . "Requirements for an Effective Project Risk Management Process". Project Management Journal. Sep. 1999, Vol. 30, No.3, pp. 37-43. Reino Unido.

**Desarrollo de la estructura de análisis: Fase de Estructura.**

**Propósito:** Examinar con suposiciones sencillas. Suministrar estructuras más complejas cuando sea apropiado.

**Entregables:** Un claro entendimiento de las implicaciones de cualquier suposición importante en su relación con los riesgos, repuestas al riesgo y plan de actividades.

**Aclarar la apropiación: Fase de Apropiación.**

**Propósito:** Asignar la pertenencia del riesgo entre el cliente y el contratista, así como la administración del riesgo y su respuesta. Aprobar la apropiación del contratista.

**Entregable:** Una apropiación clara y administración de asignaciones definidas eficiente y eficazmente, legalmente aplicables en la práctica cuando sea apropiado.

**Estimación en cuanto a escenarios y números: Fase de Estimación.**

**Propósito:** Identificar áreas de clara y significativa incertidumbre. Además, identificar áreas de posibles incertidumbre.

**Entregables:** Una base para comprender cuales riesgos y respuestas son importantes. Estimado de probabilidad e impacto en términos numéricos.

**Evaluación de números y escenarios: Fase de Evaluación.**

**Propósito:** Síntesis y evaluación de los resultados de la fase de estimación.

**Entregables:** Diagnóstico de todas las dificultades importantes y análisis comparativo de la implicación de las respuestas para estas dificultades, con entregables específicos como una lista de riesgos prioritarios, una comparación del plan inicial y los planes de contingencia, con posibles dificultades y planes revisados.

**Plan del proyecto y de administración de los riesgos: Fase de Planeación.**

**Propósito:** Plan del proyecto listo para su implementación y un plan asociado a la administración de riesgos.

**Entregables:** Planes en función de actividades a nivel detallado, requerido para su implementación con: Tiempos, precedencias, pertenencia y recursos asociados en términos contractuales.

**Valoración del riesgo en términos de amenazas y oportunidades priorizadas, evaluadas en términos de impacto, junto con la valoración de alternativas potenciales y respuestas proactivas y reactivas.**

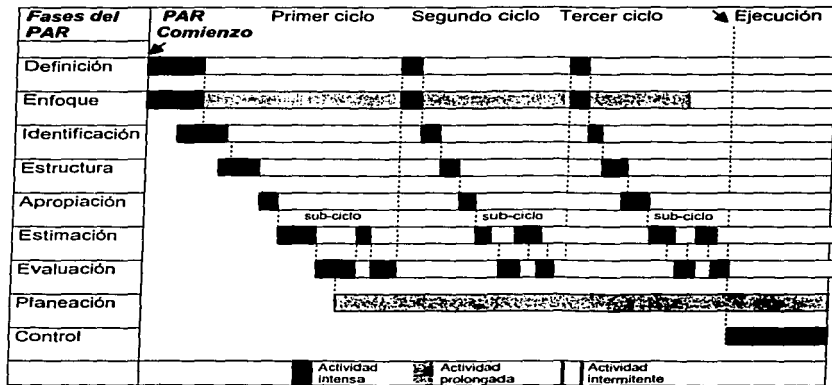
**Planes de contingencia proactivos y reactivos, recomendados en función de actividades, con tiempos, precedencias, apropiación y recursos asociados en términos contractuales cuando sean apropiadas, incluyendo los detonadores, las respuestas reactivas iniciales a contingencias y tasa de impacto.**

Administración del proyecto y sus riesgos: *Fase de Control.*

**Propósito:** Monitoreo y control. Desarrollo de planes para su implementación inmediata.  
**Entregables:** Diagnóstico de la necesidad de revisar los primeros planes, y replanear si es necesario, incluyendo tanto una base específica regular de entregables como el monitoreo de las ejecuciones realizadas con relación al progreso planeado, y la lista priorizada de los puntos de respuesta al riesgo. Reporte de excepciones o cambios después de eventos significativos y re-planeación asociada. Un gran número de planes detallados para su implementación.

Un proceso formal de administración de riesgo (PAR) debe ser aplicado en todas las etapas en el ciclo de vida de un proyecto, mediante clientes y contratistas.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



**Figura 9.** Ejemplo del proceso de administración de riesgos. (CHAPMAN, Chris. *International Journal of Project Management*. 1997.)

La figura 9 indica en forma de barras vinculadas, el modo en el que el esfuerzo es consumido en cada fase, enfocado en el ciclo de vida de un típico PAR. La figura 10 resume la estructura del proceso genérico, según las fases que lo conforman, en forma de diagrama de flujo.



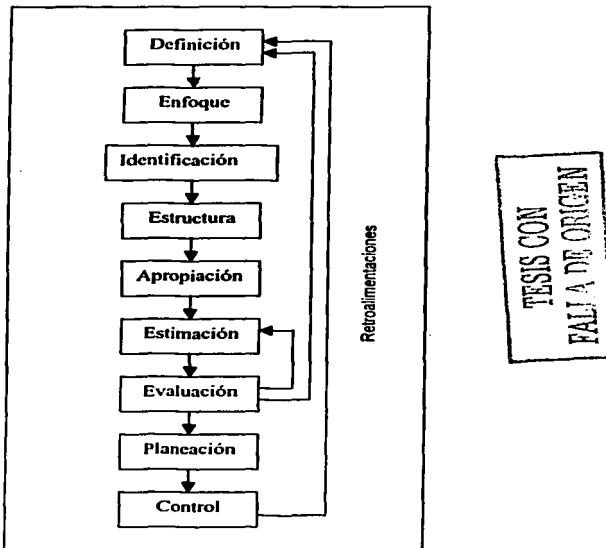
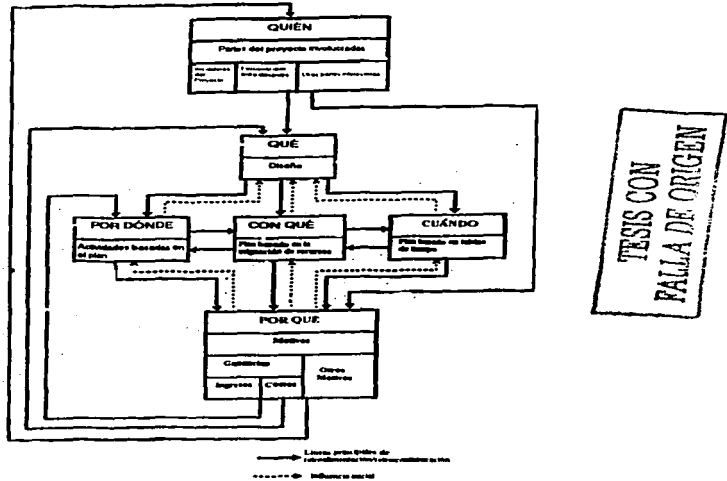


Figura 10. Diagrama de flujo de las fases del  
(Chapman, Chris. *International Journal of Project Management*, 1997, Gran Bretaña)

En el desarrollo de la fase de definición Chapman y Ward<sup>12</sup> estructuraron un diagrama de influencia, que se presenta en la Figura 11, se usa para explorar las relaciones entre las seis preguntas (las seis W's por sus siglas en inglés). La importancia de asegurar las seis y sus relaciones, da una visión de gran importancia. Por ejemplo, permite reconocer que la mejor manera de tratar con algunos riesgos, puede ser abandonar actividades que generan los riesgos y lograr sus objetivos de alguna otra manera.

<sup>12</sup> CHAPMAN, Chris. "Project risk analysis and management-PRAM the generic process". *International Journal of Project Management*, Oct.1997, Vol. 15, No.5, pp. 273-281. Gran Bretaña.



**Figura 11.** Las seis preguntas claves para la fase de identificación. (Chapman, Chris. *International Journal of Project Management*, 1997. Gran Bretaña)

Para terminar este capítulo presentamos una tabla comparativa, donde se presentan distintos enfoques para el proceso de administración de riesgos. Las fases de Definición e Identificación en este modelo (PRAM) se resumen en una sola fase, que es Iniciación en el modelo propuesto por el ministerio de Defensa del Reino Unido. Estas fases son a su vez envueltas en la fase de Alcance en el modelo propuesto por Chapman en 1979, que incluye también la fase de Identificación. De esta forma se observa que aunque existen distintos enfoques con múltiples fases, todos ellos involucran en esencia los mismos análisis.

Tabla 7. Comparación de distintas estructuras para la administración de riesgos.

PRAM (2000)	UK MoD (1991)	SCERT (Chapman, 1979)
Definición	Iniciación	Alcance
Enfoque	Identificación	
Identificación		Estructura Parámetro
Estructura	Análisis	
Dominio		Manipulación e interpretación
Estimación	Planeación	
Plan	Administración	
Administración		

(CHAPMAN, Chris. *International Journal of Project Management*. Oct. 1997. Gran Bretaña)

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### 3.2 HERRAMIENTAS

Cualquier proceso de administración de riesgos requiere herramientas para su implementación. La adopción del un análisis, planeación, control y/o herramientas administrativas, involucran una cierta inversión, la cual en ciertos casos puede ser bastante significativa. Este costo representa el esfuerzo requerido, tanto a nivel personal como en el ámbito organizacional, para entender y aprender como usar las herramientas, y adquirir la infraestructura necesaria (expertos técnicos, computadoras auxiliares, bases de datos, procedimientos de operación, y así).

Existen herramientas para todas y cada una de las fases del proceso de administración de riesgos. En un estudio realizado a varios administradores de proyectos se determinaron que herramientas eran las más importantes y las más usadas, en la tabla 8 se presentan los resultados.

Las herramientas en el grupo de control de riesgos son percibidas como de baja contribución. Hay dos posibles explicaciones para esto. Una es que actualmente no hay herramientas efectivas para el control de riesgo y que las herramientas sugeridas en la literatura no son percibidas como adecuada. La otra explicación esta relacionada con la cultura de la administración. Los administradores de proyectos pueden tener la buena intención de invertir tiempo y esfuerzo en las fases tempranas de la administración de riesgos, las cuales se realizan en conjunción con otras actividades de la planeación del proyecto. De cualquier forma, durante la ejecución del proyecto, los administradores comienzan a estar más ocupados y a estar sujetos al monto de los recursos, a las presiones del tiempo y están propensos a descuidar la fase de control del riesgo. Consecuentemente, las herramientas de control del riesgo son usadas esporádicamente o no del todo y su contribución es por eso estimada como baja.<sup>13</sup>

También se sabe que la simulación y los prototipos están asociados con la administración de riesgos.

El uso de herramientas de identificación de riesgo es aproximadamente lo mismo, aún si un proceso de administración de riesgo existe o no. Sin embargo, las organizaciones que creen en un proceso (y probablemente han adoptado uno) usan herramientas que los ayudan en las áreas más débiles como son: análisis, rastreo y control de riesgos. En otras palabras, es relativamente fácil identificar riesgos y puede no necesitarse un proceso para ese propósito, pero sí se necesita uno para las tareas más complicadas como analizar, rastrear y controlar los riesgos del proyecto.

A continuación se presenta la tabla 8 donde se numeran, se describen y clasifican de acuerdo a la fase del proceso de administración de riesgo al que pertenece (tomando como base un enfoque de cinco fases), las herramientas para la Administración de Riesgos. Además en la última columna aparece el valor que le corresponde en orden de importancia, de acuerdo a una encuesta realizada entre algunos administradores de riesgo; por ejemplo, las herramientas más usadas en la administración de riesgos son los programas de Software o Simuladores.

<sup>13</sup> RAZ, T. y Michael, E. "Use and benefits of tools for project risk management". International Journal of Project Management. (2001). Vol. 228, No. 1, pp. 9-17.

Tabla 8. Descripción de las herramientas del PAR.

Herramienta	Descripción	Fase	Rango
H1	Lista de control (comprobación)	Identificación	36
H2	Lluvia de ideas (Ideas geniales)	Identificación	8
H3	Formas de documentación de riesgo	Identificación	29
H4	Reporte periódico del riesgo	Identificación	24
H5	Evaluación de la probabilidad del riesgo	Análisis	14
H6	Evaluación del impacto del riesgo	Análisis	3
H7	Evaluación de la estructura de tiempos del riesgo	Análisis	30
H8	Clasificación del riesgo	Análisis	33
H9	Jerarquización o Priorización del riesgo	Análisis	17
H10	Representación gráfica de la información del riesgo	Análisis	38
H11	Asignación de responsabilidades	Planeación	2
H12	Planeación de la mitigación del riesgo	Planeación	12
H13	Listas de acciones en tiempos limitados	Planeación	9
H14	Evaluación del costo-beneficio durante la planeación del riesgo	Planeación	26
H15	Análisis de causas y efectos durante la planeación del riesgo	Planeación	34
H16	Replaneación del proyecto para la mitigación del riesgo	Planeación	21
H17	Revisión de la evaluación del riesgo	Rastreo	16
H18	Revisión periódica de documentos	Rastreo	20
H19	Reporte periódico del estatus del riesgo	Rastreo	19
H20	Reporte periódico de los planes de mitigación del riesgo	Rastreo	25
H21	Reporte periódico de la tendencia	Rastreo	31
H22	Reporte del riesgo crítico al administrador principal	Rastreo	6
H23	Análisis de tendencias, desviaciones y excepciones	Control	27
H24	Replaneación del proyecto	Control	23
H25	Procedimientos para riesgos de clausura	Control	37
H26	Planes de contingencia en caso de fallo en la mitigación de riesgo	Control	32
H27	Análisis de costo-beneficio durante el control de riesgos	Control	28
H28	Análisis de causas y efectos durante el control de riesgos	Control	35
H29	Prototipos	Generales	7
H30	Simulación	Generales	1
H31	Estudios de mercado	Generales	13
H32	Requerimientos administrativos	Generales	10
H33	Subcontratista administrativo	Generales	5
H34	Configuración del control	Generales	4
H35	Control de calidad	Generales	11
H36	Administración de la calidad	Generales	15
H37	Programas de entrenamiento	Generales	22
H38	Encuestas de satisfacción del cliente	Generales	18

(RAZ, T. y Michael, E. International Journal of Project Management, 2001.)

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

Las herramientas de la fase General son propensas a afectar el modo en el que los riesgos son administrados, sin estar directamente relacionadas con las cinco fases del ciclo del PAR.

En cuanto al grupo de Planeación, hay diferencias significativas en tres de las herramientas menos usadas normalmente: Análisis del costo-beneficio (H14), Análisis de Causa y Efecto (H15) y Re-planeación del Proyecto para la Mitigación de Riesgo (H16). Aquí, parece que los administradores del proyecto, quienes valoran la contribución del proceso de administración de riesgo en proyecto, son quienes probablemente aplican más formalmente estas herramientas de planeación.

**Tabla 9. Herramientas con uso significativamente más alto.**

Herramienta	Descripción
	<i>Uso significativamente alto en EAP=ALTO y en CAR=ALTO</i>
H6	Evaluación del impacto de riesgo
H8	Clasificación del riesgo
H9	Jerarquización del riesgo
H18	Revisión periódica de documentos
H21	Reporte periódico de la tendencia
H23	Análisis de tendencias, desviaciones y excepciones
H33	Subcontratista administrativo
H36	Administración de la calidad
H37	Programas de entrenamiento
H38	Encuestas de satisfacción del cliente
	<i>Uso significativamente alto en EAP=ALTO</i>
H5	Evaluación de la probabilidad del riesgo
H11	Asignación de responsabilidades
H30	Simulación
	<i>Uso significativamente alto en CAR=ALTO</i>
H1	Lista de control (comprobación)
H7	Evaluación de la estructura del tiempo de riesgo
H14	Evaluación del costo-beneficio durante la planeación del riesgo
H15	Análisis de causas y efectos durante la planeación del riesgo
H16	Replaneación del proyecto para la mitigación del riesgo
H17	Revisión de la evaluación del riesgo
H20	Reporte periódico de los planes de mitigación del riesgo
H22	Reporte del riesgo crítico al administrador principal
H24	Replaneación del proyecto
H25	Procedimiento para riesgos de clausura
H26	Planes de contingencia en caso de fallo en la mitigación de riesgo
H27	Análisis de costo-beneficio durante el control de riesgos
H28	Análisis de causas y efectos durante el control de riesgo
H34	Configuración del control
H35	Control de la calidad

(RAZ, T. y Michael, E. International Journal of Project Management, 2001.)

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

El objetivo de este punto es identificar las herramientas que tienen gran potencial para la contribución en un proceso de administración de riesgo en proyecto. Estas se obtienen de la clasificación de la Tabla 8.

Para esforzarse por un tipo de ventaja competitiva, se deben adoptar las herramientas que son asociadas con la mejor practica de Ejecución de la Administración de Proyectos (EAP=ALTO), o que sean usadas por profesionales que ya tienen un buen proceso de administración de riesgos, Contribución de Administración de Riesgos (CAR =ALTO). Estas herramientas se enlistan en Tabla 9. La adopción de herramientas y prácticas llevan costos y tiempos asociados y éstos entre otros factores deben tenerse en cuenta.

Estos dos tipos de resultados, la clasificación jerárquica de la Tabla 8 y las herramientas seleccionadas de la Tabla 9, también puede servir para los propósitos del diagnóstico. Es interesante saber que ciertas herramientas que son normalmente asociadas con la administración de riesgos, tales como los diagramas de árbol, análisis de árbol de defectos y diagramas de influencia, son reportados como usados rara vez.

En los siguientes puntos se describen a detalle algunos métodos y/o herramientas importantes dentro de este contexto.

### **3.2.1 Desglose de la Estructura de Trabajo (DET) <sup>14</sup>**

Un concepto muy importante por mencionar es el Desglose de la Estructura de Trabajo (WBS por sus siglas en inglés) es un grupo de elementos del proyecto orientado a los entregables dividido por niveles, que organiza y define el alcance del trabajo del proyecto. Cada nivel descendente representa una creciente definición detallada del trabajo del proyecto.

Para lograr una administración de proyectos exitosa, se utilizan técnicas de planeación para definir los objetivos del proyecto con suficiente detalle para sustentar una administración efectiva del mismo. El DET proporciona el fundamento para definir el proyecto, basándose en sus objetivos y establece la estructura para administrar el trabajo hasta su terminación.

El DET es utilizado en proyectos para definir el trabajo del proyecto en términos de entregables y posteriormente definir estos entregables en términos de componentes. Dependiendo del método de descomposición utilizado, también puede definir el proceso de ciclo de vida del proyecto en función de entregables del proceso apropiados a ese proyecto y organización.

El DET es la base para asignar responsabilidades para completar y coordinar el trabajo.

El desarrollo del DET es un paso esencial durante las fases iniciales del proyecto, tan pronto como el alcance básico ha sido identificado. El DET inicial puede ser creado con información limitada del alcance, sin embargo se requerirá trabajar más en él, a medida que se dispone de más información por parte del análisis más completo del proyecto a desarrollar.

Las características que presenta el DET incluyen:

- representa el trabajo como actividad y ese trabajo tiene un resultado tangible,
- está organizado como estructura jerárquica
- tiene un objetivo o resultado tangible, el cual es referido como un entregable.

Los objetivos del DET son: asegurar que el proyecto incluya todo el trabajo necesario y asegurar que no incluya trabajo innecesario.

---

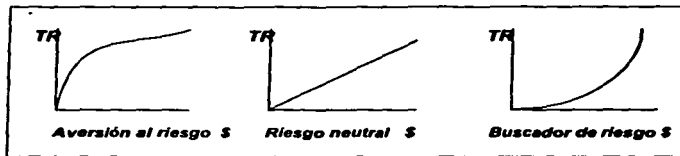
<sup>14</sup> PMI, *Practice Standard for Work Breakdown Structure*, Ed. Project Management Institute, 2001, Pennsylvania, E.U.



### 3.2.2 Tolerancia al Riesgo <sup>15</sup>

No existe un único texto que indique como manejar los riesgos. El administrador del proyecto debe contar con juicio legítimo y el uso de herramientas apropiadas para tratar con riesgos. La última decisión de cómo tratar los riesgos se basa en la tolerancia del administrador del proyecto al riesgo.

Las tres clasificaciones normalmente usadas de tolerancia al riesgo aparecen en la figura 12. Estas incluyen el evasor de riesgo, el interesado neutro del riesgo, y el buscador o amante del riesgo. El eje Y en la figura 12 representa la "tolerancia al riesgo," que puede definirse como el grado de afinidad entre las acciones riesgosas y el administrador de proyectos. El eje X representa la cantidad de dinero en juego.



**Figura 12.** Preferencia al riesgo y función de tolerancia al riesgo. (HAROLD Kerzner, Ph.D. *Project Management: A systems approach to planning, scheduling and controlling.* (1997). USA.)

Con el evasor del riesgo, la utilidad crece con una proporción decreciente. En otras palabras, cuando más dinero está en juego, la satisfacción del administrador del proyecto o la tolerancia disminuye. Con el buscador de riesgo, la satisfacción del administrador de proyecto aumenta cuando más dinero está en juego (i.e. un incremento en la pendiente de la curva). Un evasor de riesgo prefiere más certeza en los resultados y exigirá un estímulo por aceptar el riesgo. Un amante de riesgo prefiere el resultado más incierto y puede estar dispuesto a pagar una multa por tomar un riesgo.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

<sup>15</sup> HAROLD Kerzner, Ph.D. *Project Management: A systems approach to planning, scheduling and controlling.* (1997). John Wiley and Sons, Inc. 6a. Edición. Pp.867-926. USA.

### **3.2.3 Método Monte Carlo<sup>16</sup>**

El proceso Monte Carlo, aplicado en la administración de riesgos, es una prueba para crear una serie de números al azar entre 0 y 1 y transformarlos entonces en información útil que refleja la cuantificación de los riesgos potenciales de una situación real.

El método Monte Carlo es un simulador para tomar decisiones en la cual las distribuciones de probabilidad describen ciertos elementos económicos. Este método utiliza las distribuciones, que pueden ser empíricas y teóricas, para generar resultados aleatorios, los cuales a su vez, se combinan con los resultados técnico económicos de un estudio de factibilidad, para tomar decisiones respecto al proyecto.

### **3.2.4 Método de Árbol de Decisión**

El método de árbol de decisión es otra técnica, por medio del cual se puede hacer un análisis de cómo las decisiones tomadas en el presente afectan o pueden afectar las decisiones en el futuro, ya que muchas decisiones tomadas en el presente no consideran las consecuencias que pueden originar a largo plazo, por lo que se utiliza cuando es importante considerar las secuencias de decisión y se conocen las probabilidades de que sucedan en el futuro los eventos bajo análisis. Un árbol de decisión se construyen, por ejemplo, a partir de tres situaciones u opciones mutuamente excluyentes que se pueden seleccionar. De cada una de estas opciones se generan a su vez, otras dos o tres opciones. Se hace una evaluación económica de cada uno de los resultados y se asigna una probabilidad de que ocurra cada resultado. El método puede complicarse si de cada punto de decisión o nodo, se generan nuevas ramificaciones; se han desarrollado técnicas, como el "rolling back" que, obedeciendo ciertas reglas, logran tomar la decisión óptima, a pesar de lo complicado que pueda ser un árbol.

### ***Métodos usados con incertidumbre y bajo riesgo***

#### **3.2.5 Matriz de Pago**

La matriz de pago se construye generando una serie de opciones que no necesariamente se excluyen entre sí, para cada opción se dan varios estados o eventos futuros sobre los cuales el que toma la decisión no tiene el control. De esta manera, la matriz da por resultado los pagos o ganancias de cada alternativa contra cada evento futuro.

---

<sup>16</sup> BACA, G.Ú. *Evaluación de Proyectos*. (1995). Ed. Mc Graw Hill. Cap. 6, pp. 209-232. México.

### **3.2.6 Regla de Laplace**

Otra forma de abordar el problema de las probabilidades de eventos, es seguir la regla de Laplace. Cuando por falta de datos no se puede asignar un valor a las probabilidades de ocurrencia de los eventos bajo estudio, se puede razonar o deducir que cada uno de los posibles eventos tiene la misma probabilidad de ocurrir que los demás o que no hay por qué suponer que un evento es más probable que otro. A esto se le llama principio de Laplace o principio de razón insuficiente, basado en la filosofía de que la naturaleza se comporta de manera indiferente. Con este razonamiento, la probabilidad de ocurrencia de cada estado es  $1/n$ , donde  $n$  es el número de posibles eventos.

Además, existen otros métodos que no distan mucho de los mencionados, como las reglas de Maximin y Maximax, la regla de Hurwicz, la regla de arrepentimiento Minimax, y otros, que se han desarrollado más como curiosidades metodológicas, que como procedimientos de aplicación general, y cuya aplicación, de hecho es muy limitada.

### **3.2.7 Método Delphi**

Este método permite obtener un consenso de un equipo de expertos para llegar a una solución convergente de un problema específico. Este método se compone de los siguientes pasos:

- Paso 1: El primer paso es seleccionar un grupo de expertos en el área del problema, la participación de cada integrante será anónima para evitar sesgos.
- Paso 2: Cada experto tiene que responder en forma anónima respecto a un problema en particular. Se aran circular cuestionarios para este paso.
- Paso 3: Posteriormente las respuestas circularán para poder llevar a cabo el consenso Cada experto recibe una respuesta para ser discutida en el panel. Este proceso se repetirá si es necesario.

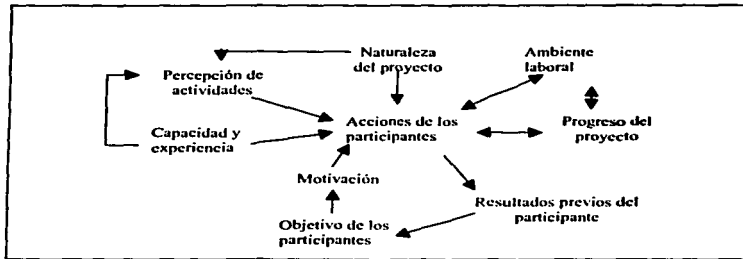
Este método es potencialmente importante en la fase de identificación de riesgos. Los factores que afectan el sesgo incluyen:

- Presunción en la habilidad de cada uno.
- Insensibilidad a los problemas del riesgo
- Proximidad al proyecto
- Motivación
- Disponibilidad de tiempo
- Relación con otros expertos

### 3.2.8 Requisitos para un Efectivo Proceso de Administración de Riesgos<sup>17</sup>

Un punto de partida es la base conceptual genérica mostrada en la figura 13. Esta se basa en una estructura desarrollada por Stephen Ward para la evaluación sistemática de los papeles, responsabilidades y la obtención de estructuras de riesgo, e incorpora elementos del modelo de motivación de Porter y Lawler. La figura muestra los principales factores que influyen en las acciones de una parte individual involucrada en un proyecto. Esencialmente, el progreso del proyecto y los resultados de la ejecución dependen directamente de las acciones de todos los participantes que colaboran en el proyecto. Estos participantes pueden ser personas individuales, equipos o toda una organización.

Las acciones de cada participante son influenciadas por: el contexto del proyecto y las características de los participantes. El contexto del proyecto incluye la naturaleza del proyecto, el ambiente de trabajo, la identidad y el comportamiento de otros participantes del proyecto y el progreso del proyecto hasta el momento. Las características relacionadas a un participante en particular incluyen motivación, capacidad, experiencia y si ellos comprenden su papel y responsabilidades. La motivación a su vez es impulsada por los objetivos de los participantes y es continuamente influenciada por los resultados recibidos de las acciones de los participantes y el progreso asociado al proyecto.



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**Figura 13** Factores que influyen en las acciones de los participantes de un proyecto.  
(WARD, Stephen. *Project Management Journal*, Sep. 1999, Reino Unido).

La base conceptual genérica ofrece algunas pautas generales útiles para asegurar la ejecución del proyecto. Por ejemplo, si una parte de un proyecto no se ha realizado satisfactoriamente, sugiere que se busquen una variedad de posibles causas. Así, la actuación poco satisfactoria podría ser debida a una falta de capacidad, falta de motivación o confusión sobre los papeles y responsabilidades, un ambiente de trabajo difícil o el soporte inadecuado de otros participantes del proyecto. En principio, cada uno

<sup>17</sup> WARD, Stephen. "Requirements for an Effective Project Risk Management Process". *Project Management Journal*, Sep. 1999, Vol. 30, No.3, pp. 37-43. Reino Unido.

de estos factores podría fragmentarse en otros pequeños factores para producir un diagnóstico más detallado del problema. Por ejemplo, el medioambiente de trabajo podría ser considerado en más detalle observando situaciones, condiciones físicas de trabajo, los métodos de trabajo, organización del programa de trabajo, el equipo disponible, comunicaciones y así sucesivamente.

La base conceptual también puede usarse para considerar los requisitos para el funcionamiento eficaz de cualquier componente, tarea o actividades en un proyecto. Aquí se usan para saber las necesidades que se requieren para una eficaz administración de riesgo en proyectos. Para la administración de riesgos, vista como un simple proceso unitario, los requisitos para llevar a cabo un eficaz proceso de administración de riesgo (PAR) a través de una parte de un proyecto en particular, están asociados con el contexto del proyecto y las características de la parte de administración de riesgo de proyectos.

### *Implicaciones del Contexto del Proyecto*

Podría esperarse que cada aspecto del contexto del proyecto mostrado en la figura 13 tenga una influencia fuerte en el diseño y uso del PAR. Una preocupación central debe ser que el plan de un PAR sea rentable y eficaz en el uso de recursos limitados. Si los proyectos son de una naturaleza rutinaria de bajo riesgo, los administradores del proyecto no necesitan un sofisticado sistemas de administración de riesgo. Incluso donde los riesgos son lo bastante significativos para garantizar más explícitamente la administración de riesgo, hay una necesidad de evitar procedimientos extremadamente detallados que crean "parálisis por análisis."

Es probable que la *Naturaleza del Proyecto* que se están desarrollando, sea influenciada primero por el alcance, el nivel de detalle deseado, la perspectiva y la magnitud para cuantificación que sea apropiado. Por ejemplo, un proceso integral con atención detallada en cada uno de las nueve fases mostradas en el punto 3.1.4 (Enfoque de las nueve fases genéricas), tenderá a ser muy útil cuando los proyectos involucren uno o más de las siguientes características: recursos sustanciales muy novedoso, largos horizontes de planificación, gran tamaño, complejidad, varias organizaciones y problemas políticos significativos.

*Progreso del proyecto.* Una consideración adicional del plan para el PAR es la magnitud de progreso del proyecto a la fecha. En una fase temprana del proyecto, un análisis cualitativo basado en la identificación y administración de riesgos puede ser muy eficaz. Cuando el plan está desarrollándose, un análisis de riesgo cuantitativo más detallado, puede ser más apropiado para permitir la evaluación de acciones alternativas. Chapman y Ward discuten esto en detalle, pero una observación importante es que en general el PAR puede ser más eficaz cuando se aplica lo más pronto posible en el ciclo de vida de un proyecto.

*Acciones de Otros Participantes.* Para ser eficaz, una PAR necesita también ser sensible a las actividades de administración de riesgo de otros participantes del proyecto. En particular, otras partes pueden ser causantes de aumentar o disminuir el riesgo y es importante reconocer su papel para definir su potencial, reconoce y maneja incertidumbre del proyecto, que puedan causar. Una consideración, es saber hasta que punto otras partes son capaz de dirigir los riesgos eficazmente y hasta que punto la información sobre el riesgo del proyecto es compartido entre las diferentes partes. Los clientes pueden

esperar que contratistas muestren evidencia de tener un proceso de administración de riesgo formal y una habilidad para proporcionar información detallada sobre el riesgo. Contratistas, a su vez, pueden necesitar aconsejar a subcontratistas sobre el proceso de administración de riesgo y los sistemas de información asociados, para que el desarrollo global del proyecto y la respuesta al riesgo puedan ser eficaces.

Un problema relacionado con los participantes del proyecto es que pueden tener objetivos diferentes para el PAR. Debido a que la magnitud de estos objetivos es diferente entre las distintas partes del proyecto, el alcance y administración de un PAR dependerá de quiénes están emprendiéndolo y cuando. Las diferentes partes buscarán manejar los riesgos y pretenderán llevar más allá sus propios objetivos. Incluso dentro de la misma organización, las diferentes secciones pueden tener objetivos diferentes para la administración de riesgo. La sección de finanzas puede tener interés principalmente en controlar costo y cuantificar límites para los fondos de contingencia. La sección del Mercadeo puede enfocarse en la calidad del producto y los medios para este propósito, la sección de producción puede enfocar en riesgo al tiempo de producción. Uno de los desafíos en un plan corporativo eficaz del PAR's es la integración de estas diferentes perspectivas que son necesarias aprovechar entre diferentes los criterios de ejecución para ser explícitamente organizados y efectivamente manejados.

**El Ambiente de Trabajo.** Una importante influencia contextual para un apropiado PAR es la naturaleza del "entorno de trabajo." Desde la perspectiva de administración de riesgo, el entorno de trabajo podrían ser caracterizado por factores tales como el esfuerzo de administración de riesgo con relación a la organización del proyecto; la naturaleza de la estructura orgánica; la calidad de los sistemas de información de apoyo; la disponibilidad de información; la cultura de la organización con respecto al riesgo y administración de riesgo, recursos disponibles y tiempo disponible para emprender administración de riesgo. La administración de riesgo eficaz implica desarrollar un ambiente de trabajo que facilite la administración de riesgo o adoptar un PAR que encaje con el ambiente de trabajo. Por ejemplo, en una situación de una licitación competitiva, ofrecida a contratistas están típicamente bajo presión de tiempo para reunir las licitaciones, puesto que el tiempo disponible para emprender el análisis de riesgo asociado es muy limitado. El contratista individual tiene varias posibles respuestas a su problema que puede seguirse individualmente o juntos:

- Aceptar esto en tiempo-corto y reducir el esfuerzo de administración de riesgo emprendiendo un análisis menos-detallado y disminuir la precisión para terminar en el tiempo establecido.
- Intentar alterar el ambiente de trabajo; por ejemplo, intentando negociar durante más tiempo.
- Mejorar la capacidad del contratista para operar en este ambiente para que las respuestas sean lo más rápidas posibles y mejores que las de un futuro competidor en esta situación.

#### *Características del personal que se encarga de la administración de riesgo*

La figura indica que las características importantes de un participante de proyecto encargado de la administración de riesgo incluyen: La capacidad y experiencia, motivación y una percepción clara de sus responsabilidades para emprender administración de riesgo en el proyecto.

**Capacidad y experiencia.** La efectividad de la administración de riesgo depende claramente de la actitud y experiencia por parte del personal que maneja la administración de riesgo. Las habilidades requeridas están asociadas con las nueve fases del PAR y acciones asociadas en el punto 3.4.1. Es particularmente importante la habilidad de identificar riesgos y sus posibles respuestas, considerado todos los aspectos del proyecto; incluyendo el diseño, finanzas, personal, procura, aspectos legales, ambientales, y políticos.

En función de complejidad, una aproximación común para preparar un PAR formal es empezar con un proceso muy simple, quizás limitado a una lista puntual para ayudar a la identificación de riesgo.

Una lista puntual de posibles tipos de riesgo es preferible a una checklist (lista a verificar) más extensa que especifique fuentes de riesgo. Una Lista de verificación como listas definitivas de fuentes de riesgo puede perjudicar el proceso de identificación de riesgo y desanima el desarrollo de habilidades en identificación de riesgo. Las listas de sugerencias sirven como un catalizador y estimulante que animan el pensamiento de riesgo creativo. Por ejemplo, "la disponibilidad de recursos" podría ser una lista puntual que debe incitar la consideración de riesgos asociada con la disponibilidad de varios recursos importantes en las fases de un proyecto, incluso las finanzas, tiempo, personal con habilidades particulares, equipo, suministros e información.

Hillson ha caracterizado capacidad corporativa para la administración de riesgo en términos de cuatro niveles de "madurez de riesgo." Se usan cuatro atributos básicos para determinar el nivel de madurez de una organización de riesgo: el nivel de compromiso para la administración de riesgos, el grado de formalidad en el proceso de administración de riesgo, el nivel de especialización y entrenamiento en habilidades de administración de riesgo, y hasta que punto se aplican herramientas de administración de riesgo y métodos a las actividades de la organización. Una vez que una organización ha evaluado su nivel de madurez de riesgo, en términos de estos cuatro atributos, Hillson identifica varias acciones que la organización necesita emprender para elevar su nivel de madurez de riesgo.

**Asignación de responsabilidades.** La necesidad para especificar claramente las responsabilidades a lo largo de un periodo prolongado de tiempo tiene que ser reconocida como un requisito central para una ejecución eficaz en las organizaciones, desde el uso difundido de "la Administración Por Objetivos" y las técnicas relacionadas. Dentro del contexto del proyecto, esto se traduce en una necesidad por asignar claramente la responsabilidad de las tareas del proyecto y para que las partes involucradas tengan una idea clara de lo que se espera de ellos. La figura 13 indica que la percepción de un participante del proyecto de sus responsabilidades puede depender de la naturaleza del proyecto y de su capacidad y experiencia.

**Motivación.** La motivación es un factor importante en la conducta de cualquier participante del proyecto. La figura 13 muestra que la motivación de un participante es influenciada por sus objetivos y se anticipa a los resultados directos e indirectamente de sus acciones, vía el progreso del proyecto. Una preocupación importante para un administrador del proyecto

es asegurar que todos los participantes estén motivados, para que trabajen para lograr los objetivos, de esta forma, la ejecución del proyecto se lleve a cabo satisfactoriamente.

La figura 13 sugiere que las acciones de un participante pueden estar directamente relacionadas con el progreso del proyecto, un participante del proyecto se siente motivado en lograr el progreso del proyecto en la medida que siente que se le valora y percibe una unión entre el progreso del proyecto y sus resultados.

Con respecto a la administración de riesgo, los participantes del proyecto necesitan estar convencidos que la actividad de administración de riesgo les ayudará a encontrar sus propios objetivos.

Un PAR que es tratado por unidades organizacionales como simple burocracia es improbable que sea totalmente eficaz, provocará una administración de riesgos del proyecto deficiente. Un PAR eficaz debe proporcionar un proceso que tiene beneficios visibles a las partes involucradas. En particular, el esfuerzo empleado por las partes involucradas debe percibirse como rentable. La documentación y análisis excesivamente detallados pueden ser inapropiados.



A continuación se presenta una matriz donde se relacionan las fases de los enfoques presentados junto con las herramientas, más importantes para cada etapa.

Enfoques	Fases								
	Identificación		Cuantificación			Evaluación		Respuesta	Control
General de las 4 acciones.			Identificación	Cuantificación		Evaluación		Respuesta	Control
Sistemático de las 5 fases			Identificación	Medida	Valoración	Evaluación		Control y Monitoreo	
Los 6 pasos (PMBOK)	Planeación		Identificación	Análisis cualitativo		Análisis Cuantitativo		Planeación de Respuesta	Control y monitoreo
De las 9 fases	Definición	Enfoque	Identificación	Estructura	Apropiación	Estimación	Evaluación	Planeación de Respuesta	Control
Herramientas									
DET	X	X							
Lista de verificación			X						
Simulación Monte Carlo			X			X	X		
Método Delphi			X						
Lluvia de ideas	X	X	X						
Otros Simuladores						X	X		X
Prototipos		X	X	X	X	X	X	X	X
Clasificación del riesgo				X	X	X			
Evaluación del impacto del riesgo				X		X	X		
Reporte del riesgo crítico								X	
Modelos de costos						X			
Técnicas de diagramas			X						
Matriz de probabilidad e impacto			X	X	X				
Árbol de decisión						X	X		
Anulación, transferencia, mitigación.					X			X	X
Revisiones periódicas									X
Control de calidad	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Encuestas de satisfacción del cliente									X
Análisis de costo-beneficio durante el control de riesgos									X

**Matriz 1.** Relación entre los enfoques y algunas herramientas para la Administración de Riesgos en Proyectos. (Por la sustentante).

### 3.3 MODELOS

#### 3.3.1 Modelo de Identificación de Riesgos en Proyectos Mediante el Sistema Basado en el Conocimiento (SBC)<sup>18</sup>

Este modelo sirve para ayudar a los administradores de proyecto a la identificación de factores potenciales de riesgo y sus correspondientes riesgos de proyecto. El conocimiento adquirido por experiencias previas es capturado para el modelo de identificación de riesgos de proyecto propuesto, el cual incorpora el Desglose de la Estructura de Trabajo (DET). El conocimiento es entonces traducido a reglas o proposiciones lógicas para el SBC. El SBC es una herramienta que ayuda a los administradores de proyectos a tomar decisiones y a resolver problemas.

##### *Uso del SBC en Administración de Riesgos de Proyecto*

Un sistema de identificación basado en el conocimiento es un programa de computadora enriquecido con ciertos conocimientos y maestría o experiencias humanas, probadas para organizar la capacidad de solucionar problemas que solucionaría un experto humano. Tal sistema tiene dos módulos principales: una base de conocimiento y un motor de inferencia. La base de conocimiento tiene almacenada las experiencias y el material, de las áreas problemáticas que proporcionaría un experto. Esta base incluye: hechos, reglas, conceptos y lazos de problemas. El motor de inferencia es el procesador del conocimiento que trabaja con los datos disponibles de un determinado problema, acoplado con el conocimiento preservados en la base de conocimiento, para proveer conclusiones o para proporcionar recomendaciones.

En la administración de riesgo de proyecto, muchos de los sistemas propuestos incorporan componentes para la identificación de posibles factores de riesgo. La evaluación de una tarea se logra construyendo una base de conocimientos que consiste en datos que se relacionan con casos pasados que presentaron problemas similares.

Una vez que los factores potenciales de riesgo se identifican, los administradores del proyecto pueden formular y llevar a cabo acciones apropiadas de respuesta al riesgo, para controlar el riesgo identificado. El SBC puede aplicarse en cualquier fase del ciclo de vida de un proyecto. Pueden identificarse nuevos factores de riesgo en la fase que se está aplicando y pueden formularse acciones de respuesta al riesgo similar es para controlarlos. Además, pueden reducir el tiempo y el esfuerzo requeridos en identificar y evaluar riesgos y desarrollar acciones de respuesta al riesgo.

Las metas de este modelo en particular son analizar los mecanismos de causas de riesgo y formular un modelo para la identificación del riesgo, usando el proceso de administración de riesgo (PAR) y el desglose de es la estructura de trabajo. De acuerdo con el modelo formulado de identificación del riesgo, se desarrollo un SBC para identificar los factores de riesgo potenciales, asociados a un proyecto y sus efectos del riesgo junto con los paquetes del trabajo.

<sup>18</sup> LEUNG, H. M., Chuah, K.B. y Rao Turmala, V.M. "A Knowledge-based System for Identifying Potential Project Risk". *Omega* (Oxford). (1998). Vol.26, No.5, pp. 623-638. Gran Bretaña.

### Modelo de Identificación de Riesgos en Proyectos

Basado en el mecanismo de causas de riesgo, como se explicó anteriormente (ver punto 3.1.2), se desarrolló un modelo de identificación de riesgos en proyectos como el presentado en la figura 14. Este modelo explica la causalidad del riesgo y se usa para determinar los conocimientos de riesgo que deben adquirirse y deben representarse en la base de conocimientos.

Como se muestra en la figura, el dominio del conocimiento de riesgo es clasificado en función de los factores de riesgo, los riesgos del proyecto y los efectos de riesgo. Los factores de riesgo, los cuales pueden ser clasificado como internos o externo, puede influenciar a los factores más importantes del proyecto, como son: Los costos, la programación y la ejecución técnica. A los impactos de éstos riesgos se les llama efectos de riesgo. Usando el desglose de la estructura de trabajo (DET), podemos identificar los paquetes de trabajo que se relacionan con los efectos de riesgo identificados.

Como se mencionó anteriormente el DET es una herramienta del administrador de proyectos que mantiene una estructura para especificar los objetivos técnicos de un proyecto que comienza, y sirve como base para planeación y estimación de costos (ver punto 3.2.1).

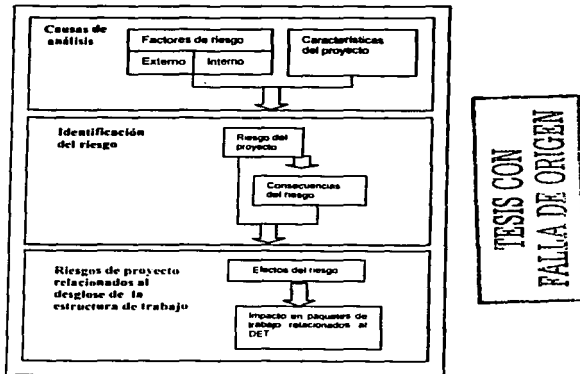


Figura 14. Modelo de identificación de riesgos para la administración de riesgos en proyectos. (LEUNG, Chuah, y Rao Tummala, *Omega*, 1998, Gran Bretaña.)

Los resultados finales del proceso de DET son los paquetes de trabajo, y cada uno debe ser comprendido, planeado y controlado. Como se mencionó antes, la aplicación del PAR requiere que todas las variables que se relacionan al riesgo hayan sido representadas por distribuciones de probabilidad. Un proyecto organizado por el DET puede ayudar a descomponer el plan del proyecto jerárquicamente y determina los elementos del DET como componentes de los modelos de probabilidad.

El dominio del conocimiento del riesgo puede ser recopilado, entrevistando administradores del proyecto, ingenieros de proyectos y personal directivo que estén relacionados con proyectos similares.

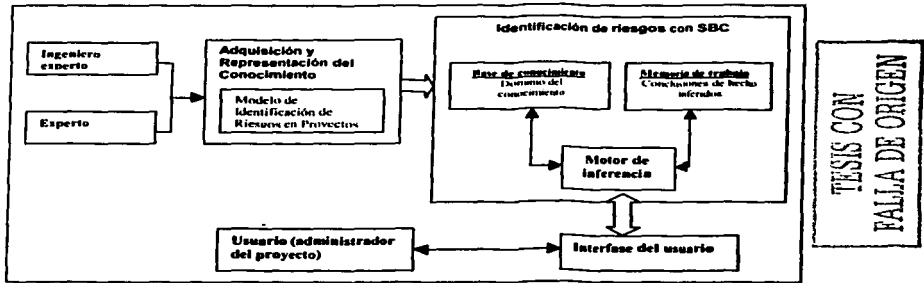
Usando el modelo de identificación de riesgos como el mostrado en la figura 14, el conocimiento del riesgo puede ser clasificado como sigue:

- El conocimiento acerca de riesgos es clasificado en: factores de riesgo, riesgos del proyecto y efectos de riesgo.
- Las relaciones entre los efectos de riesgo y los paquetes de trabajo, para cuantificar efectos en los factores importantes del proyecto, como son: costo, programación o las ejecuciones técnicas y operacionales.
- El conocimiento especialista que establece relaciones causales como "los factores de riesgo pueden causar riesgos de proyecto" o " si el riesgo del proyecto ocurre, entonces los paquetes de trabajo relacionados se verán afectados."

#### *Identificación de riesgos mediante el SBC*

Una identificación de riesgos SBC se establece, para incorporarse a un modelo de identificación de riesgos en proyectos como el mostrado en la figura 15. El dominio específico del conocimiento de expertos, que era adquirido por los procesos de identificación de riesgo como se explicó en la sección anterior, funciona como una base de conocimientos que ayuda al administrador del proyecto a determinar factores potenciales de riesgo y los riesgos asociados al proyecto. Una manera típica de representar el conocimiento se basa en un proceso de encadenamiento avanzado mediante proposiciones lógicas. Una regla o proposición lógica es una estructura del tipo **SI / ENTONCES**, que relaciona lógicamente la información contenida en la parte **SI** a otra información contenida en la parte **ENTONCES**.

- **SI** (factor de riesgo) **Entonces** (factor de riesgo)
- **SI** (factor de riesgo) y (actividades de trabajo) **Entonces** (riesgos de proyecto)
- **SI** (riesgos de proyecto) y (factor de riesgo) **Entonces** (consecuencia de riesgo)
- **SI** (riesgos de proyecto) **Entonces** (efectos de riesgo) y (paquetes de trabajo que pueden ser impactados)



**Figura 15.** Estructura del sistema de identificación de riesgo mediante SBC. (LEUNG, Chuah, y Rao Tummala, *Omega* (Oxford). 1998. Gran Bretaña.)

La memoria de trabajo contiene los hechos sobre un problema que se manifiesta durante una consulta. Durante la consulta, los usuarios ingresan la información sobre un problema actual en la memoria de trabajo. El sistema empaqueta esta información con el conocimiento contenido en la base de datos, para inferir nuevos hechos. El sistema entonces ingresa estos nuevos hechos en la memoria de trabajo y el proceso de empaquetado continúa. Después, el sistema obtiene una conclusión la cual se incorporará en la memoria del trabajo.

El motor de inferencia trabaja con hechos contenidos en la memoria de trabajo y el dominio del conocimiento, contenido en la base de conocimientos, para crear nueva información. Este busca las reglas o proposiciones para encontrar un equivalente entre sus premisas e información, contenidas en la memoria de trabajo. Cuando el motor de inferencia encuentra una pareja, agrega la conclusión de las reglas a la memoria de trabajo y continúa examinando las reglas para buscar nuevas parejas. Como se mencionó antes, el proceso de búsqueda de encadenamiento avanzado se usa en este sistema para unir las relaciones entre los factores de riesgos y los correspondientes riesgos del proyecto y los paquetes de trabajo relacionados. El proceso de encadenamiento avanzado hace una búsqueda que repite la parte "Entonces" y concluye cuando la parte "Si" de las reglas se encuentra. Por ejemplo: cuando se da (A), en una base de conocimientos que consiste en (Si A Entonces B), (Si B Entonces C) y (Si C Entonces D) el resultado de razonamiento avanzado es (B, C, y D).

Durante una consulta, el administrador del proyecto quiere ser informado de los riesgos del proyecto que realmente pasaron en proyectos similares, para eso está el SBC. Una vez que el usuario (administrador del proyecto), accese las actividades de trabajo y los factores de riesgo internos y externos basados en el ambiente del proyecto actual, el proceso de búsqueda de encadenamiento avanzado empezará a buscar el dominio de conocimiento especializado guardado en la base de conocimientos usando las

proposiciones lógicas del tipo **Si / Entonces**. Después de que el proceso de búsqueda concluye, las reglas empatadas se emitirán. Los correspondientes riesgos del proyecto que se relacionan a las actividades de trabajo y los factores de riesgo, serán determinados por el SBC. También se identificarán los efectos de riesgo y los paquetes de trabajo.

En el capítulo 6 de se presenta un ejemplo para el uso de este modelo, donde se ve con más detalle las características de este.

### **3.3.2 Modelo de Aproximación Integral para el Desarrollo de la Respuesta al Riesgo en la Planeación de Proyectos <sup>13</sup>**

La fase en la que se desarrolla la respuesta al riesgo es una de las más importantes dentro del PAR. Aquí se presenta un modelo que integra el contenido del trabajo en proyectos, los eventos de riesgo y las acciones de reducción de riesgo y sus efectos dentro de una estructura de trabajo. El modelo permite la evaluación de la exposición total de los riesgos de proyecto bajo varias combinaciones de acciones de reducción de riesgo.

El modelo puede ser tratado con técnicas de optimización, para generar la mejor combinación de costos de las acciones de reducción de riesgos.

Este modelo relaciona explícitamente las actividades del proyecto y una serie de acciones de reducción de riesgo disponibles para su implementación. Además, el modelo refleja que la implementación de acciones para reducir el riesgo pueden causar riesgos secundarios, y que los efectos de diferentes acciones de reducción de riesgo pueden diferir de la suma de sus efectos individuales

#### *Elementos del modelo*

Este modelo describe las actividades del proyecto en función del DET (ver punto 3.2.1)

#### *Eventos de riesgo*

Un evento de riesgo es una ocurrencia discreta que, si se materializa, afectará al proyecto. Asumimos que un evento de riesgo puede o no pasar. Un evento que puede materializarse en distintos niveles de severidad, puede ser tratado como un número de eventos mutuamente excluyentes, cada uno correspondiente a un nivel específico.

Cada evento de riesgo tiene una fuente. La fuente de un evento de riesgo es la entidad que afecta la probabilidad de un evento o su impacto en el proyecto. Asumimos que cada evento de riesgo tiene una fuente única. Las fuentes pueden ser internas al proyecto (un elemento de trabajo del DET) o externas (condiciones políticas, de tiempo, económicas, etc.). Los eventos y sus fuentes son identificados en la fase de identificación del riesgo, y a la larga, con su probabilidad y con su impacto estimado constituye la entrada para este modelo.

#### *Matriz de Probabilidad*

La matriz de probabilidad (P) relaciona eventos de riesgo con fuentes de riesgo. Las filas corresponden a los eventos y las columnas a las fuentes. A lo sumo, habrá una columna por cada elemento de trabajo del DET, con columnas adicionales para fuentes externas. Los datos en la matriz P representan la probabilidad de que la fuente causó el evento a ocurrir y son medidos en porcentajes o fracción decimal.

---

<sup>13</sup> BEN- David y Raz, T. "An integrated approach for risk response development in project planning". *Journal of the Operational Research Society*, (2001). Vol. 52, No. 1, pp. 14-25. Israel.

Se asume que los eventos de riesgo son mutuamente independientes. Si sus probabilidades fueron correlacionadas, entonces se tendrían que crear "eventos paquetes" que contienen toda los eventos correlacionados y se trata cada "paquete" como un evento independiente.

#### ***Matriz de impacto***

La matriz de impacto (I) relaciona los eventos de riesgo con los elementos de trabajo que los afectan. Las filas corresponden a los eventos de riesgo y las columnas corresponden a los elementos de trabajo del DET. Los datos representan el impacto causado por el evento, si este ocurre, al elemento de trabajo, declarado en términos monetarios. El modelo nos permite incluir eventos de riesgo positivos, a veces referidos como "oportunidades", los cuales son eventos que pueden causar ahorros o ganancias adicionales. En este caso, el resultado será negativo.

#### ***Matriz de impacto esperado***

La matriz de impacto esperado (E) es el producto de la transposición de la matriz de probabilidad y la matriz de impacto. Contiene filas que corresponden a las fuentes de riesgo (elementos de trabajo y fuentes externas, si existieran) y columnas que corresponden a los elementos de trabajo. Cada celda en la matriz contiene la suma de los impactos causados por fila de elementos de trabajo ó la fuente externas de riesgo en la columna de elementos de trabajo. La suma de todos los elementos de la matriz E representa la exposición total al riesgo del proyecto.

#### ***Acciones de reducción de riesgo***

Usamos el término "acción de reducción de riesgo" para describir cualquier cambio de uno o más elementos de trabajo del proyecto que, si es implementado, afectará la probabilidad o el impacto de uno o más eventos del riesgo a los que el proyecto está expuesto. Algunos ejemplos genéricos de las acciones de reducción de riesgos incluyen: reducción o cambios de alcance de un elemento de trabajo, agregar recursos a un elemento de trabajo, usar diferentes tipos o combinaciones de recursos, subcontratar un elemento de trabajo, incrementar el presupuesto o el tiempo de duración asignado al elemento de trabajo, ejecutar el elemento de trabajo mientras se usan diferentes tecnologías, y así.

Cada acción de reducción de riesgos tiene un costo de implementación conocido, en el cual se incurrirá si la acción es seleccionada para implementarse. En suma, esto causa uno o más efectos. Cada efecto concierne a un solo elemento de trabajo y puede ser de uno o dos tipos posibles: efecto de probabilidad o efecto de impacto. De esta manera, el modelo puede aislar todos los efectos causados por una sola acción y relacionar cada uno de estos aun elemento específico de trabajo afectado.

La probabilidad de efecto modifica la columna correspondiente al elemento de trabajo en la matriz de probabilidad P, mientras que los efectos de impacto modifican la columna destinada en la matriz de impacto I. En cualquier caso afectará a la matriz de impacto esperado.

La manera en las que las matrices P e I son modificadas, es el resultado de la implementación de acciones de reducción de riesgo y merece una discusión. Se desea



ser capaz de implementar más que una acción afectando una columna simple en cada una de las matrices. También se requiere que los valores de la matriz no tengan que depender del orden en el cual las acciones serán seleccionadas e implementadas. Por consiguiente, simplemente una columna de la matriz por el vector de efecto no será aceptable, ya que esto dejará con el efecto de la última acción ejecutada. En cambio, se necesita modificar funciones que son poco más complejas, como una función mínimo o una función de multiplicación.

La función mínimo reemplaza el valor en la matriz con el valor en el vector efecto, solo si este es el más pequeño. La función multiplicación reduce el valor de la matriz mediante el factor, expresado en el efecto vector. Ambos son apropiados para las matrices P e I con una excepción. Si el efecto de una acción actualmente incrementa el riesgo de un cierto evento para un elemento de trabajo dado, entonces la función multiplicación podría, en teoría, generar valores de probabilidad que excedan a uno. Esto es probable que pase desde el punto de vista de que hay más eventos de riesgo que tienen muy pequeñas probabilidades, aún después de la multiplicación por un factor mayor a uno siguen siendo pequeños. De cualquier modo, para estar del lado seguro, se debe definir la función que modifica a la multiplicación para ser igual al mínimo y el producto de las probabilidades.

Otra posible forma matemática para la función modificada podría ser la resta. Aquí de nuevo, se debe definir que no hay ninguna probabilidad ni que el impacto pueda resultar negativo. Se han discutido muchas alternativas para modelar los efectos de las acciones de reducción de riesgo. Aunque la función usada para los efectos de P no necesita ser los mismos que la usada para los efectos de I, una vez que una modificación de la función es seleccionada esta debe ser aplicada consistentemente en todo el modelo, para mantener la propiedad de orden-independencia primordialmente.

### *Función Objetivo*

Se distingue entre la base de los costos del proyecto, la cual representa el costo de realizar todos los elementos de trabajo del DET como se planeo previamente, con cualquier consideración de administración de riesgos y el riesgo relacionado con costos. El riesgo relacionado con costo consiste en dos tipos: los costos esperados por los impactos causados por los eventos de riesgo, los cuales pueden ocurrir con una cierta probabilidad, y los costos seguros incurridos mediante la implementación de acciones de reducción de riesgo. Nos referimos al primer tipo de costos esperados (ERC), al segundo tipo como costos de riesgo seguros (CRC) y a su suma, como costos totales de riesgo (TRC). El objetivo de este modelo es seleccionar la serie de acciones de reducción de riesgo que minimicen los costos totales de riesgo. Consecuentemente, ignoramos la base de costos, la cual no es afectada por el análisis de riesgo y nos enfocamos en el ERC, el CRC y su suma el TRC.

### *Solución al modelo*

El problema de encontrar una combinación de acciones de reducción de riesgo que minimicen la suma de CRC y ERC, es un problema de programación integral, el cual puede ser resuelto usando técnicas de optimización matemática estándar. De cualquier modo, esto corresponde a una clase de problemas combinatorios, que requieren de recursos de computación en una velocidad que aumenta exponencialmente. Consecuentemente, se usan técnicas de solución que son fáciles de implementar que

puedan ser ejecutadas en corto tiempo y den una buena solución, si bien esto puede dar el mínimo absoluto. Sugieren la aplicación de un algoritmo "ambicioso" que opera iterativamente y selecciona, en cada iteración, la acción de reducción de riesgo que causa la más grande reducción en el TRC.

**EL procedimiento ambicioso trabaja así:**

Al principio del análisis las acciones de reducción de riesgo no han sido seleccionadas, CRC es igual a cero, ERC es igual a la suma de los registros originales en la matriz E y por lo tanto TRC es igual a ERC.

Para cada acción de reducción de riesgo disponible realizamos los siguientes cálculos: modificamos las matrices P e I de acuerdo a los efectos asociados con la acción, calculamos la matriz E como el producto de la P modificada por la I modificada y calculamos la suma de sus registros la cual denotaremos como ERC'. Finalmente calculamos los nuevos costos de riesgos seguros y los denotamos como CRC', adicionando el costo de implementación de la acción de CRC, y calculando el nuevo TRC' como la suma de ERC' y CRC'. La acción que genera el más alto valor para la diferencia TRC-TRC' es el seleccionado para implementarse.

La implementación de la acción seleccionada, se refiere a que las matrices P e I son permanentemente modificadas, para servir como base para iteraciones futuras y que la acción seleccionada no es considerada la más larga. Los cálculos son repetidos hasta que todas las acciones sean seleccionadas. La producción del procedimiento ambicioso es una serie de acciones ordenadas de acuerdo a la iteración en la cual fueron seleccionadas. Es muy probable que la contribución marginal de las acciones seleccionadas después de cierta iteración se forme negativas, lo cual significa que sus costos de implementación son más grandes que la reducción en ERC que pueda generar. Como resultado, el TRC empezará a incrementarse. Claro, debemos seleccionar para implementar solo aquellas acciones que nos llevan al más bajo TRC.

#### **4. TENDENCIAS FUTURAS**

##### *Monte Carlo*

Este programa es una herramienta para el análisis cuantitativo en un proceso de administración de riesgos. Como se describió en el punto 3.2.3 este Simulador es un sistema avanzado de análisis de riesgo, que modela muchos factores que pueden causar o contribuir con la incertidumbre. Este simulador es compatible con el programa Primavera que sirve para planear y controlar proyectos. Cabe mencionar que en la actualidad es uno de los programas más usados.

##### *@RISK*

Este programa es una herramienta para el análisis cuantitativo en un proceso de administración de riesgos. El análisis de riesgos con @RISK es un método cuantitativo que busca determinar los resultados como distribuciones de probabilidad. Este es un simulador que sirve para analizar proyectos y tiene una gama amplia en distribuciones de probabilidad. Es compatible con Project y Excel.

##### *Analytica®*

Este programa es una herramienta para el análisis cuantitativo en un proceso de administración de riesgos. Es un modelo cuantitativo de software que ayuda a visualizar los problemas, crea gráficos y análisis de incertidumbre. Programa que ayuda a determinar distribuciones de probabilidades.

##### *Best Fit*

Este programa es una herramienta para el análisis cuantitativo en un proceso de administración de riesgos. Es un programa de Windows el cual proporciona la distribución que se ajusta a sus datos. Es compatible con @RISK 4.5. Selector de distribuciones de probabilidad con amplia gama de éstas.

##### *Crystal Ball*

Este programa es una herramienta para el análisis cuantitativo en un proceso de administración de riesgos. Modelo que ayuda controlar e identificar riesgos. Análisis de riesgos. Compatible con el programa Excel.

### Risk Radar

Ayuda a los administradores de proyectos a categorizar, priorizar, rastrear, reportar y mitigar los riesgos de proyectos. Herramienta para administrar riesgos (base de datos).

### Primavera

Este programa es uno de los más empleados en el ámbito de administración de proyectos, sirve como herramienta para la fase de planeación.

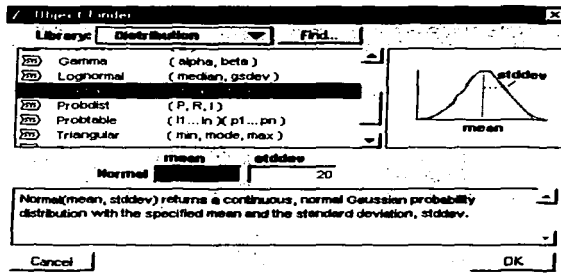
### Project

Esta herramienta de software también se usa en la etapa de planeación.

### Manejo de Riesgo e Incertidumbre

Los riesgos e incertidumbres son hechos que se pueden manejar más fácilmente con un proceso de software como los mencionados con anterioridad. Estos sirven para entender y manejar incertidumbre explícitamente y usar probabilidades, sin ser un experto en estadística: Un programa de software que sirve para la fase de análisis cuantitativo no ayuda a expresar incertidumbres seleccionando la distribución de probabilidad apropiada en un navegador gráfico, además de darnos las siguientes ventajas:

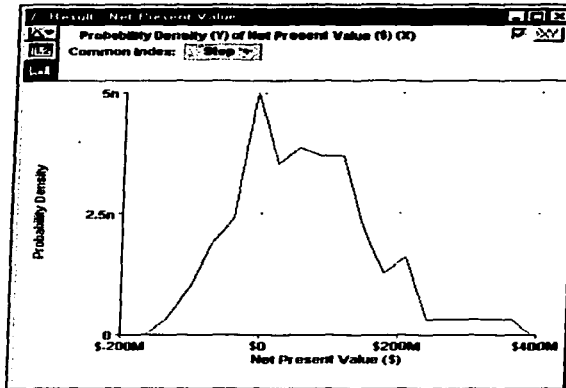
- Gráficos para comprender la estructura cualitativa esencial de los modelos, con la claridad gráfica de diagramas de influencia
- Manejar tablas con facilidad.
- Entender riesgos e incertidumbres usando eficazmente el simulador Monte Carlo u otro.
- Desplegar modelos en el web rápidamente y fácilmente (vía el Motor de Decisión)



TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

Figura 16. Herramienta para análisis cuantitativo. (@RISK)

Lo que se necesita es mostrar resultados inciertos en algún formato: como bandas de probabilidad, funciones de densidad de probabilidad, funciones de probabilidad acumulativa o estadísticas de estandarate.



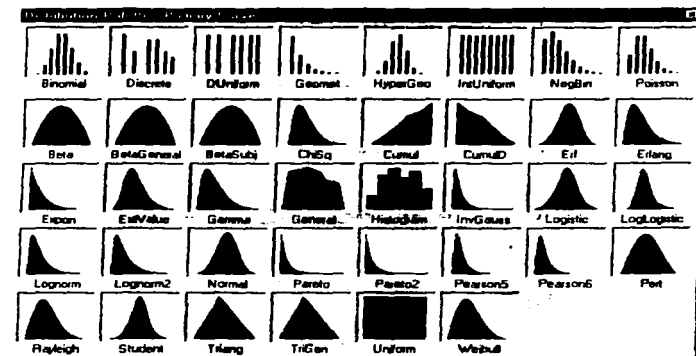
TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

**Figura 17.** Gráfico que representa la densidad de probabilidad en función de valor presente neto. (@RISK)

Usando estos programas se determinan incertidumbre mucho mas fácilmente y eficazmente.

#### *Temas Importantes*

Puesto que la determinación de la distribución de probabilidad es un paso importantísimo en la administración de riesgos estos programas proporcionan métodos poderosos para el análisis de incertidumbre. En los siguientes gráficos se presentan las diferentes distribuciones de probabilidad que usan estos programas.



TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

Figura 18. Distintas distribuciones de probabilidad. (analitica.com)

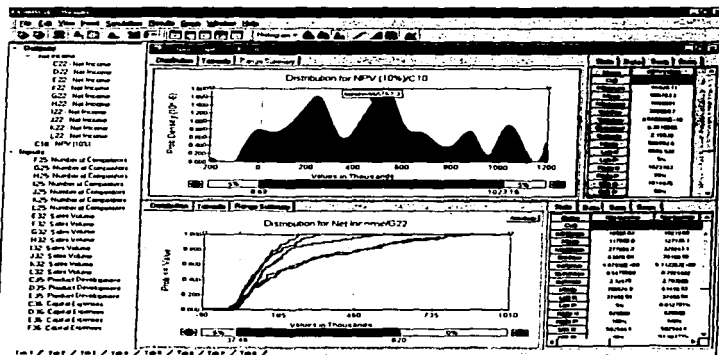


Figura 19. Ejemplo de resultados en un análisis cuantitativo de riesgos. (@RISK)

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La implementación de un proceso de administración de riesgos (PAR) es una parte indispensable en el desarrollo de un proyecto. En este trabajo se presentaron distintos enfoques, herramientas y algunos modelos que existen en la literatura, para proveer de una visión útil a los profesionales interesados en esta área tan importante, para determinar los factores de riesgo asociados a un proyecto y determinar las medidas necesarias para controlarlo y/o mitigarlo. Las ventajas de usar este tipo de enfoques de administración de riesgos (Enfoque General de las Cuatro Acciones, Enfoque Sistemático de las Cinco Fases de Administración de Riesgos, Enfoque de los Seis Pasos Según la Guía PMBoK y Enfoque de las Nueve Fases Genéricas) son que ayuden a determinar y prever los riesgos; y de esta forma ahorra recursos económicos y recursos de tiempo.

Algunos enfoques están altamente estructurados, pero no por eso son rígidos. La creatividad, opiniones e imaginación de los participantes, son alentadas por estos enfoques. Por lo que los enfoques pueden estar involucrados con cuestiones muy complejas, es muy importante verlos de forma simple, como una guía. La naturaleza iterativa de estos procesos es central para mantenerlos de forma simple.

Existen muchos enfoques desarrollados por distintos autores, que ayudan a tener una visión clara de la administración de riesgos. Al implementarse uno de estos enfoques se debe tener cuidado de no pasar por alto ninguna fase( planeación, identificación análisis cualitativo, cuantitativo, respuesta al riesgo, control y monitoreo entre otras, dependiendo el enfoque que se toma), para que valga la pena el uso de estos. En este trabajo se presenta cuatro enfoques antes mencionados, los cuales se consideran como los más actuales y completos presentados en la literatura.

El uso adicional de herramientas es de gran utilidad y pueden emplearse en todas las fases de un proceso de administración de riesgos. Siempre es mejor el uso del enfoque combinado con el uso de herramientas, como se vio en la matriz 1; el uso de las distintas herramientas y enfoques se debe analizar, para determinar su factibilidad económica y de tiempo.

Podemos observar que una de las herramientas más usadas y recomendadas es la el desglose de la estructura de trabajo (DET). Esta herramienta es la base de una identificación y planeación de riesgos, puesto que desglosa las actividades del proyecto de tal forma que se aprecia las actividades importantes y que requieren tiempo y las actividades que no lo requieren también.

También se observa que el desempeño de cualquier proceso de proyectos, es el resultado directo de las acciones de las diversas partes involucradas. Aquí se presentaron los diversos factores que influyen en el buen desempeño que influyen en los procedimientos y estructura de un proyecto, en donde se ve que el factor humano es la característica, sino la más importante una de ellas. Aplicando la base conceptual genérica de Ward, que se menciona aquí, se determina la importancia del contexto del proyecto y las partes que lo involucran para lograr una eficaz administración de riesgos.

---

Algunos de los autores y organizaciones han desarrollado modelos o prototipos como el SBC ó el de desarrollo de respuesta al riesgo como el presentado en los ejemplos de este trabajo, para distintas etapas de administración de riesgos, por ejemplo en el análisis cuantitativo o cualitativo, en la fase de planeación, respuesta al riesgo y en la identificación, que dan excelentes resultados como herramientas auxiliares.

Dentro de las tendencias futuras se observa un creciente desarrollo de programas que sirven de soporte a los administradores de proyectos. Las herramientas que existen pueden ser muy sencillas o muy complejas, y se deben escoger de acuerdo a las necesidades de cada proyecto. Las herramientas más usadas hoy en día son lo programas de software o simuladores como el de Monte Carlo que sirve para el análisis cuantitativo de riesgos; otros programas sirven para la fase de planeación y son ampliamente usados como el Risk o Project. Los prototipos también son una herramienta valiosísima en este tipo de análisis, como el SBC.

Sé espera que este trabajo pueda ser útil para los administradores del proyecto o ingenieros del proyecto, que deseen tener una base para ejecutar e interpretar análisis de riesgos en proyectos. Los sistemas formales pueden reducir considerablemente el tiempo empleado en dirigir análisis de riesgos y en tomar acciones de respuesta al riesgo apropiadas, recomendadas para controlar y manejar los factores de riesgo identificados.

Por las conclusiones anteriores se recomienda el uso de cualquiera de los enfoques presentados en este trabajo, en todo proyecto que se planea desarrollar e incluso en los proyectos que ya se iniciaron. Un enfoque como el de las seis fases genéricas, que desglosa las actividades más importantes en un análisis de riesgos: Planeación de la administración del riesgo, Identificación del riesgo, Análisis cualitativo del riesgo, Análisis cuantitativo del riesgo, Planeación de respuesta al riesgo, Control y monitoreo del riesgo. Este enfoque complementado con herramientas para cada fase nos provee un excelente desarrollo de administración de riesgos en proyectos. Este proceso es el más usado en la actualidad y en el que se basaron algunos otros autores para desarrollar el suyo. El uso de este proceso demuestra que puede aplicarse eficazmente en la administración de riesgo.



## 6. EJEMPLOS

### 6.1 APLICACIÓN DEL SISTEMA BASADO EN EL CONOCIMIENTO (SBC)

Un prototipo de identificación de riesgo con el SBC<sup>20</sup> (KBS por sus siglas en inglés) se presenta para ilustrar cómo semejante herramienta computarizada puede aplicarse a un proyecto de ingeniería real. De hecho, el sistema propuesto es muy flexible, pero debe configurarse para ser usado. Se necesita identificar un "tipo" de proyecto que será planeado. El proyecto seleccionado debe tener un alto grado de repetición y por lo tanto es probable que los mismos tipos de factores de riesgo ocurran en proyectos similares. Todo proyecto debe tener un DET similar. Entonces, la primera etapa de configuración es crear una base de conocimientos de actividades del proyecto, factores de riesgo y riesgos potenciales del proyecto. Cuando se reúne esta información, esta no debe cambiar de proyecto a proyecto. La última etapa de configuración es fijar los valores de riesgo para el proyecto específico a considerar. Este escenario puede cambiar de proyecto a proyecto.

El prototipo bajo desarrollo se construye usando una "línea de transmisión de voltaje extra-alto" (EHV) de un proyecto. Debido a los altos riesgos asociados con la construcción de una línea de transmisión EHV, un plan financiero necesita ser sometido y escrutado por el Gobierno y sus consultores independientes, por ellos elegidos, para asegurar que el proyecto pueda completarse a tiempo y dentro del presupuesto. Esta identificación de riesgo SBC ayuda a que los administradores del proyecto o ingenieros, identifiquen los riesgos potenciales del proyecto y los paquetes de trabajo relacionados en orden, para evaluar el impacto de riesgo en los costos del proyecto y para decidir acciones correctivas, si las desviaciones ocurrieran y afectarían a los objetivos en cuestión de costo establecidos.

Se requieren los conocimientos adquiridos a través de estudios anteriores de la industria del suministro de electricidad y las experiencias prácticas del administrador de proyectos, para el proceso de adquisición de conocimiento.

Se han archivado en este sistema varios riesgos que realmente pasaron durante la construcción de proyectos similares. En el este sistema 97 reglas han sido desarrolladas para cubrir 14 factores de riesgo externos y 24 internos y 5 actividades de trabajo relacionaron a la línea de transmisión EHV de construcción del proyecto.

El sistema entero se escribe en Visual Basic y se corre en una PC-IBM compatible. La estructura del sistema se compone de dos módulos principales: el sistema de control y la base de conocimientos (base de datos). El sistema de control contiene el código fuente del programa escrito en MS Visual Basic, por estrategia de solución del problema (proceso de encadenamiento de inferencia avanzado) y para la interfase a los usuarios (entradas y salidas).

<sup>20</sup> LEUNG, H. M., Chuah, K.B. y Rao Tummala, V.M. "A Knowledge-based System for Identifying Potential Project Risk". Omega (Oxford), (1998). Vol.26, No.5, pp. 623-638. Gran Bretaña.

Las reglas de conocimiento se guardan en una base externa de conocimientos (en MDB formato de base de datos). Manteniendo el módulo de la base de conocimientos separado del módulo de sistema de control, que permitirá al ingeniero mantener y revisar las reglas del conocimiento en un ambiente flexible. El sistema de control cargará la regla de conocimiento fuera de la memoria para ocupar la esta y lo accederá cuando se necesite.

El proceso de consulta de la identificación de riesgo SBC propuesto consiste en tres pasos básicos: Análisis de Causas, Identificación de Riesgos del Proyecto. Identificación de los Paquetes de Trabajo Relacionados con el Riesgo.

#### 6.1.1 Paso uno - Análisis de las causas: entrada de las actividades de trabajo y factores de riesgo basados en el ambiente actual del proyecto.

Cuando una pregunta se recibe, la pantalla de la interfase del usuario aparecerá (como se muestra en la Figura 20) y el sistema requerirá del usuario la entrada de la información relacionada al proyecto. En este prototipo, las actividades de trabajo para una línea de transmisión EHV incluyen: estudio de la ruta, selección e instalación de conductores / aisladores, y construcción torre. Se reunieron una lista de factores potenciales de riesgo de proyectos similares, como se muestra en las Tablas 10 y 11.

Figura 20. Programa de interfase para identificación de riesgo. (LEUNG, Chuah, y Rao Tummala. Omega (Oxford), 1998. Gran Bretaña.)

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

En el menú de la interfase del usuario se muestra todas las actividades de trabajo y factores de riesgo al usuario, para que él / ella pueda seleccionar cualquiera de las actividades y factores de riesgo para examinar los efectos de riesgo correspondientes. En este ejemplo, el usuario primero accesará la inspección de las rutas como la actividad de trabajo y entonces, especifica los principales factores de riesgo como consulta pública y requisitos para los permisos gubernamentales.

**Tabla 10. Factores de riesgo externos.**

Código	Factores de riesgo externos
	<b>EA: financieros y económicos</b>
EA01	razón de fluctuación en la inflación
EA02	fluctuación del tipo de cambio
EA03	cambios de costo en consultoría
EA04	cambios de tendencias de precios
EA05	descuido financiero por subcontratistas
	<b>EB: política y medioambientales</b>
EB01	cambios en leyes
EB02	permisos y aprobación gubernamental
EB03	cambios en leyes de contaminación
EB04	consulta pública
	<b>EC: fenómenos naturales</b>
EC01	mal tiempo
EC02	daños por viento
EC03	diluvio
EC04	derrumbes
EC05	incendios

(LEUNG, Chuah, y Rao Tummala. Omega (Oxford). 1998. Gran Bretaña.)

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Tabla 11. Factores de riesgo internos.

Código	Factores de riesgo internos
	IA: diseño
IA01	alcance incompleto del diseño
IA02	cambios en el diseño
IA03	errores y omisiones
IA04	especificaciones inadecuadas
IA05	diseño defectuoso
IA06	falta de normas
	IB: relacionadas al sitio de trabajo
IB01	condiciones diferentes
IB02	acceso negado por lugareños
IB03	trabajo defectuoso
IB04	malas condiciones del camino
IB05	disputa obrera y huelga
IB06	escasez de trabajo
IB07	condiciones geotécnicas pobres
	IC: operacional y administrativo
IC01	equipo dañado
IC02	pausas en el sistema
IC03	ausencia de técnicas
IC04	Ausencia de evaluaciones
IC05	precaución insuficiente
IC06	falta de coordinación
IC07	falta de comunicación
IC08	mala comunicación con el cliente
IC09	pobre control administrativo
IC10	escasez de recursos
IC11	actuación pobre de contratistas

(LEUNG, Chuah, y Rao Tummala. Omega, (Oxford). 1998. Gran Bretaña.)

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

### 6.1.2 Paso dos - Identificación de riesgos del proyecto: investigando la base de conocimientos para identificar todos los riesgos potenciales del proyecto

El proceso de razonamiento avanzado empieza entonces. Se toman tres reglas (Reglas 1, 2, y 3) como se muestra en la figura 21, y dos riesgos del proyecto se identifican y relacionan las actividades de trabajo y los factores de riesgo. Estos riesgos de proyecto incluyen:

- a. Variación en alineación de la ruta y longitud de la ruta;
- b. Variación en el tipo y cuantificación de la torres.

<b>Regla 1</b>	
<b>Si</b>	(Factor de riesgo EB04: Consulta pública) y (Factor de riesgo EB02: Permisos y aprobaciones gubernamentales)
<b>Entonces</b>	(Factor de riesgo IA02: Cambios en el diseño)
<b>Regla 2</b>	
<b>Si</b>	(Factor de riesgo IA02: Cambios en el diseño) y (Factor de riesgo EB01: Cambio en leyes) y (Actividad de trabajo: Inspección de ruta)
<b>Entonces</b>	(Riesgo de proyecto: Variación en la alimentación y tamaño de ruta)
<b>Regla 3</b>	
<b>Si</b>	(Riesgo de proyecto: Variación en la alineación y tamaño de ruta) y (Factor de riesgo EB02: Permisos y aprobaciones gubernamentales)
<b>Entonces</b>	(Consecuencia de riesgo: variación en el tipo y cuantificación de torres)
<b>Regla 4</b>	
<b>Si</b>	(Riesgo de proyecto: Variación en la alineación y tamaño de ruta)
<b>Entonces</b>	(Efecto de riesgo: Producción de incertidumbre e inspección de ruta) y (Paquete de trabajo que será impactado: WP1110101 estudio y preparación del control final del perfil final de la línea de torres)
<b>Regla 5</b>	
<b>Si</b>	(Riesgo de proyecto: Variación en la cuantificación de torres)
<b>Entonces</b>	(Efecto de riesgo: producción de incertidumbre en el tipo y número de torres que se necesitan construir) y (Paquete de trabajo que será impactado: WP1110401 Construcción de torre WP1110402 Construcción de torre WP1110403 Construcción de torre WP1110404 Construcción de torre WP1110405 Construcción de torre)

TESIS CON  
 FALTA DE ORIGEN

**Figura. 21** Ejemplo de reglas empatadas (ejemplo de razonamiento avanzado).  
(LEUNG, Chuah, y Rao Tummala. *Omega* (Oxford). 1998. Gran Bretaña.)

El primer riesgo del proyecto (variación en alineación y longitud de la ruta) es deducido usando dos reglas (Reglas 1 y 2) en la base del conocimiento. En la Regla 1, el factor de riesgo (cambios en el diseño) es determinado por la entrada de los dos factores de riesgo (la consulta pública y requisitos para el permiso). Porque el usuario especifica todos los factores de riesgo relacionados que están en la regla emparejada, el factor de riesgo (cambios en leyes y regulaciones) que aparece en la parte-Si de Regla 2 se cumple. Como resultado, se deduce entonces el riesgo del proyecto (variación en alineación y longitud de la ruta). Similarmente el segundo riesgo del proyecto (variación en el tipo y cantidad de torres) también es deducido por los mismos pasos del razonamiento (Regla 3).

**6.1.3 Paso tres - Identificación del riesgo relacionando a los paquetes de trabajo: investigando paquetes de trabajo, que correspondan a los riesgos del proyecto identificados.**

Basado en la información proporcionada por estas reglas, el proceso del razonamiento avanza continua para investigar la base de conocimientos para encontrar los efectos de riesgos y paquetes de trabajo que corresponden a los riesgos del proyecto identificados. Durante el proceso de búsqueda, se emparejan dos reglas (Regla 4 y 5), como se muestra en la figura. 21, a continuación se presentan los siguientes paquetes de trabajo que se relacionan con los riesgos del proyecto identificados.

- WP1110101: Estudio y preparación del control final de perfil final de la línea.
- WP1110401: Construcción (Tipo D)
- WP1110402: Construcción (Tipo D10)
- WP1110403: Construcción (Tipo D30)
- WP1110404: Construcción (Tipo D45)
- WP1110405: Construcción (Tipo D90)

Todos los riesgos de proyecto identificados y paquetes de trabajo relacionados al riesgo se resumirán en la interfase del usuario como se muestra en la figura 22. Además, las reglas arrojadas también se muestran en sucesión. Esto es porque el SBC's tienen la habilidad de explicar el razonamiento que llevó al resultado. Así, los factores de riesgo potenciales y sus efectos y sus correspondientes paquetes de trabajo pueden ser identificados por el sistema especializado SBC.

Una vez que los factores de riesgo potenciales y sus efectos de riesgo con sus paquetes de trabajo correspondientes se identifican, la información del costo pertinente puede usarse para determinar el costo total, donde el costo total es igual el costo total de todos los paquetes de trabajo asociados al proyecto. Como cada costo de los paquetes de trabajo es afectado a través de ciertos factores de riesgo, el costo del proyecto global puede variar dramáticamente. Basado en la búsqueda de los resultados, los componentes del costo pueden estimarse en cada paquetes de trabajo, en función de distribuciones de probabilidad. Esto se lleva a cabo en la fase de valoración de riesgo del PAR, el cual permite a administradores del proyecto. evaluar la probabilidad de ocurrencia de una estimación de costos.

Con el modelo del costo, junto con las distribuciones de probabilidad asociadas, se necesita hacer una evaluación con todos los posibles resultados de las relaciones que se establecieron en el modelo de costo. Esto puede lograrse rápidamente en una hoja de cálculo cuando la estimación de costo total puede resumirse al usar el simulador Monte Carlo. El software de @RISK disponible comercialmente puede usarse para determinar la distribución de probabilidad del costo total de proyecto. @RISK un programa de simulación para hojas de cálculo de Microsoft Excel. La simulación se refiere a un método por medio del cual la distribución de posibles resultados se genera permitiendo que la computadora calcule una y otra vez la hoja de cálculo, cada tiempo usa diferentes valores al azar.

Work Activity :	Route Survey	Project No. :	AGS01
Risk Factor :	Public Communication Riendamiento los paraisos	DEPT :	TSC
		Date :	7 - 12 - 98
Project Risk :	Project Risk: Variation in route alignment and route length Project Risk: Variation in type and quantity of lanes		
Work Package :	WP 1110001: Check survey and preparation of final profile and line WP 1110002: Tower construction (Type 01) WP 1110003: Tower construction (Type 02) WP 1110004: Tower construction (Type 03)		
Explanation :	(Project Risk: Variation in quantity of lanes) Risk effect: Causes consistency in the type and number of lanes used to be disrupted. (The work package will impact: WP 1110002: Tower construction (Type 01) WP 1110003: Tower construction (Type 02) WP 1110004: Tower construction (Type 03)		

TESIS CON  
 FALLA DE CRITICEN

**Figura 22.** Interfase del usuario para la búsqueda de los resultados. (LEUNG, Chuah, y Rao Tummala. *Omega* (Oxford). 1998. Gran Bretaña.)

Después de determinar la distribución de probabilidad del costo total, los administradores del proyecto, en la fase de evaluación de riesgo, pueden formular algunas acciones de respuesta al riesgo y las evalúan usando perfiles de riesgo apropiados generados por la distribución de probabilidad del costo total, para escoger el mejor curso de acción para controlar y mitigar los riesgos identificados. En la fase de control y de monitoreo, los administradores del proyecto pueden revisar el progreso del proyecto y pueden desarrollar informes para comunicar al administrador senior y otro personal relacionado con el proyecto. Se pueden usar esta fase para examinar si cualquier desviación ocurrirá en los objetivos y para tomar las acciones necesarias para corregirlos si estas ocurren.

#### 6.1.4 Beneficios de usar el sistema basado en el conocimiento para la identificación de riesgos

Los resultados obtenidos muestra que este sistema puede aplicarse eficazmente. Esta herramienta proporciona un rango útil de información a administrador del proyecto o al ingeniero del proyecto, en factores de riesgo que los ayudará para tomar acciones correctivas en control y manejo de los factores de riesgo identificados. Los beneficios de usar el sistema son los sigues:

- Los administradores de proyectos pueden informarse de los riesgos relacionados al proyecto para identificar factores de riesgo.
- Los administradores podrán reconocer paquetes de trabajo relacionados al riesgo, que corresponden a los riesgos del proyecto identificados.
- Cada paquete de trabajo relacionado a los factores de riesgo identificados tendrá posibles consecuencias. Estas consecuencias pueden proporcionar el costo global del proyecto. Cuando los valores asociados y las distribuciones de probabilidad de todos los componentes del costo son moderados y evaluados, el administrador del proyecto puede determinar la distribución de probabilidad del costo global del proyecto (o programa) usando la simulación de Monte Carlo. Como resultado, el rango del rendimiento puede ser evaluado decidiendo el nivel del presupuesto apropiado y las necesidades para cualquier contingencia. Además, las acciones de respuesta pueden ser desarrolladas eficazmente para lograr los resultados deseados.
- La administración de riesgos del proyecto puede llevarse a cabo de una fase del ciclo de vida de proyecto a otro. Factores de riesgo potenciales que se identifican en una fase pueden estar en la siguiente fase y pueden ser semejantes.
- El sistema proporciona una manera eficaz y sistemática de transferir conocimientos. La organización puede absorber y poner al día la experiencia de administradores e ingenieros del proyecto, aumentada durante años, como base de conocimientos.
- Cualquier administrador del proyecto puede usar el sistema como una lista de verificación (checklist) dinámica, porque puede considerar cualquier combinación de factores de riesgo fácilmente y puede evaluar sus riesgos del proyecto. Además, si los usuarios cuestionan los resultados, el sistema puede explicar el razonamiento de los factores de riesgo iniciales, las reglas correspondientes, los riesgos del proyecto y sus efectos de riesgo. El sistema también puede usarse como una herramienta de entrenamiento excelente para los administradores de proyecto con poca experiencia.

Así el prototipo construido demuestra su utilidad para identificar factores de riesgo potenciales y evaluar los efectos de riesgo correspondientes junto con los paquetes de trabajo. Como se explicó anteriormente, la base de conocimiento puede reforzar al personal del proyecto, está disponible y además el sistema puede ayudar a administradores del proyecto a analizar riesgos globales de un proyecto antes y durante el trabajo. Esta mejora continua del sistema basado en el conocimiento permitiría a administradores del proyecto llevar a cabo SBC's con problemas de riesgo complejos que requieren la asesoría de expertos.

### 6.5 Conclusiones

El objetivo de este modelo es desarrollar un sistema basado en el conocimiento, que ayuda a administrador del proyecto a determinar factores de riesgo potenciales y los riesgos del proyecto correspondientes. Basado en el análisis de causa y mecanismos de riesgo, para conocimientos adquiridos de experiencias anteriores

El conocimiento se representa entonces por reglas, sistemáticamente se guarda en el sistema de la computadora, para funcionar como una base de conocimientos. Se usa un proceso de búsqueda de encadenamiento avanzado para unir las relaciones entre los



**factores de riesgo y los riesgos del proyecto correspondientes y los paquetes de trabajo relacionados.**

Los resultados de este prototipo demostraron claramente la pertinencia del sistema, puesto que puede aplicarse eficazmente a un proyecto de ingeniería real. Se espera que el sistema pueda ser útil, como una herramienta de administración de riesgo para administradores del proyecto o ingenieros del proyecto, para identificar y evaluar riesgo e interpretar resultados. También, el sistema puede reducir considerablemente el tiempo empleado en administrar el análisis de riesgos y las acciones de respuesta al riesgo apropiadas, recomendadas para controlar y manejar los factores de riesgo identificados. Además, como se mencionó antes, la base de conocimientos puede ponerse al día sin mucha dificultad si es necesario.

## 6.2 MATRIZ DE IMPACTO, PROBABILIDAD E INCERTIDUMBRE <sup>21</sup>

*Una aproximación integral para el desarrollo de respuesta al riesgo en planeación de proyectos*

El ejemplo que se presenta aquí esquematiza un análisis de riesgo realizado para una compañía de alta tecnología ocupada en el desarrollo de los dispositivos (recursos) electrónicos usados en trabajos de vigilancia.

Uno de sus programas desarrollados, llamado código "Seguro", consiste en dos partes: El proyecto Seguro Básico, que estaba a punto de ser terminado al mismo tiempo que este estudio, y el proyecto SeguroB, que estaba listo para comenzar. En la figura 23 se presenta el DET del proyecto en forma abreviada para los propósitos de este ejemplo.

1.0 Programa Seguro	
1.1. Seguro básico	
1.2 Proyecto SeguroB	
1.2.1 Diseño preliminar	1.2.1.1 Diseño técnico preliminar
	1.2.1.2 Análisis de mercado
1.2.2 Diseño	1.2.2.1 Diseño de drivers
	1.2.2.2 Diseño de dispositivo
	1.2.2.3 Diseño aplicado
1.2.3 Codificación	1.2.3.1 Codificación de drivers
	1.2.3.2 Codificación de dispositivo
	1.2.3.3 Codificación de la aplicación
1.2.4 Integración	
1.2.5 Evaluaciones	1.2.5.1 Evaluaciones "en casa"
	1.2.5.2 Evaluaciones en el sitio beta
1.2.6 Operaciones	1.2.6.1 Documentación
	1.2.6.2 Entrenamiento
	1.2.6.3 Mantenimiento

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

**Figura 23.** Ejemplo de Desglose de la Estructura de Trabajo (DET ó WBS). (BEN y Raz, T. *Journal of the Operational Research Society*. 2001. Israel)

<sup>21</sup> I Ben- David y Raz, T. "An integrated approach for risk response development in project planning". *Journal of the Operational Research Society*. (2001). Vol. 52, No. 1, pp. 14-25. Israel.

### *Identificación y análisis de riesgo*

La lista de eventos de riesgo y los datos para las matrices de probabilidad e impacto, fueron obtenidas en una sesión de grupo de cinco horas dirigida por uno de los autores con la participación del encargado y de otro personal clave del proyecto. Cada uno de los participantes elaboró por adelantado una lista de eventos potenciales del riesgo, junto con su probabilidad de ocurrencia y el impacto potencial en el proyecto. Durante la sesión, cada evento de riesgo fue discutido, hasta que el grupo logró un acuerdo con respecto a la probabilidad de ocurrencia y la severidad de su impacto. La fuente de cada riesgo y los elementos que pueden afectar al DET también fueron identificados durante la sesión.

En la figura 24 se presenta la matriz de probabilidad, mientras que en la figura 25 se muestra la matriz de impacto. La columna extrema izquierda de las dos matrices presenta 16 eventos de riesgo identificados, mientras que las otras columnas corresponden a los elementos de trabajo del DET, que sirven como fuentes del riesgo en la matriz P y como localización del impacto en la matriz I. Note que el evento de riesgo número 6 es un evento con un resultado positivo (una oportunidad), según lo indicado por los valores negativos en la matriz I.

Elementos de Trabajo	1.0	1.1	1.2	1.2.1	1.2.1.1	1.2.2	1.2.2.1	1.2.2.2	1.2.2.3	1.2.3	1.2.3.3	1.2.4	1.2.5	1.2.5.1	1.2.5.2	1.2.6	1.2.6.2	1.2.6.3
Eventos de Riesgo																		
1. Sobrecarga en los datos de comunicación					0.02													
2. Fallo en el sistema Seguro básico		0.02																
3. Definición vaga de requerimientos				0.03														
4. Definición vaga de un TIM			0.5															
5. Inadecuado desarrollo de herramientas					0.05													
6. Ningún hueco en el conocimiento de tecnología						0.1												
7. Inadecuado diseño de interfaces de software / hardware							0.3											
8. Óptima selección de los dispositivos								0.15										
9. Inapropiada selección de la estructura de base de datos									0.2									
10. Definición complicada de GUI									0.3									
11. Sobre carga del sistema debido al GUI									0.2									
12. Errores importantes en el código										0.1								
13. Mala definición de drives							0.05											
14. Errores lógicos durante la codificación											0.2							
15. Ejecución de pruebas parciales												0.2						
16. Insatisfactorio nivel de entrenamiento																	0.2	

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Figura 24 Matriz de probabilidad P, que presenta los elementos de trabajo que son las fuentes de los eventos de riesgo y corresponden a la probabilidad de ocurrencia, (las celdas vacías representan ceros). (BEN y Raz, T. *Journal of the Operational Research Society*, 2001, Israel)

Elementos de Trabajo	10	11	12	121	121.1	122	122.1	1222	1223	123	1233	124	125	1251	1252	126	1262	1263
Eventos de Riesgo																		
1. Sobrecarga en los datos de comunicación	20																	
2. Fallo en el sistema Seguro básico	1500																	
3. Definición imprecisa de requerimientos			100												20	40		
4. Definición de un TIM distante			750										100					
5. Inadecuado desarrollo de herramientas						20				50								50
6. Ningún hueco en el conocimiento de tecnología										-30		-20				-20		
7. Inadecuado diseño de interfaces de software / hardware												10		5				
8. Óptima selección de los dispositivos			30							20		10						
9. Inapropiada selección de la estructura de base de datos												20	20					
10. Definición complicada de GUI			200													30		
11. Sobre carga del sistema debido al GUI			20															7
12. Errores importantes en el código			50										30					
13. mala definición de drives												30						
14. Errores lógicos durante la codificación												30						5
15. Ejecución de pruebas parciales																		
16. Insatisfactorio nivel de entrenamiento																5		10

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

Figura 25. Matriz de impacto I presenta los daños (en miles de dólares) que el evento de riesgo puede causar a los elementos de trabajo afectados, (las celdas en blanco representan ceros). (BEN y Raz, T. *Journal of the Operational Research Society*, 2001. Israel)

En la figura 26 se presenta el impacto esperado en la matriz E. Los ingresos se indican en miles de dólares. La suma de todas las entradas, \$636 400 representa el total previsto para costos del riesgo (ERC) antes de la puesta en práctica de cualquier acción de reducción de riesgos.

Los elementos de trabajo 1.2.1.2; 1.2.3.1; 1.2.3.2; 1.2.3.2 y 1.2.6.1 no son involucrados en el análisis de riesgo, estas no son ni fuentes de riesgo, ni daños peligrosos. Para ahorrar espacio estos no se presentan en las matrices P, I y E.

Fuentes de Riesgo \ Elementos de Trabajo Afectados	Elementos de Trabajo Afectados												
	1.0	1.1	1.2	1.2.1	1.2.1.1	1.2.2	1.2.2.1	1.2.2.2	1.2.2.3	1.2.3	1.2.3.1	1.2.3.2	1.2.3.3
1.0													
1.1	30												
1.2			375										
1.2.1			30										
1.2.1.1	4				1			2.5					2.5
1.2.2								-3					
1.2.2.1									-2				
1.2.2.2			4.5					3	4.5		1.5		
1.2.2.3			64						4	4		9	
1.2.3			5						6	3			
1.2.3.3													1
1.2.4													7
1.2.5													
1.2.5.1													
1.2.5.2													
1.2.6													
1.2.6.2													1
1.2.6.3													2

Figura 26. Matriz E que presenta el impacto esperado (en miles de dólares) para las fuentes de riesgo y los elementos de trabajo afectados, (las celdas vacías contienen ceros). (BEN y Raz, T. *Journal of the Operational Research Society*. 2001. Israel)

#### Acciones reductoras de riesgo en la fase de desarrollo

Después de que las fuentes de riesgo y los elementos de trabajo afectados fueron identificados, el administrador del proyecto y su ayudante pasaron un tiempo adicional generando una lista de acciones reductoras de riesgo y estimando sus costos y efectos asociados.

En total veinte acciones fueron propuestas. Estas fueron enlistadas, con su implementación de costos estimados en la figura 27.

La última parte del modelo involucra estimación de efectos en las acciones reductoras de riesgo. Estos son dos tipos de efectos: efectos P que cambian la probabilidad del evento y efectos que cambian el impacto en los elementos de trabajo afectados. Esta parte del análisis también requiere una inversión significativa de tiempo.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

1. Reducción de los requerimientos del sistema SeguroB	\$150,00
2. Contratar y consultar compañías para la fase de diseño	\$25,000
3. Dividir el proyecto en fases para habilitar pruebas internas	\$40,000
4. Investigar información relevante para la fase de diseño	\$10,000
5. Desarrollo de nuevo hardware	\$60,000
6. Desarrollo de una base de datos	\$15,000
7. Ejecución de la revisión del diseño	\$8,000
8. Inspección en el sitio para optimizar el GUI	\$10,000
9. Contratar y consultar compañías para mejorar el diseño del GUI	\$10,00
10. Ejecución sistemática para la revisión de codificación	\$20,000
11. Contratar programadores adicionales para la fase de codificación	\$30,000
12. Revisar los documentos de diseño	\$5,000
13. Codificar con herramientas de desarrollo y procesos alternativos	\$60,000
14. Prueba de las partes críticas del código antes de la fase de la integración.	\$2,000
15. Alternativas tecnológicas para el dispositivo	\$20,000
16. Adición de mecanismos a prueba de fallo	\$2000
17. Reducir el mecanismo de fallo	\$0
18. Diseño y codificación de un tipo de alternativa para desplegar gráficos	\$8,000
19. Contratar y consultar compañías para la etapa de entrenamiento	\$10,000
20. Corregir para tener una guía de usuario comprensible	\$5,000

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

**Figura 27.** Acciones de reducción de riesgos propuestas y su costo de implementación. (BEN y Raz, T. *Journal of the Operational Research Society*, 2001, Israel)

Los efectos son enlistados en la figura 27. Una sola acción puede tener efectos severos en ambos tipos, cada uno afecta a un elemento simple de trabajo. Cada renglón en la figura 27 corresponde a un efecto y representa un vector que se aplica para modificar la columna apropiada de cualquiera de las dos matrices P o I, dependiendo de su tipo. Las columnas en la figura 27 corresponden a los eventos de riesgo en los renglones de las matrices P e I.

Las funciones modificadas en este caso fueron escogidas como la multiplicación de efectos P y el mínimo para efectos I. Los valores para los efectos P están dados desde el punto de vista de factores que multiplican las probabilidades en la matriz P. Los valores para los efectos I están dados en función de miles de dólares, y sustituyen los valores actuales de la matriz I si son más pequeños que estos.

Por ejemplo, acción 1, en la figura 27, se compone de nueve efectos (1a-1i). Si la acción es seleccionada, entonces cada efecto afectará una columna diferente en cualquier matriz P o I. El efecto 1c, por ejemplo, afecta al elemento de trabajo 1.2 en la matriz P. Este efecto reduce la probabilidad del evento de riesgo 4 a 0.70 de su probabilidad actual, de 0.50 a 0.35. Todas las probabilidades de los otros eventos de riesgo permanecen inalteradas. Para el efecto 1i, por ejemplo, afecta al elemento de trabajo 1.2,3 en la matriz I. Reduce el impacto actual en el elemento de trabajo 1.2,3 para el evento de riesgo 5 de su valor actual de \$50 000 para el mínimo de \$50 000, \$20 000, el cual es \$20 000. Todas las otras entradas permanecen inalteradas.

		Eventos de Riesgo																
Acción ID	Evento ID	Evento ID	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
10	P	10a	1.2.3											0.5				
	P	10b	1.2.3.3													0.5		
	P	10c	1.2												0.5			
	P	10d	1.2.4														0.5	
11	P	11a	1.2			0.5												0.5
	P	11b	1.2.3											0.5				
	P	11c	1.2.3.3														0.5	
12	P	12a	1.2			1.0												
	P	12b	1.2.4															0.5
13	P	13a	1.2			0.5												
	P	13b	1.2.1.1				0.5											
	P	13c	1.2.2					1.5										
	P	13d	1.2.2.2						0.5									
	P	13e	1.2.3											0.5				
	P	13f	1.2.2.1												0.5			
	P	13g	1.2.3.3														0.5	
14	P	14a	1.2			0.5												
	P	14b	1.2.3											0.5				
	P	14c	1.2.3.3													0.5		
	P	14d	1.2.4												0.5			
15	P	15a	1.2.3															
	P	15b	1.2.1.1	0.5														
	P	15c	1.2.2					1.5										
	P	15d	1.2.2.1						0.5					0.5				
16	P	16a	1.2.4												0.5			
	P	16b	1.2.5												0.5			
	P	16c	1.2.3											0.5				
17	P	17a	1.2.3.3			0.5												
	P	17b	1.2.1.1	0.5														
	P	17c	1.2									0.5						
18	P	18a	1.2			1.5							0.5					
	P	18b	1.2.3											0.5				
	P	18c	1.2.3.3													0.5		
	P	18d	1.2										0.5					
19	P	19a	1.2.6.3															0.5
	P	19b	1.2.4.3															0.5
20																		

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

Figura 28 a. Efectos de acciones de reducción de riesgo.



		Efectos de Riesgo														
Acción ID	Acción Tipo	Acción Descripción	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	V	1a	1.2.1.1	0.6												
1	V	1b	1.2.1		0.9											
1	V	1c	1.2			0.7										
1	V	1d	1.2.1				1.5									
1	V	1e	1.2.1.1					0.5								
1	V	1f	1.2.2.1						0.6	0.3	0.3					
1	V	1g	1.2.3.1								0.6	0.3	0.3			
1	V	1h	1.2.3.3											0.3		
1	V	1i	1.2.4.2													0.3
2	V	2a	1.2.1		0.5											
2	V	2b	1.2			0.6										
2	V	2c	1.2.1.1				0.6									
2	V	2d	1.2.3					1.5								
2	V	2e	1.2.2.1						0.3					0.6		
2	V	2f	1.2.2.2							1.5						
2	V	2g	1.2.3.3								0.6	0.3				
2	V	2h	1.2.1.1			1.5							1.5			
2	V	2i	1.2.1											1.5		
2	V	2j	1.2												1.5	
2	V	2k	1.2.3.1													1.5
2	V	2l	1.2.2.1													
2	V	2m	1.2.3.3													
2	V	2n	1.2.6.2													
2	V	2o	1.2.1													
2	V	2p	1.2													
2	V	2q	1.2.1.1													
2	V	2r	1.2.2													
2	V	2s	1.2.2.1													
2	V	2t	1.2			1.5										
2	V	2u	1.2.2.2													
2	V	2v	1.2.2.3								0.3					
2	V	2w	1.2.3													
2	V	2x	1.2.1.1	0.9												
2	V	2y	1.2			0.9										
2	V	2z	1.2.3					1.5								
2	V	3a	1.2.2.3								0.3	0.6				
2	V	3b	1.2.1.1	1.5												
2	V	3c	1.2.1			0.9										
2	V	3d	1.2				1.1									
2	V	3e	1.2.3									0.3	0.6			
2	V	3f	1.2.2.3									0.3	0.6			

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Figura 28b. Efectos de las acciones de reducción de riesgos.  
(BEN y Raz, T. *Journal of the Operational Research Society*, 2001, Israel)

### *Selección de acciones*

El cuadro 7 muestra las acciones de reducción de riesgo clasificadas según el orden en cuál fueron seleccionados por el procedimiento "ambicioso". Los valores negativos indican que los costos de las acciones son altos que los costos de reducción de riesgo esperados que estos conllevan. Los cálculos fueron realizados en una hoja de cálculo de Excel usando código Visual Basic y requirió menos de un minuto.

Para comparación, se muestra también los resultados que se habrían obtenido con la aproximación "ingenua" mencionados en la introducción. Similar a la aproximación "ambiciosa", la aproximación "ingenua" evalúa la contribución de cada acción desde el punto de vista de reducción para el TRC, y selecciona esas acciones que tiene una contribución positiva. La diferencia principal entre el acercamiento ingenuo y el acercamiento ambicioso es que la evaluación ingenua se hace separadamente en cada acción, mientras que con el acercamiento ambicioso se calculan la contribución de cada acción de las acciones ya seleccionada.

Observando el Cuadro 7 podemos notar que el acercamiento ingenuo en general tiende a sobrestimar la reducción de los costos de riesgo totales. Esto ocurre porque el acercamiento ingenuo ignora la interacción entre los efectos múltiples que son el resultado de la aplicación de algunas acciones de reducción de riesgo.

Con el acercamiento ingenuo, se habrían seleccionado las acciones 2, 11, 14, 7, 4, 17, 9, 16, 13 y 1. Esto daría un costo total de \$386 142 (\$79 142 de ERC y \$307 000 de CRC). El acercamiento ambicioso recomienda la aplicación de las acciones 2, 11, 14, 7, 17, y 16, para un costo total de \$264 822 (\$187 822 de ERC y \$77 000 de CRC). Se nota que en este ejemplo en particular el procedimiento ambicioso da el verdadero óptimo, como se confirmó por una exhaustiva búsqueda entre todo las posibles combinaciones de acciones.

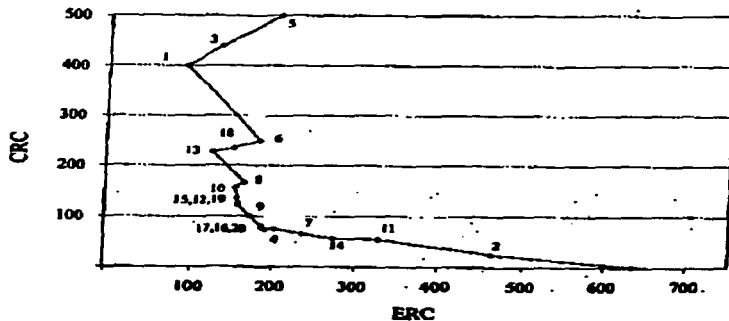
Acciones de reducción de riesgo	Reducción del TRC	
	Ingenuo	Ambicioso
2. Contratar y consultar compañías para la fase de diseño	\$147200	\$147200
11. Contratar programadores adicionales para la fase de codificación	\$138500	\$104500
14. Prueba las partes críticas del código antes de la fase de la integración	\$97200	\$53720
7. ejecución de la revisión del diseño	\$69400	\$30830
4. Investigar información relevante par ala fase de diseño	\$54700	\$22268
17. Reducir el mecanismo de fallo	\$22800	\$12180
16. Adición de mecanismos a prueba de fallo	\$6250	\$880
20. Corregir para tener una guía de usuario comprensible	\$-3800	\$-3800
9. Contratar y consultar compañías para mejorar el diseño del GUI	\$38440	\$-4563
15. Alternativas tecnológicas para el dispositivo	\$-9000	\$-4792
12. Revisar los documentos de diseño	\$-18900	\$-5310
19. Contratar y consultar compañías para la etapa de entrenamiento	\$-7900	\$-8740
10. Ejecución sistemática para la revisión de codificación	\$-700	\$-17805
8. Inspección en el sitio para optimizar el GUI	\$-720	\$-20783
13. Codificar con herramientas de desarrollo y procesos alternativos	\$2050	\$-19469
18. Diseño y codificación de un tipo de alternativa par desplegar gráficos	\$-41750	\$-34525
6. Desarrollo de una base de datos	\$-91000	\$-47110
1. Reducción de los requerimientos del sistema SeguroB	\$18380	\$-57184
3. Dividir el proyecto en fases para habilitar pruebas internas	\$-155500	\$-81498
5. Desarrollo de nuevo hardware	\$-179750	\$-132143

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**Figura 29.** Reducción de los costos totales por cada acción seleccionada. (BEN y Raz, T. *Journal of the Operational Research Society*. 2001, Israel)

### Análisis de resultados

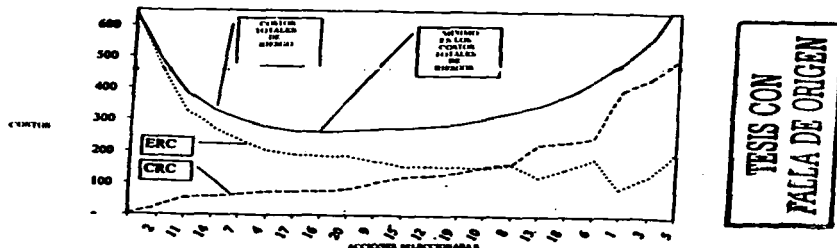
Vale la pena considerar el cambio entre el ERC y el CRC a medida que el procedimiento ambicioso evoluciona. Esto se muestra en el gráfico de la figura 30 cuyos ejes corresponden a los dos tipos de costos. Cada punto en la grafica corresponde a una iteración, y es marcada con el número de las acciones de reducción de riesgo seleccionadas. Al principio estamos en la esquina del fondo-derecho del gráfico, donde ninguna acción de reducción de riesgo se ha seleccionado y el ERC total es aproximadamente \$636 400. Por cada iteración el CRC se incrementa por los costos de implementación de la acción seleccionada. Al mismo tiempo, el ERC ha de disminuir como resultado de los efectos de la acción en las matrices P e I. Sin embargo, en algunos casos (aquí, acciones 8, 6, 3 y 5) la acción seleccionada causa realmente un aumento en el ERC. Esto es porque la aplicación de la acción de reducción de riesgo aumenta la probabilidad o el posible impacto de otros riesgos. Por ejemplo, el efecto 6a para la acción de la reducción de riesgo 6 incrementa el 20 % la probabilidad que el evento de riesgo 4 afecte al elemento de trabajo 1.2 que ocurrirá.



**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**Figura 30.** Relación entre el CRC y el ERC. (BEN y Raz, T. *Journal of the Operational Research Society*. 2001, Israel)

En la figura 31 se presentan los resultados del procedimiento ambicioso de una manera diferente. Las etiquetas en el eje horizontal representan las acciones de reducción de riesgo en el orden en el que se seleccionaron en las distintas iteraciones. La escala del eje vertical está en función de costo. En la figura 31 se muestra como evolucionaron el ERC, CRC y TRC a través de las iteraciones, con el mínimo ocurrido después de la séptima iteración en la que la acción 16 fue seleccionada.



**Figura 31.** Evolución de los costos acumulados a través de las iteraciones del proceso ambicioso. Todos los costos están en miles de dólares. (BEN y Raz, T. *Journal of the Operational Research Society*. 2001, Israel)

Hay una diferencia básica entre el componente de CRC y el componente de ERC de los costos de riesgo totales. El CRC representa gastos en los que se incurre al principio del proyecto, y como tal su magnitud puede estimarse con exactitud razonable. El ERC refleja los costos de las consecuencias de eventos de riesgo futuros, de peso según sus probabilidades respectivas. Aun cuando las estimaciones del costo y probabilidades son tan exactas como puede esperarse, el costo real debido a los eventos de riesgo será diferente del ERC. Esto es debido al hecho que algunos eventos de riesgo ocurrirán y contribuyen en el costo total de sus consecuencias, mientras que otros eventos de riesgo no ocurrirán, y no agregará costo al proyecto. Teóricamente, como el número de eventos de riesgo incrementa, la diferencia entre la suma de sus costos reales y sus valores esperados declinan. Sin embargo, allí siempre va a haber un poco de incertidumbre con respecto al componente del ERC de los costos de riesgo totales para el proyecto.

Una de las suposiciones implícitas del modelo como se presentó hasta ahora, es que el administrador del proyecto está deseoso de gastar cualquier cantidad ahora, para lograr una reducción grande en el valor esperado de los costos que pueden o no podrían ocurrir después. En otras palabras, una cierta suma en el presente tiene el mismo valor como la misma suma en costos futuros esperados. Sin embargo, un administrador del proyecto de riesgo-contrario podría estar deseoso gastar \$1 200 ahora para evitar la exposición a un evento que tiene una probabilidad de 0.001 de causar un daño de \$1 000 000 que puede hacer cojear el proyecto, para un valor esperado de sólo \$1 000.

El punto es que aunque CRC y ERC son moderados en las mismas unidades monetarias, estos dos tipos de costos no son necesariamente aditivos, y por consiguiente la minimización de su suma no pueden ser el verdadero objetivo del administrador del proyecto. Un acercamiento para incorporar las preferencias de riesgo de del administrador del proyecto podría ser trabajar con utilidades en lugar de los costos. Esto definitivamente

complicará la aplicación del modelo. Una alternativa más simple consiste en mirar la proporción de costos esperados a ciertos costos, y seleccionando el juego de riesgo que reduce acciones que traen esta proporción a un nivel que es aceptable al administrador del proyecto. En la figura 32 se enlistan el ERC, CRC, TRC y la proporción ERC/CRC durante todas las iteraciones. Además la proporción ERC/CRC puede ser usada para comparar niveles de riesgo entre diferentes proyectos.

Acciones de reducción de riesgo	ERC			ERC/CRC
	ERC	CRC	TRC	
2. Contratar y consultar compañías para la fase de diseño	464	25	489	18.57
11. Contratar programadores adicionales para la fase de codificación	330	55	385	5.99
14. Probar las partes críticas del código antes de la fase de la integración	274	57	331	4.81
7. ejecución de la revisión del diseño	235	65	300	3.62
4. Investigar información relevante para la fase de diseño	203	75	278	2.71
17. Reducir el mecanismo de fallo	191	75	266	2.54
16. Adición de mecanismos a prueba de fallo	188	77	265	2.44
20. Corregir para tener una guía de usuario comprensible	187	82	269	2.28
9. Contratar y consultar compañías para mejorar el diseño del GUI	171	102	273	1.68
15. Alternativas tecnológicas para el dispositivo	156	122	278	1.28
12. Revisar los documentos de diseño	156	127	283	1.23
19. Contratar y consultar compañías para la etapa de entrenamiento	155	137	292	1.13
10. Ejecución sistemática para la revisión de codificación	153	157	310	0.97
8. Inspección en el sitio para optimizar el GUI	164	167	331	0.98
13. Codificar con herramientas de desarrollo y procesos alternativos	123	227	350	0.54
18. Diseño y codificación de un tipo de alternativa para desplegar gráficos	150	235	385	0.64
6. Desarrollo de una base de datos	182	250	432	0.73
1. Reducción de los requerimientos del sistema SeguroB	89	400	489	0.22
3. Dividir el proyecto en fases para habilitar pruebas internas	130	440	570	0.3
5. Desarrollo de nuevo hardware	203	500	703	0.41

Figura 32. Evolución de la relación ERC/CRC a través de las iteraciones. Todos los costos están en miles de dólares.

(BEN y Raz, T. *Journal of the Operational Research Society*. 2001, Israel)

### Discusión de resultados

Se cree que el análisis de riesgo de proyecto debe relacionarse fuertemente a los elementos de trabajo del proyecto: ellos crean algunos de los riesgos a los que el proyecto se expone; ellos llevan las consecuencias de eventos de riesgo y son afectados por acciones de reducción de riesgo. En esta aproximación, el DET juega un papel central en la identificación, cuantificación y evaluación de riesgos y en las acciones de reducción de riesgo.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Otra característica importante del modelo es que permite riesgos secundarios, que son riesgos creados o incrementados por la aplicación de acciones de reducción de riesgo. Esto también se hace posible usando una variedad de funciones matemáticas, que habilite la representación de eventos positivos (oportunidades) dentro del mismo modelo.

El modelo proporciona un nivel relativamente detallado de análisis, distinguiendo entre el aspecto probabilístico de eventos de riesgo y su impacto, y apoyando efectos múltiples que afectan a diferentes elementos de trabajo. Obviamente, se requiere un gran esfuerzo para validar todos los datos requeridos para aplicar el modelo. Aunque este esfuerzo puede parecer difícil de justificar en una base individual, normalmente debe notar que hay una similitud entre el DET de varios proyectos llevados a cabo por cualquier organización. Consecuentemente, el análisis de riesgo puede ser parcialmente rehusado por otros proyectos. En este contexto, la estructura creada para el modelo (matrices P e I, lista de eventos, lista de acciones, efectos de acciones, funciones modificadas) son muy útiles para capturar, preservar y compartir datos de riesgo.

### *Conclusiones*

En este ejemplo se presenta el desarrollo y la aplicación de un modelo de soporte-decisión para la asignación de esfuerzos para la reducción de riesgos. El modelo es consistente con la mayoría de las metodologías para administración de riesgos de proyectos, y con términos comúnmente aceptados y conceptos pertenecientes a la planeación de respuesta al riesgo. La mayor contribución de este trabajo es en demostrar como un problema práctico y relativamente común puede ser modelado y tratado con herramientas y técnicas de optimización matemática.

El modelo presentado aquí se puede extender para permitir características adicionales del problema. Tal extensión, sirve para dirigir la diferencia entre costos seguros y esperados, podría involucrar la aplicación de funciones de utilidad u otros tipos de función de peso para combinar los dos tipos de costos.

Finalmente, recordamos que el procedimiento ambicioso no garantiza que nosotros encontraremos la solución óptima.

## 7. GLOSARIO

**Riesgo** : Combinación de la probabilidad o frecuencia de ocurrencia de una amenaza u oportunidad y la magnitud de las consecuencias de que este ocurra. Un riesgo de proyecto es un evento o condición incierto que, si este ocurre, tiene un efecto positivo o negativo en el objetivo del proyecto.

**Análisis de riesgo**: Uso sistemático de información disponible para determinar qué tan a menudo eventos específicos pueden ocurrir y la magnitud de sus probables consecuencias. (Una técnica diseñada para cuantificar el impacto de incertidumbre).

**Detonador de riesgo**: Síntomas de riesgo, indicadores para la prevención de riesgo.

**Evaluación de riesgo**: Proceso de identificar los riesgos potenciales, cuantificar su probabilidad de ocurrencia y evaluar su posible impacto en el proyecto.

**Anulación de riesgo**: Planeación de actividades para anular riesgos que se han identificado.

**Evento de riesgo**: Una ocurrencia discreta que efectúa un proyecto.

**Evaluación de riesgo**: Proceso usado para determinar prioridades en la administración de riesgos.

**Identificación de riesgo**: Proceso que determina los riesgos que podría tener un proyecto.

**Administración de riesgo**: Es un proceso sistemático que identifica, analiza y responde a los riesgos de un proyecto. Esto incluye maximizar la probabilidad y las consecuencias de los eventos positivos y minimizar la probabilidad y consecuencia de los eventos negativos para los objetivos del proyecto.

**Plan de administración de riesgo**: Documento que define como analizar y administrar los riesgos de proyecto, que pueden ser implementados en el contexto de un proyecto en particular.

**Matriz de riesgo**: Matriz con los riesgos locales en las filas y la probabilidad en las columnas.

**Caracterización de riesgos**: Clasificación de riesgos conforme a su impacto en el proyecto para determinar si necesitan ser considerados en la reducción, anulación y/o traslado de riesgos.

**Cuantificación del riesgo**: Proceso de aplicar valores a los aspectos de un riesgo (evaluando de la probabilidad de que un evento de riesgo ocurra y afecte al proyecto).

**Clasificación jerárquica**: Clasificación del impacto y la probabilidad de un riesgo.



**Reducción de riesgo:** Tomar acciones para reducir el impacto y la probabilidad de un riesgo.

**Registro de riesgo:** Registro formal de riesgos identificados. (Una entidad de información que enlista todos los riesgos identificados en el proyecto y explica la naturaleza de cada riesgo y proporciona la información pertinente para su valoración y administración).

**Respuesta al riesgo:** Planes de contingencia para administrar un riesgo que puede materializarse. (Acción de reducción de la probabilidad de que un riesgo aparezca o su impacto).

**Riesgo Secundario:** Riesgo que puede ocurrir como resultado de tratar otro riesgo.

**Transferencia de riesgo:** Un contrato entre dos partes para la entrega y aceptación de un producto, donde se transfiere la obligación de los costos de un riesgo de una parte a otra.

**Tratamiento de riesgo:** Selección e implementación de opciones adecuadas para tratar un riesgo.

**Aceptación:** Proceso que no hace nada con el riesgo, más bien se prepara para distribuir las consecuencias si estas ocurren.

**Razón de aceptación:** Un tipo de plan de acción que documenta las razones para aceptar un riesgo (no haciendo nada con él). Esto es documentado por razones históricas

**Adquisición:** El proceso de adquirir a través de un contrato.

**Planes de adquisición:** La colección de planes formales o informales, que sirven para saber como se realizarán las actividades de adquisición, por ejemplo: Adquisición del plan de administración de riesgos o el plan de administración de proyectos.

**Proceso de adquisición:** Conjunto de actividades, métodos o prácticas que un administrador usa para adquirir un sistema y sus productos asociados.

**Acción:** Es una actividad, la cual el administrador puede decidir implementar con intenciones de mitigar un riesgo (reduciendo la probabilidad de impacto) o mejorar la oportunidad (incrementar la probabilidad o impacto).

**Actividad:** Cualquier paso tomado o función ejecutada, mental o física, hacia la realización de un proyecto. Las actividades incluyen todo el trabajo de los encargados y del personal técnico para realizar las tareas del proyecto.

**Análisis:** Proceso en el cual los riesgos son examinados a detalle para determinar el grado de estos riesgos, el cómo se relacionan uno con otro y cuales son los más importantes a tratar.

**Atributos:** Características tales como la confiabilidad, mantenimiento y complejidad. Estas características son algunas referidas como cualidades de calidad.

**Anulación:** Una estrategia de mitigación que elimina la amenaza de un riesgo específico, generalmente eliminando su causa potencial.

**Línea base:** Una especificación o producto que ha sido formalmente revisado, que sirve como base del desarrollo y que se puede cambiar solamente con los procedimientos formales de control de cambio.

**Valoración de la línea base:** El paso inicial de evaluación de probabilidad e impacto.

**Medida:** Para determinar las características o rasgos (magnitud, dimensión, cantidad, capacidad, y capacidad) de algo, sobre todo comparando con una norma.

**Método:** Juego completo de reglas y criterios que establecen una manera precisa de realizar una tarea y llegar a un resultado deseado.

**Contrato:** Acuerdo escrito entre dos o más partes que establecen los requisitos para los productos y servicios a ser adquiridos.

**Evaluación:** Revisiones, inspecciones y/o pruebas para determinar que un producto o un servicio satisface requisitos específicos.

**Impacto:** La pérdida o efecto en el proyecto si un riesgo ocurre. El impacto es uno de los tres atributos de un riesgo. Un riesgo que no impacta un objetivo no es particularmente importante a un administrador del proyecto. Un riesgo que puede afectar el objetivo debe evaluarse y si posible, cuantificar su impacto.

**Evaluación Cualitativa:** El "IMPACTO" se declara en unidades cualitativas como Ninguno, Poco, Medio y Alto.

**Evaluación Cuantitativa:** Las unidades de "IMPACTO" son flexibles. Ejemplos incluyen: Monetario (\$, Yen, etc.), Tiempo (Días, Semanas, etc.), Actuación (Eficacia, etc.).

**Lecciones aprendidas:** Información histórica documentada a través de las reuniones, discusiones o informes escritos, que muestran eventos del proyecto comunes que fueron administrados.

**Ciclo de vida:** El periodo de tiempo que empieza cuando un producto se concibe y acaba cuando este (producto) ya no es aprovechable. El ciclo de vida incluye típicamente una fase de concepto, fase de requerimientos, fase de diseño, fase de implementación, fase de prueba, fase instalación, fase operación y mantenimiento y a veces, la fase de clausura.

**Revisión periódica:** Una revisión que ocurre cada determinado tiempo en intervalos regulares de tiempo.

**Probabilidad:** La eventualidad de que un riesgo pueda ocurrir. La probabilidad es uno de los tres atributos de un riesgo. La evaluación de una probabilidad puede ser expresada en términos cualitativos o cuantitativos.

**Procedimiento:** Es una descripción escrita del curso de una acción a ser tomada para realizar una tarea dada.

**Proceso:** Un juego de actividades realizado para un propósito dado (ejemplo: proceso de adquisición de software).

**Capacidad del proceso:** El rango de resultados esperados que pueden ser logrados siguiendo un proceso.

**Proyecto:** es un esfuerzo temporal emprendido para crear un único producto o servicio.

**Retención:** Parte de pago detenido hasta que el proyecto se completa, para asegurar su desempeño satisfactorio en términos del contrato.

**Organización responsable:** Una unidad definida dentro de la estructura de la organización al que se le asigna responsabilidades, para lograr tareas específicas o consideraciones de costos.

**Base de datos de riesgo:** Un banco de datos para riesgos asociados con un proyecto.

**Conductor de riesgo:** El técnico, programador o soporte de las facetas del riesgo.

**Exposición de riesgo:** El impacto de un riesgo multiplicado por su probabilidad de ocurrencia.

**Registro de riesgo:** Lista de los riesgos del proyecto. El registro de riesgos es una herramienta del equipo de los proyectos y como tal puede incluir muchos elementos diferentes. La información adicional depende del proyecto, equipo del proyecto y cultura corporativa.

**Declaración de riesgo:** Declaración de la condición y consecuencia para definir la incertidumbre y el impacto de un evento.

**Papel:** Definición de responsabilidades que pueden ser asumidas por uno o más individuos.

**Norma:** Requisitos obligatorios empleados para prescribir una disciplina.

**Tecnología:** La aplicación de ciencia y/o ingeniería para lograr un resultado particular.

**Tarea:** Componente bien definido de una actividad del proyecto.

**Entrenamiento:** Adiestramiento para el personal del proyecto, para adquirir conocimientos apropiados, para comenzar y/o sostener los procesos y objetivos específicos de un proyecto.

**Incertidumbre:** Una situación en la que sólo una parte de la información necesaria para la toma de decisiones está disponible.

**Beneficios de incertidumbre:** Un beneficio aumenta si una oportunidad ocurre.

**Varianza:** Diferencia entre el valor corriente y el valor esperado.

---

---

**SBC:** Método para identificar riesgos llamado Sistema basado en el conocimiento o experiencia (KBS por sus siglas en inglés Knowledge-Based System)

**PAR:** Proceso de administración de riesgo. (RPM por sus siglas en inglés Risk Management Process)

**PRAM:** Administración y Análisis de Riesgos en Proyectos (por sus siglas en inglés Project Risk Analysis and Management).

**TRACE:** Estimación del Costo y Evaluación del Riesgo Total ( Total Risk Assessing Cost Estimates)

**DET (Rompimiento de la estructura de trabajo):** Es un grupo de elementos del proyecto orientado a los entregables dividido por niveles, que organiza y define el alcance del trabajo del proyecto.

**EAP:** Índice de la Ejecución de la Administración de Proyectos, es la media de la respuesta a las siguientes seis características de una ejecución de administración de riesgos: Extensión y frecuencia de cambio en planes, frecuencia de reuniones de emergencia, concordancia entre el esfuerzo invertido y el requerido, satisfacción de participantes, satisfacción del cliente, número de cambio.

**CAR:** Contribución de la administración de riesgos.

**ERC:** Costos esperados de riesgos antes de la puesta en práctica de cualquier acción de reducción de riesgo.

**CRC:** Costos seguros de riesgos. Costos que se pueden tener desde el principio del proyecto.

**TRC:** Costos totales de riesgo.

---

## 8. REFERENCIAS

### Bibliográfica:

BACA, G.U. Evaluación de Proyectos. (1995). Ed. Mc Graw Hill. Cap.6, pp. 209-232. México.

CHAPMAN, C. y Ward, S. Project Risk Management: Processes, Techniques and Insights. (1997). John Wiley and Son. USA

FRANKEL, E.G. Project Management in Engineering Services and Development. (1990). Ed. Butterworth. Ch. 25, pp. 282-291. USA.

HAROLD Kerzner, Ph.D. Project Management: A systems approach to planning, scheduling and controlling. (1997). John Wiley and Sons. Inc. 6a. Edición. Pp.867-826. USA.

HERTZ, D.B. y Thomas, H., Risk analysis and Its Application. (1983). Wiley, Chichester,.

PMI. Practice Standard for Work Breakdown Structure. Ed. Project Management Institute. (2001). Pennsylvania. E.U.

Project Management Institute A Guide to the Project Management Body of Knowledge. (2000).Project Management Institute, Pennsylvania, PA.

RUSKIN, A. M. Project Management. What every engineering should know about. (1995). Ed. Marcel Dekker, Inc. Chp. 5, pp.109-119. USA.

### Hemerográfica:

LEUNG, H. M., Chuah, K.B. y Rao Tummala, V.M. "A Knowledge-based System for Identifying Potential Project Risk". Omega (Oxford). (1998). Vol.26, No.5, pp. 623-638. Gran Bretaña.

I BEN- David y Raz, T. "An integrated approach for risk response development in project planning". Journal of the Operational Research Society. (2001). Vol. 52, No. 1, pp. 14-25. Israel.

RAZ, T. y Michael, E. "Use and benefits of tools for project risk management". International Journal of Project Management. (2001). Vol. 228, No. 1, pp. 9-17.

WARD, Stephen. "Requirements for an Effective Project Risk Management Process." Project Management Journal, (1999). Sep. Vol. 30, No.3, pp. 37-43. Reino Unido.

---

CHAPMAN, Chris. "Project risk analysis and management-PRAM the generic process". International Journal of Project Management, Oct. 1997, Vol. 15, No.5, pp. 273-281. Gran Bretaña.

MCCRAY, E.G., Purvis, R.I. y McCray, C.G. "Project Management Under Uncertainty: The Impact of Heuristics and Biases". Project Management Journal, (2002). Vol. 33, No.1, pp.45-57. USA.

WILLIAMS, T.M. "Empowerment vs. risk management?". International Journal of Project Management, Aug. 1997, Vol. 15, No.4, pp.219-222. Gran Bretaña.

ELKINGTON, Paul y Smallan, Clive. "Managing project risks: a case study from the utilities sector". International Journal of Project Management, Ene. 2002, Vol.20, No. 1, pp. 49-57. Reino Unido.

EDWARDS, P.J. y Bowen, P.A. "Risk and risk management in construction: a review and future directions for research". Engineering, Construction and Architectural Management, (1998). Vol. 5, No. 4, pp.339-349. Australia.

WARD, S.C. "Assessing and managing important risks". International Journal of Project Management, Dic. 1999, Vol.17, No. 1, pp. 331-336. Reino Unido.

KEY, Prasanta Kumar (1999). Process re-engineering for effective implementation of projects. International Journal of Project Management, Jun99, Vol.17, No. 3, pp. 147-159. Reino Unido.

GRAVES, Roger. " Open and Closed: the Monte Carlo Model". PM Network, Dic. 2001. pp.48-52. USA.

STRIPLING, Travis E. "Success requires embracing systematic risk management". Pipeline and Gas Journal, Ene. 2001, Vol.228, No. 1, pp. 83-89.

CHRISTENSEN, P.J. y Rydberg, J. "Strategic Risk management in the Oresund Bridge Project: Overcoming Obstacles". PM Network, Nov. 2001. pp.31-36. USA.

OLLI Kuismanen, Tuomo Saari, Jussi Vähäkylä. "Risk Interrelation Management-Controlling the Snowball Effects". PMI, Europe June 2002.

HULETT, T. David. "Integrated Cost / Schedule Risk Analysis". PMI, Europe June 2002.

NTUEN, C. A. y Mallik, A. K. " Applying artificial cost estimating". Cost engineering, 1987, pp. 8-13.

**Páginas Web:**

**Palisade Corporation**

<http://www.palisade.com/>

**Lumina Decision Systems**

<http://www.lumina.com/index.html>

**C/S Solutions**

<http://www.cs-solutions.com>

**Decisioneeringn, Inc.**

<http://www.decisioneering.com>

**Microsoft Corporation**

<http://www.microsoft.com>

**Primavera Systems, Inc.**

<http://www.primavera.com>

**Applied Decision Analysis**

<http://www.adinc.com>

**Dyadem International, Inc.**

<http://www.dyadem.com>

**Software Program Manager Network**

<http://www.spmn.com>

<http://www.cs-solutions.com>

**Project Management Institute**

<http://www.pmi.org>

<http://www.risksing.com>

**Association of Project Managers**

<http://www.apm.org.uk>