

UNIVERSIDAD DE LAS CIENCIAS INFORMÁTICAS
FACULTAD 9



TÍTULO: “Propuesta de técnicas de apoyo a las decisiones para la gestión de riesgos.”

TRABAJO DE DIPLOMA PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE
INGENIERO EN CIENCIAS INFORMÁTICAS

AUTOR: Yusdenys Pérez Mendoza.

TUTOR(a): MSc. Yeleny Zulueta Véliz.

Ciudad de la Habana,
Mayo del 2009.

DEDICATORIA

A Norma mi madre, por enseñarme con su ejemplo y ser la luz que me ha guiado inseparablemente en todos los momentos de mi vida. Por su amor, confianza, dedicación, entrega y valentía a esta causa.

A Jose por su amor y ayuda incondicional. Por brindarme su apoyo inseparable, por sus consejos y su guía. Por quererme como un hijo.

A Julio por creer siempre en mí a pesar de la distancia.

A mí querida hermanita Yaíma, por su inseparable compañía, por su amor y delicadeza.

A Nati, con todo el amor del mundo.

A mis primos Arnaldo, Yuri, Alexei, Raulito, Robertico, Deilis, Mairelis y Dalgis.

A todos mis amigos y compañeros que siempre han estado presente de una forma u otra.

A todos con mucha dedicación y entrega.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco:

A mi madre y mi querida hermanita por estar siempre conmigo.

A mi tutora por brindarme su apoyo incondicional.

A todos los expertos que dedicaron parte de su tiempo para evaluar la propuesta y brindarme sus recomendaciones.

A todos mis amigos y compañeros por apoyarme hasta el último momento.

A todos, les estoy muy agradecido.

DATOS DE CONTACTO

Autor: Yusdenys Pérez Mendoza.

Estudiante Facultad 9.

Grupo de Calidad

Correo electrónico: ypmendoza@estudiantes.uci.cu

Teléfono: 837-3443

Tutor(a): MSc. Yeleny Zulueta Veliz.

Ingeniero en Informática, Universidad de Camagüey, 2004.

Profesora Asistente del Departamento de Práctica Profesional e Ingeniería y Gestión de Software, Facultad 9.

Correo electrónico: yeleny@uci.cu.

Teléfono: 837 2557

OPINIONES Y AVALES

La presente investigación fue presentada en la séptima edición de la Jornada Científica estudiantil en la UCI a nivel de facultad, alcanzando una calificación de Destacado.

OPINIÓN DEL TUTOR

<En este acápite se incluye la opinión del tutor del trabajo de diploma>

RESUMEN

En la actualidad llevar a cabo una correcta Gestión de Riesgos usando buenas prácticas supone un trabajo mayor que el acostumbrado a realizar en la mayoría de las instituciones dedicadas a la producción de software.

La Gestión de Riesgos constituye una parte fundamental para la culminación exitosa de las metas trazadas. La presente investigación se basa en la creación de una guía para la utilización de las Técnicas de Apoyo a la Decisión utilizadas en la Gestión de Riesgos en proyectos productivos de la Universidad de las Ciencias Informáticas. Para ello se realiza una descripción de las mismas en cada una de las fases de la Gestión de Riesgos en que son utilizadas, como en la planificación de los riesgos, en la identificación de los riesgos, análisis de riesgos, en la planificación de las respuestas a los riesgos, así como en el seguimiento y control de los riesgos.

Finalmente se analizan las principales herramientas que hacen uso de algunas de las técnicas descritas durante el desarrollo de la investigación. El presente trabajo constituye una propuesta de técnicas de apoyo a la decisión en la gestión de riesgos en los proyectos productivos de la Universidad de las Ciencias Informáticas.

PALABRAS CLAVES

Software, equipos de desarrollos, métodos, proceso de desarrollo de software, gestión de software, incertidumbre, plan de contingencia, simulación.

ABSTRACT

Now a day, carrying out a proper risk management best practice involves using a larger work than the most of the institutions engaged in the production of software used.

Risk Management is an essential part for the successful completion of goals. This research is based on creating a guide for the use of techniques for decision support used in risk management in productive projects of the University Computer Science. For this is a description of them at each stage of risk management that are used, as in the planning of hazard in the hazard identification, risk analysis in planning for responses the risks as well as monitoring and controlling risks.

The author studies the main tools that make use of some of the techniques described during the investigation. This work is a technical proposal for decision support in risk management in productive projects of the University of Science.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Modelo Hall relacionado con SEI-CMM.	21
Figura 2: Heurística de Eurométodo.....	27
Figura 3: Procesos del MoGeRi (VÉLIZ. 2007).....	27
Figura 4: Realización de la GR en el mundo.	29
Figura 5: Realización de GR en la UCI.	31
Figura 6: Técnicas de Apoyo a la Decisión en la Gestión de Riesgos.	35
Figura 7: Diagrama Causa-Efecto.....	52
Figura 8: Diagrama de Influencia.	54
Figura 9: Información a priori y a posteriori.....	63
Figura 10: Clasificación de un Árbol de Decisión.....	66
Figura 11: Árbol de Decisión.	68
Figura 12: Cadena Medios-Fines.	80
Figura 13: Impacto repercutido de una amenaza sobre un activo.	82
Figura 14: Dependencia entre activos.....	91
Figura 15: Utilización de las TAD en cada una de las etapas de la GR.....	96
Figura 16: Gráfico representativo sobre la evaluación de expertos.	114

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Términos de los procesos de Gestión de Riesgos (ALBA 2008).	17
Tabla 2: Valores de los factores de riesgos según el Modelo McFarlan.	24
Tabla 3: Valores de los factores y riesgos (ZULUETA 2007).	24
Tabla 4: Estructura de ambas dimensiones.....	26
Tabla 5: Técnicas más usuales en la gestión de riesgos.	44
Tabla 6: Tabla representativa del análisis DAFO.....	50
Tabla 7: Estrategias de mejora.....	50
Tabla 8: Muestra de valores necesarios para el análisis.....	58
Tabla 9: Intervalos de probabilidad.	58
Tabla 10: Muestra de valores necesarios para el análisis incluyendo los números aleatorios.....	59
Tabla 11: Elementos de un Árbol de Decisión.	67
Tabla 12: Elementos de la Matriz de Ganancias para el criterio de Maximin o Wald.	70
Tabla 13: Elementos de la Matriz de Ganancias para el criterio de Mínimax o Savage. .71	
Tabla 14: Valores resultantes después de aplicar el criterio de Mínimax o Savage.	71
Tabla 15: Valores resultantes después de aplicar el criterio de Maximax.	72
Tabla 16: Valores resultantes después de aplicar el criterio de Hurwicz.....	73
Tabla 17: Valores resultantes después de aplicar el criterio de Hurwicz.....	74
Tabla 18: Roles responsables de la aplicación de las TAD en la GR.	89
Tabla 19: Activos y valores iniciales.....	91
Tabla 20: Tabla comparativa de TAD.....	96
Tabla 21: Cuadro comparativo de herramientas para la GR.	109
Tabla 22: Resultado general para cada criterio por todos los expertos.	114
Tabla 23: Ordenamiento realizado por cada uno de los expertos a los aspectos del cuestionario.....	115
Tabla 24: Ordenamiento de los rangos de puntajes ligados en cada uno de los aspectos del cuestionario.	115
Tabla 25: Datos de interés sobre los expertos.....	127
Tabla 26: Plantilla de Registro de Riesgo.	129
Tabla 27: Lista de Riesgos.	130
Tabla 28: Priorización de los riesgos del proyecto.	131
Tabla 29: Valores críticos de Chi Cuadrada.	132

DEDICATORIA.....	I
AGRADECIMIENTOS.....	II
DATOS DE CONTACTO	III
OPINIONES Y AVALES	IV
OPINIÓN DEL TUTOR	V
RESUMEN	VI
PALABRAS CLAVES.....	VI
ABSTRACT.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	IX
Introducción.....	6
Capítulo 1: Análisis Teórico de la Gestión de Riesgos y las Técnicas de Apoyo a la Decisión.....	10
Introducción.....	10
1.1 Conceptos fundamentales relacionados con la Gestión de Riesgos.	10
1.1.1 ¿Qué es Riesgo?.....	10
1.1.1.1 Clasificación de los Riesgos. Tendencias actuales.....	11
1.1.1.2 Parámetros de los Riesgos.	12
1.1.1.3 Estrategias frente al Riesgo.	13
1.1.2 Gestión de Riesgos.....	14
1.1.2.1 Identificación de Riesgos.....	15
1.1.2.2 Análisis de Riesgos.	15
1.1.2.3 Respuesta a los Riesgos.....	16
1.2 Gestión de Riesgos en proyectos de desarrollo de software.	16
1.2.2 Términos relacionados con la Gestión de Riesgos.....	16
1.2.3 Actividades Fundamentales de la Gestión de Riesgos.....	17
1.2.4 Generaciones de la Gestión de Riesgos.....	18
1.3 Modelos en la Gestión de Riesgos.....	19
1.3.1 Modelo de Boehm.....	19
1.3.2 Modelo de Hall.	20
1.3.3 Modelo del SEI.....	21

1.3.4	Modelo de MAGERIT.....	22
1.3.5	Modelo de McFarlan.....	24
1.3.6	Modelo RiskMan e iniciativa RiskDriver.....	24
1.3.7	Modelo DriveSPI.....	25
1.3.8	Modelo Eurométodo.....	26
1.3.9	Modelo de Gestión de Riesgos Para Proyectos de Software en la UCI (MoGeRi).....	27
1.4.	Gestión de Riesgos en el mundo.....	28
1.5.	Gestión de Riesgos en la UCI.....	29
1.6.	Técnicas de Apoyo a la Decisión.....	31
1.6.1.	Decisión aplicada al Riesgo.....	32
1.6.2.	Ventajas de la utilización de las TAD.....	34
1.7.	Relación entre la Gestión de Riesgo y las TAD.....	35
1.8.	Conclusiones Parciales.....	36
Capitulo 2: Guía de Técnicas de Apoyo a la Decisión en la Gestión de Riesgos.....		37
2.1	Objetivos de la Guía de Técnicas de Apoyo a la Decisión.....	37
2.2	Análisis de la aplicación de las TAD en la GR.....	38
2.2.1	Entradas.....	39
2.2.2	Salida.....	40
2.3	Actividades a realizar.....	40
2.3.1	Actividad: Planificación.....	40
2.3.2	Actividad: Identificación de los riesgos.....	40
2.3.3	Actividad: Análisis.....	41
2.3.3.1	Actividad: Determinar la probabilidad de cada riesgo.....	41
2.3.3.2	Actividad: Determinar el impacto de cada riesgo.....	41
2.3.4	Actividad: Priorizar los riesgos.....	42
2.3.5	Actividad: Planificación de la respuesta.....	42
2.3.6	Actividad: Seguir y Controlar los Riesgos:.....	42

2.4	Técnicas de Apoyo a la Decisión en la Gestión de Riesgos por etapas.	43
2.5	La Guía de Técnicas de Apoyo a la Decisión.	44
2.6	Técnica usada en la Planificación de los Riesgos.	44
2.6.1	Reuniones de planificación y análisis.	45
2.7	Técnicas para la Identificación de los Riesgos.	45
2.7.1	Revisiones de Documentación:	45
2.7.2	Análisis mediante Listas de Control.	45
2.7.3	Técnicas de Recopilación de Información.	46
2.7.3.1	Tormenta de ideas.	46
2.7.3.2	Técnica Delphi.	46
2.7.3.3	Entrevistas.	49
2.7.3.4	Identificación de la causa.	49
2.7.3.5	Análisis DAFO (debilidades, amenazas, fortalezas, oportunidades): .	49
2.7.4	Técnicas de Diagramación.	51
2.7.4.1	Diagramas de causa y efecto:	51
2.7.4.2	Diagramas de flujo o de sistemas.	53
2.7.4.3	Diagramas de influencias:	53
2.7.4.4	Diagramas de árbol.	54
2.7.5	Análisis de Asunciones.	55
2.8	Análisis de los Riesgos.	55
2.8.1	Técnicas para el Análisis Cualitativo de los Riesgos.	55
2.8.2	Técnicas para el Análisis Cuantitativo de los Riesgos.	56
2.8.2.1	Valor Esperado.	56
2.8.2.2	Simulación de Monte Carlos.	57
2.8.2.3	Teoría de la utilidad.	59
2.8.2.4	Teoría de Bayes.	63
2.8.2.5	Árboles de Decisión.	66
2.8.2.6	Matrices de Decisión.	69
2.8.2.7	Teoría de Portfolio.	76
2.8.2.8	Análisis de Sensibilidad.	78

2.8.2.9	Criterio de Dominancia Estocástica.	78
2.8.2.10	Cadena Medios-Fines	79
2.8.2.11	Análisis Algorítmico.	80
2.9	Técnicas usadas en la Planificación de las Respuesta a los Riesgos.....	83
2.9.1	La “Estrategia”.....	83
2.9.1.1	Estrategias para riesgos negativos o amenazas.....	84
2.9.1.2	Estrategias para riesgos positivos u oportunidades.	84
2.9.1.3	Estrategia común ante amenazas y oportunidades.....	85
2.9.2	Coeficiente de ajuste o descuento y el Premio del Riesgo.....	85
2.10	Técnicas usadas para el Seguimiento y Control de Riesgos.	85
2.10.1	Reevaluación de los Riesgos.	86
2.10.2	Auditorías de los Riesgos.....	86
2.10.3	Reuniones sobre el Estado de la Situación.	86
2.11	Conclusiones Parciales.	86
Capítulo 3:	Análisis de la propuesta.	88
3.1	Análisis de la propuesta de la Guía de Técnicas de Apoyo a la Decisión en la GR. 88	
3.2	Roles para la utilización de la Guía de Técnicas.	88
3.3	Aplicación de la Guía de Técnicas en el proyecto Sistema de Gestión de Datos Geológicos: SGDG.....	89
3.4	Análisis comparativo de las TAD en la Gestión de Riesgos.....	95
3.5	Comparación de la propuesta con otras soluciones.....	97
3.6	Herramientas para la Gestión de Riesgos.	98
3.6.1	@Risk.....	98
3.6.2	TopRank.....	100
3.6.3	PrecisionTree.....	101
3.6.4	Crystal Ball.....	102
3.6.5	Risk Matrix.	103
3.6.6	RiskTrak.....	104

3.6.7	RiskNavR.	105
3.6.8	RiskRadar.	106
3.6.9	Risk +.	106
3.6.10	WelcomRisk.	108
3.6.11	Technical Risk Identification and Mitigation System (TRIMS).	108
3.6.12	PILAR.	108
3.7	Análisis comparativo de herramientas para la Gestión de Riesgos.	109
3.8	Evaluación de la propuesta por expertos.	110
3.8.1	Proceso de selección de expertos.	110
3.8.1.1	Determinar la cantidad de expertos.	111
3.8.1.2	Elección de los expertos.	111
3.8.2	Elaboración de la encuesta.	112
3.8.3	Resultado de la evaluación.	112
3.9	Conclusiones parciales.	116
	Conclusiones Generales.	118
	Recomendaciones.	119
	Bibliografía.	120
	Anexo 1.	123
	Anexo 2.	124
	Anexo 3.	125
	Anexo 4.	126
	Anexo 5.	127
	Anexo 6.	128
	Anexo 7.	129
	Anexo 8.	130
	Anexo 9.	131
	Anexo 10.	132
	Glosario.	133

Introducción

El software se ha convertido en un tema polémico en la sociedad moderna mundial. Todos parecen necesitar mejores software, en menos tiempo y al menor costo posible.

Los métodos utilizados en el proceso de desarrollo de software en gran parte de las organizaciones son aquellos que los propios integrantes artesanalmente siguen, los cuales sólo servirán mientras la sociedad pueda tolerar la falta de predicción que ellos acarrearán.

Obtener un producto de alta calidad es el anhelo de toda empresa que se adentra en el proceso de desarrollo de software. Para conquistar este afán, no deben existir problemas en la productividad de los trabajadores, el tiempo de entrega de los productos y la documentación, la calidad de las pruebas y falta de comunicación entre los involucrados.

Algunas de las causas fundamentales de estos problemas están dadas porque no existe una definición de los procesos a seguir, no se estimula a crear un espíritu de equipo, no se realizan seguimientos de la evolución de los procesos, ni de la productividad de los desarrolladores, por tanto, los software exceden el tiempo y el costo planificado. Otro aspecto importante que influye en la calidad del producto final es precisamente la Gestión de Riesgos (GR).

La GR es una serie de pasos que ayudan al equipo de software a comprender y a gestionar la incertidumbre. Un proyecto de software puede estar lleno de problemas. Un riesgo es un problema potencial que puede ocurrir o no. Realmente es una buena idea identificarlo, evaluar su probabilidad de aparición, estimar su impacto, y establecer un plan de contingencia por si ocurre el problema (PRESSMAN 2005).

La GR en proyectos de software pretende identificar, estudiar y eliminar las fuentes de riesgo antes de que comiencen a amenazar el éxito o la finalización exitosa de un proyecto de desarrollo de software.

Aunque es imposible eliminar por completo los posibles problemas que surgen, es posible reducir de forma significativa algunos de ellos con la utilización de Técnicas de Apoyo a la Decisión (TAD) en la GR.

Durante el desarrollo de la GR se destacan autores que han realizado grandes aportes, uno de ellos ha sido sin duda Barry W. Boehm. Para Boehm la GR está constituida fundamentalmente por dos fases: la valoración del riesgo y el control del riesgo.

Es significativo destacar que, como parte de la valoración del riesgo se debe realizar la identificación de riesgos, el análisis de riesgos y la priorización de los riesgos. La mayoría de las técnicas existentes se encuadran en el análisis o evaluación de los riesgos, es en estos procesos donde se aplican y necesitan con mayor fuerza debido a que el contenido de esta etapa es más fácilmente cuantificable, por lo que justifica el desarrollo de elementos teóricos de medida (SÁNCHEZ 2002).

La aplicación de las TAD en la GR es de vital importancia, puesto que ayudan a determinar en términos económicos los efectos de un riesgo, realizar una correcta planificación temporal del proyecto teniendo en cuenta su impacto. Ayuda a la toma de decisiones. Con la utilización de las TAD, es posible evaluar a priori el funcionamiento de los procesos productivos.

En la actualidad la GR ha tomado un mayor auge en los proyectos de desarrollo de software debido a la importancia de su utilización y las ventajas que trae consigo. Aunque los diversos enfoques de GR aparecieron hace más de una década, sigue siendo evidente la poca utilización de sus técnicas en los proyectos de desarrollo de software actuales. Uno de los métodos más conocidos es el método del SEI, conocido como Continuous Risk Management (SEI-CRM). Representa un enfoque válido y positivo para abordar de forma sistemática la GR en proyectos de desarrollo de software, aunque insuficiente en su descripción oficial para proyectos complejos de desarrollo de software de gestión (ESTEVEZ 2004). Sin embargo, conociendo las desventajas que pueda ocasionar la poca importancia dada a efectuar una correcta GR en realización a un proyecto de software y dentro de esta, la aplicación de TAD y añadiendo a todo esto la poca experiencia que existe en la Universidad de las Ciencias Informáticas, surge la necesidad de confeccionar el presente trabajo de diploma.

Teniendo en cuenta lo anteriormente planteado, se llega a la conclusión que la aplicación de las TAD no se realiza siguiendo una guía formal en la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI), por lo que existe poca experiencia en la aplicación de las mismas en la GR.

De lo expuesto anteriormente se establece como problema de investigación:

¿Cómo facilitar la aplicación de TAD en la GR de los proyectos de la Universidad de las Ciencias Informáticas?

El objetivo general de la investigación es proponer una guía que describa cómo aplicar TAD en la GR, definiendo como objeto de estudio las TAD en la GR en proyectos de desarrollo de software.

Los objetivos específicos perseguidos son los que aparecen a continuación:

1. Caracterizar las TAD.
2. Definir las TAD para el cálculo del impacto, la probabilidad de los riesgos, así como otros factores que ayudan a la toma de decisiones en proyectos de desarrollo de software.
3. Documentar las TAD utilizadas en proyectos de desarrollo de software.

El campo de acción de la investigación es la toma de decisiones en los procesos de GR en proyectos de la UCI. Para lograr la resolución del problema propuesto se parte de la siguiente hipótesis: El análisis de las TAD aplicables en la GR y de las particularidades del entorno productivo de la UCI, permitirá elaborar una guía que facilite su uso.

Para el cumplimiento de los objetivos específicos anteriormente mencionados es necesaria la realización de un conjunto de tareas, ellas son:

- Evaluar el estado del arte sobre la aplicación de las TAD en la GR.
- Identificar y adecuar las técnicas existentes.
- Definir los algoritmos y bases matemáticas necesarias para la implementación de las técnicas.
- Aplicar la propuesta en al menos un proyecto productivo y comprobar su efectividad.
- Definir los principios para lograr la correcta aplicación de la guía y garantizar su buen funcionamiento.
- Validación de resultados mediante multicriterio de expertos.

Al concluir la investigación se obtendrán los siguientes resultados:

- Actualización del estado del arte sobre el tema.
- Adecuación de las técnicas seleccionadas.
- Documentación de al menos un caso de estudio con la ejemplificación de su uso.

Una vez mencionadas las tareas que darán cumplimiento al problema de investigación, es preciso definir los métodos y herramientas que se utilizarán para desarrollarlas.

La investigación se llevará a cabo haciendo uso de métodos teóricos que se especifican a continuación:

Histórico-Lógico: Se empleará con el objetivo de caracterizar el estado de las TAD en los procesos de desarrollo de software en proyectos productivos en la UCI.

Analítico-Sintético: Con el objetivo de analizar, comparar las TAD utilizadas mundialmente con respecto a las utilizadas en la universidad, haciendo énfasis en las técnicas utilizadas en la GR.

Inductivo-Deductivo: Es utilizado a la hora de definir los principios y métodos para lograr la aplicación de la guía, una vez de haber estudiado las TAD para la GR.

La utilización de los métodos empíricos ayuda a caracterizar y explicar las técnicas de apoyo a la decisión en la GR y comprobar la efectividad de la propuesta:

Observación: Se emplea para monitorear la aplicación de la propuesta en al menos un proyecto productivo en la UCI.

Encuesta: Se utiliza para recopilar información necesaria para la valoración mediante el criterio de expertos.

Capítulo 1: Análisis Teórico de la Gestión de Riesgos y las Técnicas de Apoyo a la Decisión.

Introducción

En este capítulo se abordan aspectos que serán de ayuda y guía para la comprensión de las diferentes definiciones y conceptos básicos relacionados con la gestión de riesgos así como las TAD.

Se hace una descripción sobre las tendencias actuales de la GR, sobre las generaciones y modelos existentes de la GR surgidos a lo largo de la historia mostrando de cada cual sus características relevantes. Se muestra un estudio realizado de la GR en la UCI y en el mundo actual. Se enfatiza sobre la importancia y vinculación de las técnicas de apoyo a la decisión que son utilizadas en la GR.

1.1 Conceptos fundamentales relacionados con la Gestión de Riesgos.

Como parte de la fundamentación teórica se hace necesario abordar algunos conceptos que serán de gran ayuda para la correcta comprensión de la presente investigación como son precisamente la definición de GR y términos asociados al tema.

1.1.1 ¿Qué es Riesgo?

En (PRESSMAN 2005) se presenta la definición de riesgo dada por Robert Charette (CHARETTE 1989) donde plantea que en primer lugar, el riesgo afecta a los futuros acontecimientos. En segundo lugar, el riesgo implica cambios. En tercer lugar, el riesgo implica elección, y la incertidumbre que entraña ésta. Cuando se considera el riesgo en el contexto de la Ingeniería de Software, los tres pilares de Charette se hacen continuamente evidentes. Es indiscutible que están presentes permanentemente las características de incertidumbre y de pérdida.

El término riesgo se utiliza en la mayoría de los casos como cualquier ocurrencia de un evento no deseado (NAVARRO 2007).

Según Roger S. Pressman un riesgo es un problema potencial, puede ocurrir o no. Pero sin tener en cuenta el resultado, realmente es una buena idea identificarlo, evaluar su probabilidad de aparición, estimar su impacto, y establecer un plan de contingencia por si ocurre el problema (PRESSMAN 2005).

El SEI (Software Engineering Institute) define al Riesgo como la posibilidad de sufrir una pérdida (SEI 2004).

Partiendo de las definiciones anteriores puede decirse que un riesgo, es cualquier ocurrencia de un evento no deseado, que puede suceder o no. Pueden comprometer los objetivos de la organización y del proyecto. El riesgo por tanto irá acompañado de todo cambio o decisión que se produzca en el proyecto, ya que éstas siempre representan un marco de incertidumbre ante lo que puede ocurrir.

1.1.1.1 Clasificación de los Riesgos. Tendencias actuales.

Son muchas las definiciones de riesgo informático, y según (PRESSMAN 2005) es probable encontrar varios tipos de riesgos inherentes al proceso de desarrollo de software:

Riesgos del proyecto: Los riesgos del proyecto amenazan al plan del proyecto; es decir, si los riesgos del proyecto se hacen realidad, es probable que la planificación temporal del proyecto se retrase y que los costes aumenten. Los riesgos del proyecto identifican los problemas potenciales de presupuesto, planificación temporal, personal, recursos, cliente, requisitos y su impacto en un proyecto de software.

Riesgos técnicos: Amenazan la calidad y la planificación temporal del software que hay que producir. Si un riesgo técnico se convierte en realidad, la implementación puede llegar a ser difícil o imposible. Los riesgos técnicos identifican problemas potenciales de diseño, implementación, de interfaz, verificación y de mantenimiento. Las ambigüedades de especificaciones, incertidumbre técnica, técnicas anticuadas y las tecnologías de puntas son también factores de riesgo. Los riesgos técnicos ocurren porque el problema es más difícil de resolver de lo que pensábamos.

Los Riesgos del Negocio: Amenazan la viabilidad del software a construir. Los riesgos del negocio a menudo ponen en peligro el proyecto o el producto.

Además de estas clasificaciones existen otras definidas por (CHARETTE 1989) las cuales aparecen a continuación:

Riesgos conocidos: Son todos aquellos riesgos que se pueden descubrir después de una cuidadosa evaluación del plan del proyecto, del entorno técnico y comercial en el que se desarrolla el proyecto y otras fuentes de información fiables (fechas de entrega pocos realistas, falta de especificación de los requisitos o del ámbito del software o un entorno pobre de desarrollo).

Riesgos predecibles: Se extrapolan de la experiencia de proyectos anteriores (cambio del personal, mala comunicación con el cliente, disminución del esfuerzo del personal a medida que se atienden peticiones de mantenimiento).

Riesgos impredecibles: Pueden ocurrir, pero son extremadamente difíciles de identificar por adelantado.

1.1.1.2 Parámetros de los Riesgos.

Los riesgos son definidos y clasificados de acuerdo a sus parámetros, actividad que resulta necesaria pues sin ello sería casi imposible de evaluar el grado del daño que puedan ocasionar. Dar prioridad a cada uno de ellos y tomar las medidas pertinentes para atenuarlos se hace imprescindible si se desea terminar exitosamente el proyecto.

Por tanto, entre los parámetros más importantes para evaluar, clasificar y priorizar los riesgos se encuentran:

- La probabilidad de ocurrencia de riesgo.
- El impacto y/o la gravedad de ocurrencia.
- Umbral de riesgo.

El riesgo siempre implica dos características:

Incertidumbre: Es el acontecimiento que caracteriza que el riesgo puede o no ocurrir; por ejemplo, no hay riesgo de un 100 % de probabilidad.

Efectos en los objetivos: Si el riesgo se convierte en una realidad, ocurrirán consecuencias no deseadas o pérdidas.

1.1.1.3 Estrategias frente al Riesgo.

Las estrategias para afrontar los riesgos están definidas por dos tipos. De forma general, se encuentran las estrategias reactivas y las estrategias proactivas. A continuación se explica en qué caso son utilizadas cada una.

Las Estrategias Reactivas: Son aquellas que se dan cuando se deja que los riesgos produzcan sus efectos, en este momento ya no es un riesgo, es una realidad y entonces se actúa en consecuencia.

Por tanto lo que se hace es sofocar el problema una vez que este ha aparecido entrando en acción la gestión de crisis para tomar medidas correctoras, lo que produce muchos tiempos perdidos, retrasos en el proyecto, entre otras cosas.

En el mejor de los casos, la estrategia reactiva supervisa el proyecto en previsión de posibles riesgos. Los recursos se ponen aparte, en caso de que pudieran convertirse en problemas reales, pero lo más frecuente es que el equipo de software no haga nada respecto a los riesgos hasta que algo va mal (GARCÍA 2006).

Por consiguiente, las estrategias reactivas no son aconsejables porque ponen en grave peligro el proyecto, ya que este se encuentra en riesgo real.

Las Estrategias Proactivas: Las estrategias proactivas pasan por la evaluación previa y sistemática de todos los riesgos inherentes al proyecto, evaluando sus consecuencias. Comienzan antes de los trabajos técnicos, para intentar anticiparse a ellos identificando riesgos potenciales. Una vez identificados los riesgos, se valora su probabilidad e impacto en el proyecto y se establece un orden de prioridad según la importancia de estos riesgos.

Esto produce la creación de un Plan de Gestión de Riesgos por parte del equipo de GR con sus planes de evitación, minimización de consecuencias, etc. Pero es muy probable que no se puedan evitar todos los riesgos, por lo que también se trabaja en la creación de un plan de contingencia para cada riesgo que permita responder de forma segura, eficaz y controlada (GARCÍA 2006).

Por tanto, el empleo de la estrategia proactiva es más aconsejable porque trata el riesgo de forma temprana, sistemática, formal y profunda. Además el objetivo de la misma es la evasión del riesgo, con menor tiempo de reacción frente a los efectos negativos y una mejor gestión del proyecto en su conjunto: menor tiempo y menor coste.

1.1.2 Gestión de Riesgos

Según la Guía de los fundamentos de la Dirección de Proyectos (PMBOK) la GR del Proyecto incluye los procesos relacionados con la planificación de la GR, la identificación y el análisis de riesgos, las respuestas a los riesgos, y el seguimiento y control de riesgos de un proyecto; la mayoría de estos procesos se actualizan durante el proyecto. Los objetivos de la GR del Proyecto son aumentar la probabilidad y el impacto de los eventos positivos, y disminuir la probabilidad y el impacto de los eventos adversos para el proyecto (PMBOK 2004).

Sin embargo L Rosenberg plantea que la GR es importante debido a que ayuda a evitar desastres, retrabajo y sobre-trabajo, pero aún más importante, porque estimula la generación de situaciones del tipo ganar-ganar. Una correcta GR posibilita, por tanto, el aprovechamiento óptimo de recursos y provoca, como consecuencia, el aumento de ganancias y la disminución de pérdidas (ROSENBERG 1999).

El SEI (Software Engineering Institute) afirma que la GR es la práctica compuesta de procesos, métodos y herramientas que posibilita la gestión de los riesgos en un proyecto y que provee de un entorno disciplinado para la toma de decisiones proactivas en base a determinar constantemente que puede ir mal, identificar cuáles son los riesgos más importantes en los cuales enfocarse e implementar estrategias para gestionarlos (SEI 2004).

La GR está constituida por dos actividades fundamentales: la estimación de riesgos y el control de riesgos. Es precisamente dentro de la estimación donde se encuentra el análisis de riesgos, siendo esta etapa la más cuantificable y es por tanto donde se aplican las técnicas existentes con mayor fuerza.

Los conceptos anteriormente mencionados giran todos alrededor de una idea semejante. Por tanto, el objetivo principal de la GR es identificar, controlar y eliminar las

fuentes de riesgo antes de que empiecen a afectar el cumplimiento de los objetivos del proyecto.

1.1.2.1 Identificación de Riesgos.

Algunos autores afirman que la identificación del riesgo consiste en un proceso de reflexión a través de diferentes técnicas para determinar qué cosas, elementos o circunstancias son riesgos del proyecto. Identificando los riesgos conocidos y predecibles, el gestor del proyecto da un paso adelante para evitarlos cuando sea posible y controlarlos cuando sea necesario. Por tanto la identificación del riesgo es un intento sistemático para especificar las amenazas al plan del proyecto (GARCÍA 2006; PRESSMAN 2005).

La Guía del PMBOK coincide en que la Identificación de Riesgos determina qué riesgos pueden afectar al proyecto y documenta sus características (PMBOK 2004).

El proceso de identificación de riesgos produce listas de elementos de riesgo específicos para el proyecto que comprometen seriamente el éxito del mismo. Es iterativo. El proceso de identificación de riesgos produce listas de elementos de riesgo específicos para el proyecto que comprometen seriamente el éxito del mismo.

1.1.2.2 Análisis de Riesgos.

Esta fase de la GR se refiere al proceso de examinar los riesgos en detalle para determinar su extensión, sus interrelaciones y su importancia mediante un análisis cualitativo que permita priorizar sus efectos sobre los objetivos del proyecto. Esto conlleva a evaluar el impacto y la probabilidad asignados a cada riesgo (GARCÍA 2006).

El análisis de riesgos consiste en convertir los atributos del riesgo en información que sirva como base para tomar decisiones. Esto implica establecer valores para el impacto y la probabilidad (ESTEVEZ 2004).

El riesgo va acompañado de dos características fundamentales, la incertidumbre y la probabilidad de ocurrencia. La incertidumbre es el acontecimiento que caracteriza al riesgo de que puede ocurrir o no (PRESSMAN 2005). Sin embargo la probabilidad de ocurrencia no es más que la probabilidad de que un riesgo ocurra (ESTEVEZ 2004).

1.1.2.3 Respuesta a los Riesgos.

Hay disponibles varias estrategias de respuesta a los riesgos. Para cada riesgo, se debe seleccionar la estrategia o la combinación de estrategias con mayor probabilidad de ser efectiva.

Luego se desarrollan acciones específicas para implementar esa estrategia. Se pueden seleccionar estrategias (PMBOK 2004). *Ver Epígrafe 2.9*

Es decir, la respuesta a los riesgos se refiere a las acciones que va a tomar la organización o el proyecto para contrarrestar cada riesgo, con tal de mitigar sus efectos o disminuir su probabilidad e impacto. Adoptar acciones tempranas para reducir la probabilidad de ocurrencia de un riesgo y su impacto sobre el proyecto a menudo es más efectivo que tratar de reparar el daño después de que ha ocurrido el riesgo.

1.2 Gestión de Riesgos en proyectos de desarrollo de software.

La GR en proyectos se trata de una disciplina de la Ingeniería de Software que está empezando a adquirir gran importancia desde aproximadamente una década. La aparición en los últimos años de estándares internacionales (PMI, ISO10006, SEI, etc.) ha hecho que muchas empresas empiecen a dedicar tiempo y recursos a esta faceta del proceso de ingeniería. Pero la forma de aplicar la GR suele ser mediante reuniones periódicas entre los responsables de la misma y la gestión de la información obtenida sin disponer de ninguna herramienta de apoyo más allá de la funcionalidad que pueda proporcionar programas como Microsoft Project y Microsoft Excel.

1.2.2 Términos relacionados con la Gestión de Riesgos.

Al buscar en diferentes literaturas sucede a menudo que se encuentran una serie de términos para referirse al riesgo y los procesos en los que este participa para llevar a cabo la gestión de los mismos.

A continuación se presenta una tabla en la que se resume un listado de ellos y los procesos que lo identifican:

	Tratamiento	Estimación	Análisis	Gestión
Planificación		X		X
Identificación	X	X	X	X
Control	X			X
Evaluación del impacto.		X	X	X
Priorización		X	X	X
Resolución				X
Monitoreo				X
Mitigación	X			X
Contingencia	X			X

Tabla 1: Términos de los procesos de Gestión de Riesgos (ALBA 2008).

Hay que tener en cuenta, que el término más utilizado y por ende el más aceptado es el de Gestión. Sin duda, es más abarcador e incluye al resto de las actividades.

1.2.3 Actividades Fundamentales de la Gestión de Riesgos.

En los proyectos de desarrollo de software actuales la GR es crucial para obtener buenos resultados. Está encaminada como se ha mencionado en el apartado anterior a la identificación, el estudio y la eliminación de las fuentes de riesgos antes de que empiecen a amenazar la culminación exitosa de un proyecto de software.

El proceso de GR aplicado a cualquier actividad consta de las siguientes etapas:

Identificación de riesgos: Traer a la superficie y a la discusión los riesgos relacionados con el software y la organización antes de que se transformen en problemas.

Análisis de riesgos: Convertir los datos de riesgos en información para la gestión, evaluar la probabilidad e impacto del riesgo, identificar la fuente del riesgo, explorar otros riesgos posibles en la misma fuente, clasificar y priorizar los riesgos.

Evaluación de riesgos: Se intenta dar prioridad a los riesgos que no se habían cubierto y se comienzan a identificar las alternativas para controlar e impedir los riesgos de mayor probabilidad.

Tratamiento de los riesgos: Seguir el avance de las acciones de mitigación, y eventualmente de los planes de contingencia. Corregir las desviaciones.

Monitoreo y revisión: Monitorear el estado de los riesgos, y de las alarmas (PRESSMAN 2005).

La GR de un proyecto debe afrontarse de manera adecuada para que al final se pueda hablar de éxito. En la actualidad es una de las disciplinas más importantes de los sistemas de gestión, pues proporciona en las organizaciones un marco para administrar con eficacia y eficiencia, la incertidumbre y los riesgos asociados (BÁEZ 2002).

1.2.4 Generaciones de la Gestión de Riesgos.

La GR en el proceso de desarrollo de software pasa por tres generaciones a través de su desarrollo. A continuación, se exponen los aspectos fundamentales de cada una:

Primera Generación G1 (Casuística): Esta generación data de principios de los años 80 del siglo pasado y está basada en listas casuísticas de riesgos especiales para proyectos. En una primera instancia se identifican casos de riesgo y luego se extrapolan a otros proyectos. No hay por tanto una planificación específica.

Es en esta generación donde se definen los riesgos tecnológicos aportando algunas definiciones básicas como son la fiabilidad de un sistema, disponibilidad o tasa de fallos (GARCÍA 2006).

En esta generación surgen también las listas de comprobación de riesgos, que son listas de preguntas sobre diversos aspectos del proyecto que se realizan a un conjunto de personas y cuyas respuestas determinarán los factores de riesgo.

Segunda Generación G2 (Taxonómica): Según (GARCÍA 2006) la segunda generación data a principios de los años 90 y está basada en modelos de procesos y eventos. Dentro de esta generación se pueden incluir los siguientes modelos:

- Modelo de Boehm.
- Modelo de Hall y su relación con el de madurez de SEI-CMM.
- Modelo de Riesgos del SEI.
- Modelo SPR de mejora de capacidad en la gestión del riesgo.
- Modelo de Hall.

Tercera Generación G3 (Causal): Esta es la generación actualmente emergente la cual arranca con el Eurométodo 96, MAGERIT 97, ISPL 98, entre otros. La misma está influida por otros modelos de tipo causal como son los proyectuales, ecológicos, etc. Los principales modelos de GR propuestos son los que aparecen a continuación:

- Modelo MAGERIT de Gestión de Riesgos en Sistemas adaptado a Proyectos.
- Modelo de eventos de MAGERIT-Proyectos.
- Modelo McFarlan.
- Modelo RiskMan e iniciativa RiskDriver.
- Modelo DriveSPI.
- Modelo Eurométodo.
- Modelo ISPL.
- Modelo PRis.
- Modelo PMI.
- MoGeRi.

1.3 Modelos en la Gestión de Riesgos.

1.3.1 Modelo de Boehm.

Barry W. Boehm conocido por sus grandes aportes a la GR, entre los que se encuentran su libro “Software Risk Management” y su artículo “Software Risk Management: Principles and Practices”, fija las bases para la gestión de un riesgo de software. Para Boehm, la GR pasa por los siguientes conceptos fundamentales:

Valoración del riesgo y Control del riesgo: El objetivo de estas dos fases definidas está claro, primero hay que buscar entre todas las posibles circunstancias adversas y determinar cuáles de ellas son un riesgo, posteriormente analizarlo y determinar su importancia relativa con respecto a otros riesgos identificados, cumpliéndose así las fases de identificación, análisis y priorización del riesgo que son las incluidas en el proceso de valoración del riesgo.

En segundo lugar hay que determinar cómo se va a afrontar el riesgo, hay que planificar la gestión y control del riesgo, hay que darle soluciones, y por último hay que hacer un seguimiento o monitorización del riesgo.

Por tanto, el control del riesgo se divide en las fases de planificación de la gestión del riesgo, resolución del riesgo y monitorización del riesgo. Se puede definir el proceso establecido por Boehm de acuerdo a la siguiente figura: *Ver Anexo 1. Fig 1.*

1.3.2 Modelo de Hall.

Este modelo está incluido en la segunda generación de la GR y en él están definidas dos actividades principales, la evaluación y el control del riesgo.

La GR en este modelo genera una estrategia para decidir qué hacer en cada momento y está basada en nueve teorías (MARCELO 2001):

¿Qué permite el Modelo Hall?

- Razonar sobre la vulnerabilidad, la probabilidad de riesgo, usando la Teoría de probabilidad, de incertidumbre y la de portfolio.
- Razonar sobre el impacto, consecuencia del riesgo, usando la Teoría de la utilidad, de juegos, del caos y la creatividad.
- Combinar vulnerabilidad e impacto en el tiempo, usando la Teoría de la decisión y el Teorema de Bayes para elecciones dinámicas.

El Modelo 6-D, de las 6 disciplinas PPMDD (Planear, Producir, Medir, Mejorar, Diseñar, Descubrir) soporta la mejora continua del proceso SEI (Humphrey) modelo de madurez de procesos en el desarrollo de software CMM (Capability Maturity Model) que es un método de definir y gestionar los procesos a realizar por una organización.

Las disciplinas son las siguientes:

- **Diseñar:** Transformar ideas en objetivos, creando y difundiendo la visión organizacional (CMM nivel 1).
- **Planear:** Confrontar los recursos disponibles y los requerimientos derivados de los objetivos del proyecto (CMM nivel 2).
- **Producir:** Implementar el plan para lograr el producto (CMM nivel 3).
- **Medir:** Comparar los resultados esperados y los realiza (CMM nivel 4).
- **Mejorar:** Aprender de experiencias como cambiar el plan (CMM nivel 5).

- **Descubrir:** Concienciar sobre el futuro, razona sobre posibilidades con resultados inciertos buenos (oportunidades) o malos (amenazas) (MARCELO 2001).

Este modelo amplía el concepto de riesgo en sentido revolucionario de oportunidad (entendiendo oportunidad como consecuencias positivas) y soporta la mejora continua (modelo basado en la conciencia del pasado) y la reingeniería (modelo basado en la conciencia del futuro) (MARCELO 2001).

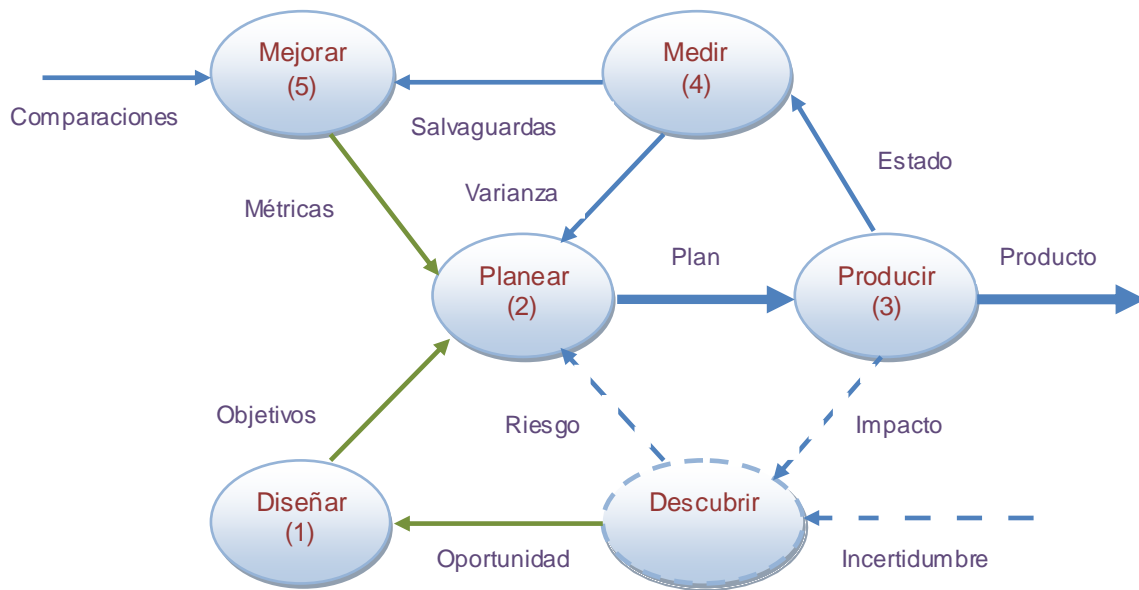


Figura 1: Modelo Hall relacionado con SEI-CMM.

1.3.3 Modelo del SEI.

El SEI (Software Engineering Institute) es un instituto federal americano de investigación y desarrollo fundado por el Congreso Americano en 1984 para desarrollar modelos de evaluación y mejora en el desarrollo de software, que dieran respuesta a los problemas que generaba el ejército americano en la programación e integración de los subsistemas de software en la construcción de complejos sistemas militares.

Éste lanzó un modelo de riesgos en el cual se define el riesgo como la posibilidad de pérdida y ésta en función de la probabilidad de que suceda un evento adverso y el impacto, manifestado en una combinación de pérdida económica, retraso temporal y pérdida de rendimiento. Indica además que un riesgo no se puede eliminar de un proyecto software pero si se puede gestionar.

Este modelo abarca los siguientes pasos:

1. **Identificar:** Busca y localiza riesgos antes de que estos se produzcan.
2. **Analizar:** Procesa los datos sobre los riesgos para obtener información que ayude a la decisión.
3. **Planificar:** Traduce información de riesgos en decisiones y acciones (ambas presentes y futuras) e implementa dichas acciones.
4. **Seguir:** Monitoriza los indicadores y acciones tomadas contra los riesgos.
5. **Controlar:** Corrige las desviaciones de las acciones planeadas contra los riesgos.
6. **Comunicar:** Proporciona visibilidad y datos de realimentación internos y externos al programa sobre actividades de riesgo actuales y emergentes.

Una representación esquemática del modelo del SEI se encuentra en el: *Anexo 2. Fig 2.*

1.3.4 Modelo de MAGERIT.

Modelo elaborado por el consejo superior de informática del ministerio de administraciones públicas español que define una Metodología de Análisis y Gestión de Riesgos de los Sistemas de Información (MAGERIT).

Este modelo fue creado en su inicio para gestionar los posibles riesgos de seguridad derivados de la utilización de medios electrónicos, informáticos y telemáticos, el cual ha sido adaptado a proyectos posteriormente.

Se engloba dentro de la tercera generación de GR pero se considera una transición de la segunda a esta.

El modelo MAGERIT se divide en tres submodelos:

Submodelos de procesos con cuatro etapas tipificadas:

- **Planificación:** Se realizan estimaciones iniciales de los riesgos que pueden afectar al sistema así como del tiempo y los recursos que su tratamiento conllevará.
- **Análisis de riesgos:** Se estima el impacto y la probabilidad del riesgo.
- **Gestión de riesgos:** Se seleccionan posibles soluciones para cada riesgo. En este apartado son fundamentales las prácticas de simulación.

- **Selección de salvaguardas:** Se seleccionan los mecanismos que implementarán las soluciones seleccionadas en la fase anterior.

Submodelos de entidades en el cual se definen 6 elementos básicos:

- **Activo:** Éxito del proyecto mediante el alcance de los objetivos propuestos.
- **Amenazas:** Son eventos que pueden desencadenar que los riesgos del proyecto sean realidades y que se corresponden a los factores de Riesgo.
- **Vulnerabilidad:** Probabilidad de que se materialice cada factor de riesgo.
- **Impacto:** Consecuencia de que se materialice cada factor de riesgo.
- **Riesgo:** Composición de impactos en los activos y vulnerabilidades en sus amenazas.
- **Salvaguardas:** Medidas técnicas u organizativas para reducir el riesgo bajo un umbral aceptable.

Submodelos de eventos con tres tipos principales de eventos:

- **Submodelos de eventos estáticos:** El cual refleja las relaciones generales entre los elementos reseñados en el submodelo de entidades y que se necesita para establecer el modelo lógico de datos que requiere herramientas de apoyo a la aplicación de MAGERIT.
- **Submodelos de eventos dinámicos organizativos:** El cual recoge el funcionamiento detallado de la interacción de los elementos del submodelo de entidades y se necesita dar soporte al submodelo lógico de procesos, estructurar sus manuales de procedimientos para los usuarios y articular las técnicas de cálculo de riesgos y de selección de salvaguardas.
- **Suceso de eventos dinámico físico:** El cual recoge otra forma de articular el funcionamiento de los elementos del submodelo de entidades con un nivel de detalle intermedio entre los dos submodelos de eventos anteriores y se necesita para dar soporte a ciertas técnicas de cálculo de riesgos y de selección de salvaguardas, como pueden ser las de simulación.

Una representación esquemática del modelo MAGERIT se encuentra en el *Anexo 4. Fig 4.*

1.3.5 Modelo de McFarlan.

Modelo definido por McFarlan y publicado en el año 1981 que se sitúa, al igual que el modelo anteriormente visto, en la transición entre la segunda y tercera generación de GR.

Define tres factores de riesgo:

1. **Experiencia en la tecnología aplicable:** Se refiere a la familiarización del equipo con el hardware, sistema operativo, gestores de bases de datos y lenguajes comprendiendo también la absorción de experiencia externa, como puede ser la formación.
2. **Estructuración del proyecto:** Son los objetivos iniciales del proyecto y sus resultados dependen de la claridad de los requerimientos trasladados por la organización cliente al equipo de desarrollo.
3. **Tamaño del proyecto:** Importa sobre todo la envergadura del proyecto relativo al tamaño de los que el equipo desarrolla normalmente.

Según la valoración de los factores de riesgo existen diferentes tipos de proyectos:

Factores de Riesgo								
Experiencia Tecnológica	0	0	0	0	1	1	1	1
Destructuración	.0	.0	.1	.1	.0	.0	.1	.1
Tamaño	..0	..1	..0	..1	..0	..1	..0	..1
Métricas								
Composición de factores	000	001	010	011	100	101	110	111
Riesgo	0	1	2	3	4	5	6	7

Tabla 2: Valores de los factores de riesgos según el Modelo McFarlan.

Métricas	Muy Bajo	Bajo	Bajo-Medio	Medio	Alto	Muy Alto
Factores		a.0			b.1	
Riesgo	a.0. y c.2	b.1 y d.3	e.4	f.5	g.6	h.7

Tabla 3: Valores de los factores y riesgos (ZULUETA 2007).

1.3.6 Modelo RiskMan e iniciativa RiskDriver.

RiskMan empezó en 1991 como proyecto del programa europeo EUREKA para desarrollar una metodología y herramienta que integre la GR en la gestión de todo tipo

de proyectos. El equipo que lanzó este proyecto es el mismo que desarrolló el modelo DriveSPI que se verá más adelante.

Éste modelo consiste en las etapas de identificación y evaluación de los riesgos, es donde se aplican las técnicas clásicas y tras ellas se simulan varios planes, se lleva a cabo un mejor control de los riesgos durante el desarrollo del mejor proyecto.

RiskDriver es una acción europea destinada a promover las mejores prácticas en la GR de proyectos y en la mejora de los procesos.

RiskDriver define que “la gestión de proyectos conducida por sus riesgos es una gestión de proyecto que pone más énfasis en las incertidumbres y los planes de contingencia que puedan requerirse, así como una atención detallada al plan principal cuando y donde las cosas vayan mal” (GARCÍA 2006).

1.3.7 Modelo DriveSPI.

La metodología de Gestión de Riesgo DriveSPI (RiskDriver Software Process Improvement) surge como resultado de aplicar metodologías de GR en varios proyectos pilotos.

Este proyecto fue llevado a cabo en Europa entre los años 1995 y 1997 con el objetivo de producir y validar en aplicaciones de prueba un marco de trabajo donde mejorar la madurez de los procesos de software con un fuerte énfasis en la GR, culminando en la definición de un conjunto de líneas guía (una serie de prácticas para aplicar gestión de riesgo a proyectos de desarrollo y de mejoramiento de software). Estas líneas guías ayudan a poner en práctica la gestión de riesgos en las empresas.

Según (MARCELO 2001) este modelo consta de los siguientes pasos:

- Establecer y mantener alcances y estrategias de gestión de riesgos.
- Identificar, documentar y clasificar riesgos.
- Definir métricas de riesgos.
- Desarrollar estrategias de mitigación.
- Monitorear y controlar riesgos.
- Mejorar prácticas de gestión de riesgos.

La figura representativa del modelo puede verse en el: *Anexo 3. Fig 3.*

1.3.8 Modelo Eurométodo.

El Eurométodo es un proyecto de la Comisión Europea, cuyos primeros planteamientos datan de 1989, y que culminó con el Eurométodo v.1.1 en 1996. Este modelo ayuda a planificar y desarrollar contratos de proyectos y servicios referentes a sistemas de información.

En él se clasifican 39 Factores de riesgo en 2 dimensiones:

- **Dos dominios:** Dominio objetivo (de la adaptación del sistema de información que contiene los procesos de las unidades organizativas y/o áreas de actividad funcional de una entidad.) y dominio del proyecto (organización temporal entre las organizaciones del cliente y el proveedor).
- **Dos mega-factores de riesgo:** La complejidad y la incertidumbre.

Factores de complejidad		16	
Factores de incertidumbre			23
Factores del Dominio objetivo (24)	Sistema de información	5	12
	Subsistema Informático	5	2
Factores del Dominio del Proyecto (15)	Tareas	2	3
	Estructuras	2	3
	Actores	1	1
	Tecnologías	1	2

Tabla 4: Estructura de ambas dimensiones

El modelo Eurométodo parte de un modelo inicial de buenas prácticas de mejora de la relación cliente-proveedor y de un modelo central de estrategias orientadas a contingencias, modelo que se ha ido convirtiendo en modelo de análisis de riesgos de los proyectos en la fase temprana de su contratación, definido de la siguiente forma:

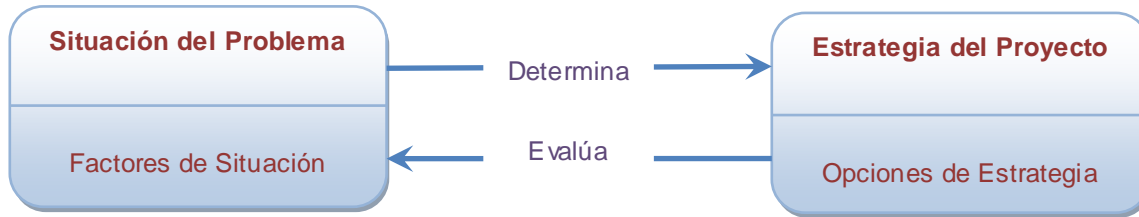


Figura 2: Heurística de Eurométodo

La GR del Eurométodo se compone de las siguientes fases:

- Análisis de riesgos.
- Planificación de la Gestión de Riesgos.
- Supervisión de riesgos (mide si las salvaguardas tienen éxito) (GARCÍA 2006; MARCELO 2001).

1.3.9 Modelo de Gestión de Riesgos Para Proyectos de Software en la UCI (MoGeRi).

El Modelo de Gestión de Riesgos para Proyectos de Software en la UCI (MoGeRi) cuenta con 6 procesos, los mismos se describen a continuación:

1. Planificación de la Gestión de Riesgos.
2. Identificación de riesgos.
3. Análisis de riesgos.
4. Planificación de la Respuestas de los riesgos.
5. Seguimiento y Control de los riesgos.
6. Comunicación de la información de los riesgos.

A continuación se muestra una figura, donde interviene cada uno de los procesos anteriormente mencionados:

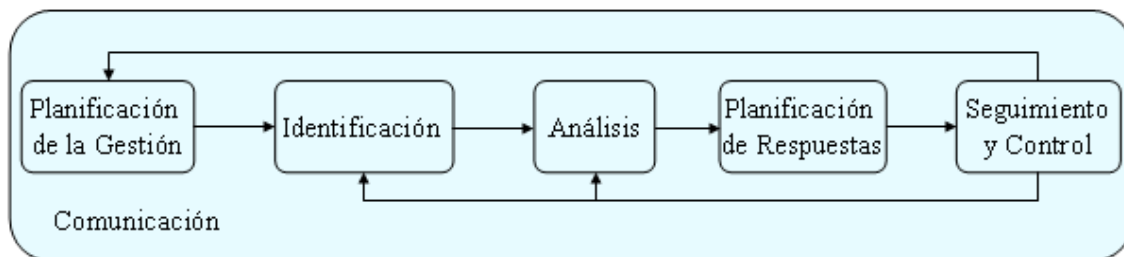


Figura 3: Procesos del MoGeRi (ZULUETA 2007).

El funcionamiento del modelo se basa en la realización de un conjunto de actividades por cada proceso, y a su vez el cumplimiento de cada actividad está representado por el desarrollo de diferentes tareas.

Las tareas se describen utilizando una tabla que tiene el proceso al que pertenece con un identificador y nombre del proceso, una actividad con identificador y nombre de la actividad donde se desarrolla la tarea con identificador y nombre, los datos de entrada, que son una serie de informaciones previamente realizadas (documentos, informes, registros, otras tareas y planes del proyecto), todas vinculadas con el tema de la GR (CANO 2008; SOLENZAL 2008).

1.4. Gestión de Riesgos en el mundo.

En los proyectos de desarrollo de software la GR es de vital importancia para lograr los objetivos que se trazan con el mayor éxito posible. El empleo de nuevos métodos para la solución de algún problema, el cambio de tecnología, la migración hacia una plataforma diferente y las constantes amenazas de seguridad entre otras situaciones que se pueden presentar afectan el proceso de toma de decisiones.

Según (RAMOS 2005) muy pocas organizaciones utilizan métodos de GR en sus proyectos de desarrollo de software.

Estudios realizados en la literatura demuestran esta problemática claramente: durante el año 2001 KLCI realizó y publicó un estudio con 268 organizaciones de todo el mundo, referente a la aplicación de GR y el resultado fue que el 3 % no utilizaba ningún marco de GR, el 18 % utilizaba un marco propio para identificar sus riesgos, el 37 % de los participantes habían utilizado algún marco informal, el 28 % utilizaban procedimientos repetitivos y sólo un 14 % utilizaba un enfoque formal para identificar riesgos (KLCI 2001).

A continuación se representan los datos expuestos en un gráfico de pastel para su mejor comprensión:

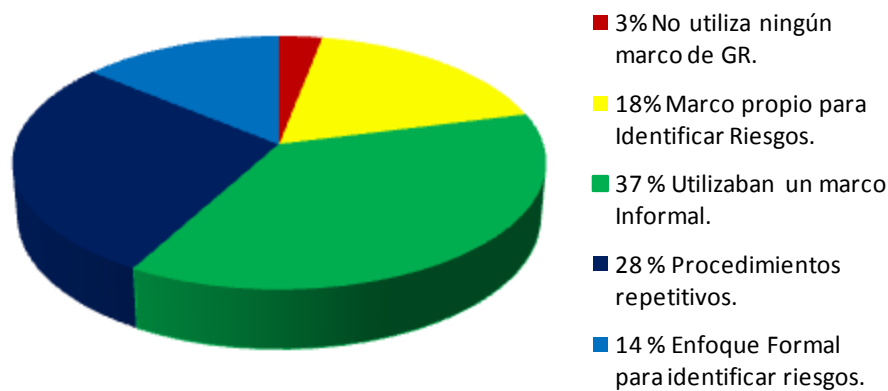


Figura 4: Realización de la GR en el mundo.

El análisis anterior demuestra que muy pocas organizaciones en el mundo actual aplican métodos formales para identificar los riesgos y el resto aplican una GR con métodos propios. En fin, la GR en el contexto mundial aún es muy pobre y no es aplicada en la totalidad de las organizaciones para el desarrollo de software.

1.5. Gestión de Riesgos en la UCI.

La Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI), es hoy un centro de altos estudios universitarios formada al calor de la Batalla de Ideas que libra el pueblo cubano. Constituye hoy uno de los centros de estudios más prestigiosos donde se desarrolla un nuevo estilo de enseñanza relacionando la formación académica con la producción de software en el ámbito de la Informática, fomentando las relaciones humanas.

Está conformada por 10 facultades formadas por estudiantes de los 169 municipios del país. Cada facultad está encaminada a un desarrollo específico de una rama de la informática. La UCI constituye hoy en día una de las fuentes de ingreso fundamental con la producción de software.

La organización de los proyectos productivos de la UCI se desarrolla de acuerdo al perfil perteneciente a cada facultad y los mismos se organizan de acuerdo a polos productivos.

Los proyectos de desarrollo existentes en la actualidad cuentan con algunas deficiencias en su funcionamiento como por ejemplo mala comunicación, malas

planificaciones en ocasiones irreales, derivadas precisamente de la poca atención al cliente en este caso, del poco uso de lo establecido en la Ingeniería de Software, no se sigue lo que plantea el Personal Software Process (PSP), y el Team Software Process (TSP), afectando de esta manera el producto final (ALBA 2008; PÉREZ 2008).

En el curso 2006-2007 durante la realización de un trabajo investigativo sobre el tema, llevado a cabo por la Máster en Gestión de proyectos Informáticos Yeleny Zulueta Véliz, se realizaron encuestas para reconocer hasta qué punto se ha avanzado a la hora de gestionar riesgos en los proyectos productivos, en qué medida se conocen los medios para lograrlo y de qué forma se emplean (ALBA 2008; PÉREZ 2008).

Entre las entrevistas realizadas a gestores, ingenieros de software, clientes, estudiantes y profesores, se reconoce la carencia de conocimientos sobre los marcos para la GR y por tanto de su aplicación.

De cierta forma, el personal vinculado a los proyectos, conocen los riesgos que podrían afectar su trabajo, pero ni siquiera son correctamente planteados pues se referencia la incertidumbre (aunque no como una probabilidad) mas no la pérdida o el impacto que puedan ocasionar; no son registrados y mucho menos se procede a su análisis o gestión (ZULUETA 2007).

Durante la realización de un trabajo de diploma en el curso 2007-2008 sobre la GR a través del Proceso Unificado de Desarrollo de Software (RUP), llevado a cabo por Yailien Hernández Alba y Leonel Duvier Fernández Pérez estudiantes en aquel entonces de la universidad realizaron una encuesta para saber hasta qué punto se realizaba de forma correcta la GR.

En la pregunta donde se plantea si se realiza o no la GR en los proyectos en los que ha trabajado, se encuentran criterios diversos, los que lo hacen representa sólo el 35.2%, todos consideran que es importante la realización de la GR pero no saben cómo lograrlo (ALBA 2008; PÉREZ 2008).

Una representación esquemática de lo anteriormente planteado aparece reflejada en el siguiente gráfico:

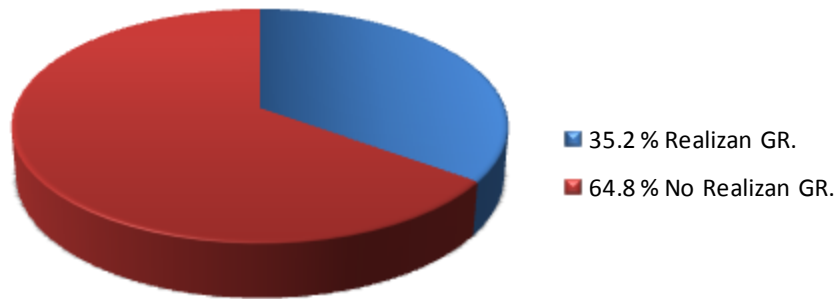


Figura 5: Realización de GR en la UCI.

Esto demuestra que existe un problema deficiente en la realización de la GR en los proyectos productivos existentes en la UCI.

1.6. Técnicas de Apoyo a la Decisión.

Según la Metodología de Análisis y Gestión de Riesgos de los Sistemas de Información (MAGERIT) se considera técnica al conjunto de heurísticas y procedimientos que se apoyan en estándares, es decir, que utilizan una o varias notaciones específicas en términos de sintaxis, semántica, y cumplen unos criterios de calidad en cuanto a la forma de obtención del producto asociado (MAGERIT 2006).

Todo proyecto relacionado con riesgos y entre ellos los relativos al Análisis y Gestión de Riesgos para manejar o gestionar la Seguridad de sistemas de información tienen como objetivo central una toma de decisión específica y consisten en preparar la consecución de dicho objetivo lo más eficiente y eficazmente posible. La decisión a tomar es la acción de neutralizar un riesgo no aceptable y se plasma en la implantación de funciones y mecanismos de salvaguarda, que es una acción a elegir entre alternativas de acciones distintas y más o menos excluyentes entre sí.

Según (MAGERIT 2006) la toma de decisión requiere manejar información previa, organizada en un sistema de información directivo o de ayuda a la decisión. Desde el surgimiento y evolución de la Gestión de Riesgos se han utilizado técnicas para la toma de decisiones, cada una con sus características específicas. El uso de determinadas

TAD constituyen buenas prácticas cuando se desea aplicar una correcta GR en los proyectos de desarrollo de software.

Las TAD son diversas para brindar a los gestores del riesgo, la posibilidad de escoger la más adecuada dependiendo del tipo de análisis que se desee realizar. Cada modelo propone un grupo de técnicas posibles a utilizar en dependencia del análisis de riesgos que definen, algunas de éstas son comunes en diferentes modelos.

1.6.1. Decisión aplicada al Riesgo.

Para muchas personas, tomar decisiones importantes en la vida les supone un cierto temor o al menos incertidumbre, por si se elige incorrectamente. Tomar una buena decisión consiste en trazar el objetivo que se quiere conseguir, reunir toda la información relevante y tener en cuenta las preferencias del que tiene que tomar dicha decisión.

Si se quiere hacer correctamente se debe ser consciente de que una buena decisión es un proceso que necesita tiempo y planificación.

Por ello, la única manera de tomar una buena decisión es a través de la aplicación de un buen procedimiento, el cual permitirá ahorrar tiempo, esfuerzo y energía. La mayoría de los autores coinciden en señalar seis criterios para tomar una decisión eficaz:

- Concentrarse en lo que realmente importa.
- Realizar el proceso de forma lógica y coherente.
- Considerar tanto los elementos objetivos como los subjetivos y utilizar una estructura de pensamiento analítica e intuitiva.
- Recoger la información necesaria para optar o elegir.
- Recopilar las informaciones, opiniones, etc., que se han formado en torno a la elección.
- Ser directos y flexibles antes, durante y después del proceso.

La necesidad de tomar decisiones rápidamente en un mundo cada vez más complejo y en continua transformación, puede llegar a ser muy desconcertante, por la imposibilidad de asimilar toda la información necesaria para adoptar la decisión más adecuada. Todo

ello conduce a pensar que el tomar decisiones supone un proceso mental, que lleva en sí mismo los siguientes pasos:

- **Identificación del problema:** Se debe reconocer cuando se está ante un problema para buscar alternativas al mismo. En este primer escalón ha de preguntarse, ¿qué hay que decidir?
- **Análisis del problema:** En este paso se ha de determinar las causas del problema y sus consecuencias y recoger la máxima información posible sobre el mismo. En esta ocasión la cuestión a resolver es, ¿cuáles son las opciones posibles?
- **Evaluación o estudio de opciones o alternativas:** Centrarse en identificar las posibles soluciones al problema o tema, así como sus posibles consecuencias. Preguntarse, ¿cuáles son las ventajas e inconvenientes de cada alternativa?
- **Selección de la mejor opción:** Una vez analizadas todas las opciones o alternativas posibles, se debe escoger la más conveniente y adecuada. Se observa como aquí está implicada en sí misma una decisión. Preguntarse ¿cuál es la mejor opción?
- **Poner en práctica las medidas tomadas:** Una vez tomada la decisión se debe de llevar a la práctica y observar su evolución. Se reflexiona sobre: ¿es correcta la decisión?
- **Finalmente se evalúan los resultados:** En esta última fase hay que considerar si el problema se ha resuelto conforme a lo previsto, analizando los resultados para modificar o replantear el proceso en los aspectos necesarios para conseguir el objetivo pretendido. Debe de preguntarse si: ¿la decisión tomada produce los resultados deseados?

Lo importante, es adoptar un enfoque proactivo de toma de decisiones.

Para el buen entendimiento de las TAD, se hace necesario conocer sobre la Teoría de la Decisión. En la cual se establece una clasificación general de métodos y criterios de ayuda a la decisión. Es decir, que en cada nodo de decisión del problema debe haber un conjunto de informaciones que soportan las acciones potenciales y alternativas previas a la decisión.

Para la toma de decisión se puede llegar a dos estados diferentes, y cada uno entraña la utilización de TAD específicas para esa situación. A continuación se especifica con más detalles, lo anteriormente planteado:

- ❖ Los elementos del conjunto no son identificables o se ignoran:
 - totalmente; entonces la incertidumbre es absoluta y no hay decisión posible.
 - en parte; entonces la incertidumbre existe en el sentido de plausibilidad y se tienen que emplear técnicas de lógica difusa.
- ❖ Los elementos del conjunto son identificables. Entonces la incertidumbre depende del contexto relacional entre esos elementos, si éste es:
 - determinado, no hay incertidumbre y se emplean técnicas de cálculo algorítmico (no hay decisión en sentido estricto, sino determinación).
 - aleatorio, la probabilidad de cada alternativa es conocida y se pueden emplear técnicas de cálculo probabilístico (tampoco hay decisión).
 - incierto parcialmente (incertidumbre distributiva), es decir se conoce cierta distribución no probabilística de potencialidades y se suelen emplear técnicas de decisión bajo criterios diversos (pesimista, frustración) o de decisión bayesiana;
 - incierto totalmente (incertidumbre no distributiva), hay posibilidad (no cuantificable) y se emplean técnicas de simulación.
 - hostil, los adversarios toman decisiones y se emplean técnicas de juegos (MAGERIT 2006).

Para seleccionar las técnicas de decisión más adecuadas, hay que identificar las entidades y los conceptos del Modelo de Análisis y Gestión de así como al conjunto de informaciones de soporte de las alternativas entre las que se toma la decisión.

1.6.2. Ventajas de la utilización de las TAD.

Debido a la importancia que adquiere la producción de software, es necesario gestionar los proyectos de producción de software y minimizar o eliminar los riesgos que puedan afectar el producto. Una de las actividades fundamentales para lograr un producto con la suficiente calidad que satisfaga las necesidades del cliente en tiempo requerido es precisamente la GR. Las acciones que se llevan a cabo en dicho proceso están estrechamente vinculadas con la utilización de las TAD, las cuales aportan una gran ventaja en cuanto al costo y tiempo empleado por los desarrolladores. La utilización de

las mismas presupone un gran ahorro de energía y tiempo para la organización y el proyecto, pues con ellas es posible prever problemas que podrían dar al traste con la culminación exitosa del mismo.

En fin, la utilización de las TAD, es sin duda una forma de realizar buenas prácticas que traen consigo ahorro de energía, tiempo y coste para todos los implicados en el proceso de desarrollo de software.

1.7. Relación entre la Gestión de Riesgo y las TAD.

La GR constituye un eje transversal e integrador en los diferentes proyectos que tienen por objetivo garantizar que los procesos de desarrollo impulsados en la sociedad se den en las condiciones óptimas de seguridad y que la atención y acciones desplegadas ante consecuencias no deseadas promuevan el mismo desarrollo. Es decir, todo proyecto que realice una GR llega a una decisión a tomar después que se han analizado factores como la probabilidad de ocurrencia de los riesgos, el impacto y la gravedad de los mismos. Es por ello, que para llegar a una conclusión de las actividades a realizar, es necesario la utilización de las TAD, es precisamente donde las mismas juegan un papel fundamental en la GR. Las TAD son utilizadas con mayor auge después de haber cursado la identificación de riesgos, no quiere decir que en las primeras fases de la GR no se empleen, pero su uso se hace con mayor utilidad en la fase de análisis de riesgos, ya una vez de haber identificado los mismos.

A continuación se presenta un gráfico donde muestra la relación entre las TDA y la GR:

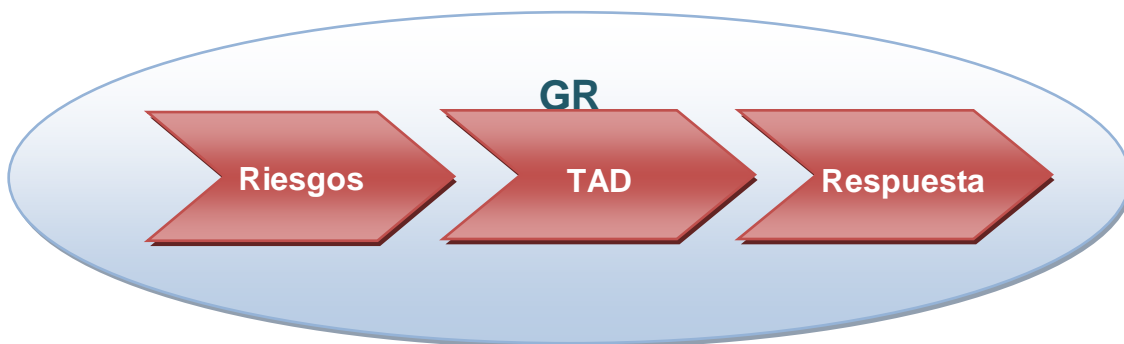


Figura 6: Técnicas de Apoyo a la Decisión en la Gestión de Riesgos.

Por tanto las TAD son aplicadas cuando se implementa una estrategia de tipo proactiva, es decir, cuando se prevé la aparición de los riesgos, y se realizan actividades para mitigar sus efectos.

1.8. Conclusiones Parciales.

A lo largo de este capítulo se profundizó sobre la GR y específicamente dentro de esta los diferentes enfoques, unos más abarcadores que otros, pero sin lugar a dudas, todos hacen una identificación y priorización de riesgos en función de diferentes factores principalmente de la exposición calculada así como del impacto y la probabilidad.

También se realizó un pequeño acercamiento a las TAD que son un eslabón fundamental en la GR, las cuales están adquiriendo cada vez más importancia debido a las ventajas que traen consigo. Por tanto es de vital importancia su utilización y hacerlo de una forma eficiente y completa en la gestión de proyecto se realizaría una mejor GR.

Capítulo 2: Guía de Técnicas de Apoyo a la Decisión en la Gestión de Riesgos.

En este capítulo se plantean primeramente los objetivos que persigue la Guía de TAD, posteriormente se exponen las actividades a seguir para su aplicación, las cuales están en correspondencia con las fases de la GR. Seguido de esto se abordan las TAD utilizadas en cada una de las fases de la GR, como en la planificación, la Identificación, el análisis, priorización, planificación de las respuestas, y seguimiento y control de los riesgos. Se destacan las características principales de cada una y se describen en breves pasos como ha de utilizarse para la realizar una correcta GR.

2.1 Objetivos de la Guía de Técnicas de Apoyo a la Decisión.

La Guía de Técnicas está dividida en varias partes, teniendo en cuenta las diferentes fases de la GR. Primeramente antes de abordar cada técnica se hace una pequeña introducción a cada una de las fases y se explica de forma breve en qué consiste. El objetivo general de la guía es describir las técnicas que se utilizan en la GR de un proyecto de desarrollo de software. Se considera técnica a un procedimiento sistemático definido y utilizado por una persona para realizar una actividad para producir un producto o un resultado, o prestar un servicio, y que puede emplear una o más herramientas.

Los objetivos de la presente Guía de TAD en la GR son los siguientes:

- Brindar una descripción exacta de la utilización de TAD para el análisis de los riesgos en los proyectos de desarrollo de software.
- Ofrecer una guía formal de técnicas para la toma de decisiones en la GR adaptable a las características de cada proyecto en particular.
- Lograr la aplicación y estandarización de la guía en los proyectos productivos de la UCI.

Los objetivos anteriormente mencionados están en correspondencia con las necesidades existentes en la actualidad del entorno productivo UCI, pues no existe una guía por las cuales gestores de riesgos junto con el equipo de GR de cada proyecto puedan apoyarse para valorar las diferentes alternativas que se le presentan y tomar decisiones de forma correcta. Por tanto surge la necesidad de la creación de la presente guía.

2.2 Análisis de la aplicación de las TAD en la GR.

En este epígrafe se expone conceptualmente en qué consiste la utilización de las TAD en la GR. Partiendo inicialmente de un análisis de la GR que se lleva a cabo en la UCI y su utilización en el mundo, se hace necesario el empleo de una guía que muestre como a de usarse para lograr un mejor desempeño en la producción de software. La gran diversidad de intereses que persiguen los proyectos permite que la guía sea flexible a la hora de poner en uso las técnicas que se describen puesto que brinda opciones en cuanto al tipo de análisis que se desee realizar.

La GR está enmarcada por diferentes fases que la caracterizan. Es precisamente donde se llevan a cabo actividades para los diferentes tratamientos a los riesgos. Es en cada una de ellas donde se aplican las TAD, fundamentalmente en la identificación, análisis y planificación de la respuesta a los riesgos.

Exceptuando a las técnicas utilizadas para la identificación de los riesgos donde se maneja más información, no es necesario conocer la probabilidad de ocurrencia de un riesgo y estimar el impacto que este pueda tener, sin embargo en el análisis si son imprescindibles estos datos para uso exitoso de las técnicas.

El riesgo se haya asociado de manera inexorable a cualquier actividad que se lleve a cabo y que imponga la decisión entre varias alternativas. El riesgo, por tanto, acompaña a todo cambio y está presente en cada decisión, por tanto es de principal importancia determinar su impacto.

El impacto puede verse reflejado en varias componentes del proyecto, principalmente en el coste, planificación temporal, la calidad del mismo y el alcance (PMBOK 2004).

Otras de las alternativas a enfrentar por el equipo de desarrollo de software es sobre la realización de un análisis cualitativo o cuantitativo para la aplicación de las técnicas o ambos. Teniendo en cuenta que es en el análisis cuantitativo de los riesgos donde se aplica la mayor cantidad de las técnicas, ya que esta es la etapa más cuantificable.

Luego de determinar la probabilidad y haber utilizado estos datos para el empleo de las técnicas se puede trazar una estrategia para dar respuesta a los riesgos.

2.2.1 Entradas.

Para la realización de la GR, se tienen como entradas:

Activos del Proyecto: Es un documento donde se relacionan todos los activos con que cuenta la organización. Pueden enunciarse en el mismo programas, soportes técnicos y todo lo necesario que use el proyecto productivo para el cumplimiento de sus funciones.

Plan de Gestión de Riesgos: El plan de gestión de riesgos describe cómo se estructurará y realizará la GR en el proyecto. El plan de gestión de riesgos incluye lo siguiente:

- **Metodología:** Define los métodos, las herramientas y las fuentes de información que ha de utilizarse para realizar la GR en el proyecto.
- **Roles y responsabilidades:** Define al Gestor de Riesgos así como el resto de los miembros del Equipo de GR para cada tipo de actividad del plan de gestión de riesgos, asigna personas a estos roles y explica sus responsabilidades.
- **Preparación del presupuesto:** Asigna recursos y estima los costes necesarios para la GR a fin de incluirlos en la línea base de coste del proyecto.
- **Periodicidad:** Define cuándo y con qué frecuencia se realizará el proceso de GR durante el ciclo de vida del proyecto.

Registro de Riesgos: Es uno de los artefactos más importantes de la Gestión de Riesgos. Aparece desde la Planificación de la GR hasta el Seguimiento y Control de los Riesgos. Según (PMBOK 2004) la preparación del registro de riesgos comienza con la siguiente información:

- **Lista de riesgos identificados:** Se describen los riesgos identificados, incluidas las causas y las asunciones inciertas del proyecto.
- **Lista de posibles respuestas:** Se pueden identificar posibles respuestas a un riesgo durante el proceso Identificación de Riesgos. Estas respuestas, si son identificadas, pueden ser útiles como entradas al proceso de Planificación de la Respuesta a los Riesgos.
- **Causa de riesgos:** Son las condiciones o eventos fundamentales que puedan dar lugar a riesgos identificados.

2.2.2 Salida.

Como salida se obtendrá el Registro de Riesgo actualizado, el mismo contiene los resultados reales de los riesgos del proyecto, y de las respuestas a los riesgos que pueden ayudar a los miembros del proyecto en la planificación de riesgos para toda la organización, así como en proyectos futuros.

Además se obtiene un Plan de Mitigación y/o Contingencia donde se exponen las actividades a realizar para reducir los efectos del riesgo del proyecto.

2.3 Actividades a realizar.

Las actividades a realizar por el equipo encargado de realizar la GR del proyecto son las conocidas hasta el momento: Planificación de los Riesgos, Identificación de los Riesgos, Análisis de los Riesgos, Priorización de los Riesgos, Planificación de las Respuestas a los Riesgos y por último el Seguimiento y Control de los Riesgos. Hay que tener en cuenta que durante el desarrollo de estas fases, se debe mantener una comunicación con el resto del equipo del proyecto, ya que la Gestión de Riesgos no solo interesa al equipo responsable de llevar a cabo su desarrollo si no a todo el personal implicado en el proyecto. La explicación de cada actividad viene a continuación:

2.3.1 Actividad: Planificación.

Es donde se realiza la primera actividad con el Equipo de GR, donde se pone en práctica la primera de las técnicas que es la realización de una reunión de planificación y análisis donde se desarrolla el Plan de Gestión de Riesgos, que es donde incluye las acciones necesarias para definir, integrar y coordinar todos los planes a realizar para realizar una correcta GR.

2.3.2 Actividad: Identificación de los riesgos.

Los riesgos deben ser identificados antes que se conviertan en una realidad y ejerzan su impacto en el proyecto. Establecer un ambiente ameno donde las personas expresen sus preocupaciones es de vital importancia. Lograr una correcta comunicación por parte de todos los integrantes del proyecto es de mucha ayuda si se pretende identificar los riesgos que más podrían afectar. Consultar el: *Epígrafe 2.6.*

Se recomienda comenzar con los riesgos genéricos del proyecto que constituyen un riesgo potencial y luego pasar a los específicos.

En esta actividad se listan los posibles riesgos. Esto se lista en un Registro de Riesgos que forma parte del Plan de Gestión de Riesgos. También han de listarse todos los activos del proyecto donde se crea el Registro de Activos por el Equipo de GR.

2.3.3 Actividad: Análisis.

Es donde se analizan cada uno de los riesgos y se evalúan las afectaciones que puedan ocasionar en el proyecto tanto en el costo, planificación temporal y rendimiento. Consultar el: *Epígrafe 2.8.*

En esta actividad se determina el valor de cada activo. Tiene como entrada el Registro de Activos y se obtiene el mismo documento actualizado. Es llevado a cabo por el Equipo de GR.

2.3.3.1 Actividad: Determinar la probabilidad de cada riesgo.

En esta actividad se determina la probabilidad de ocurrencia de cada riesgo. Interviene aquí el Equipo de GR así como el Gestor de Riesgos. Para la realización de la misma se pueden utilizar las siguientes técnicas:

- Tormenta de Ideas.
- Técnica Delphi.
- Entrevistas.

2.3.3.2 Actividad: Determinar el impacto de cada riesgo.

En esta actividad se determina el impacto que pueda ocasionar la aparición del riesgo en el proyecto, así como otros datos de interés como la degradación de los activos en caso que se use una técnica orientada a los activos entre otros valores necesarios. Entiéndase por impacto las consecuencias que ocurrirían tanto en el tiempo, coste y planificación una vez de haber ocurrido el riesgo y haberse convertido en problema.

Para la determinación del impacto se aplican técnicas como:

- Método Delphi.
- Análisis Algorítmico.

- Entrevistas y Reuniones.
- Árboles de Decisión.

Además de las técnicas anteriores pueden utilizarse otras que el Equipo de GR crea conveniente.

2.3.4 Actividad: Priorizar los riesgos.

En esta actividad se actualiza el listado de los riesgos y se ordenan según la prioridad determinada para cada riesgo, es decir, se listan los riesgos con mayor exposición que serían los primeros en tomar acciones para contrarrestar sus efectos. Se plantean las estrategias a seguir. Se pueden utilizar técnicas como Coeficiente de ajuste o descuento por riesgo. Se actualiza además el Registro de Riesgos.

Se obtiene además un Plan de Mitigación y/o Contingencia donde se exponen las actividades a realizar para reducir los efectos del riesgo del proyecto.

2.3.5 Actividad: Planificación de la respuesta.

La planificación se lleva a cabo basándose en la información que brindan los riesgos, estas se transforman en decisiones y acciones a tomar tanto en el presente como en el futuro. Se desarrollan acciones para dirigir riesgos individuales, la priorización de acciones de riesgo y la actualización del Plan de Gestión de Riesgos. Consultar el: *Epígrafe 2.8*. Es donde se toman las estrategias a afrontar por parte del Equipo de GR.

2.3.6 Actividad: Seguir y Controlar los Riesgos:

El objetivo de esta actividad es dar seguimiento a los riesgos con la utilización de algunas técnicas. Éste es un proceso continuo que se realiza durante la vida de todo el proyecto.

Se usan técnicas como:

- Reevaluación de los Riesgos.
- Auditorías de los Riesgos.
- Reuniones sobre el Estado de la Situación

En esta actividad se actualiza el Registro de Riesgos.

2.4 Técnicas de Apoyo a la Decisión en la Gestión de Riesgos por etapas.

La GR es la práctica compuesta de procesos, métodos y herramientas que posibilita la administración de los riesgos en un proyecto; esta actividad se inicia en la primera etapa de un proyecto y se desarrolla a lo largo de todo su ciclo de vida.

Para su desarrollo se realizan actividades necesarias para cumplimentar sus objetivos. Ellas son, la estimación de riesgos y el control de riesgos.

Hay que tener en cuenta que la toma de decisiones tiene una relación muy estrecha con la GR, lo que conlleva que en esta última sean aplicables todas o gran parte de las técnicas utilizadas para la estructuración y análisis de decisiones. Existen infinitud de técnicas e instrumentos aplicables en este contexto.

A continuación se adjunta una relación de las técnicas más utilizadas en las diversas fases de la GR

Fases	Técnicas/Instrumentos/Herramientas
Planificación de los Riesgos.	<ul style="list-style-type: none"> • Reuniones de planificación y análisis.
Identificación de los Riesgos.	<ul style="list-style-type: none"> • Revisiones de documentación. • Análisis mediante Listas de Control. • Técnicas de recopilación de información. <ul style="list-style-type: none"> • Tormenta de Ideas. • Técnica Delphi. • Entrevistas. • Identificación de la causa. • Análisis DAFO. • Análisis de asunciones. • Técnicas de diagramación. <ul style="list-style-type: none"> • Diagramas de causa y efectos. • Diagramas de flujos o de sistemas • Diagramas de influencias. • Diagrama de árbol.
Análisis de los Riesgos.	<ul style="list-style-type: none"> • Valor esperado – árbol estocástico. • Simulación de Montecarlo. • Teoría de la utilidad y sus variantes. • Teoría de Bayes. • Árboles de Decisión. • Matrices de Decisión. • La teoría "Porfolio". • Análisis de Sensibilidad (diagrama de

	<ul style="list-style-type: none"> • araña). • Criterio de dominancia estocástica. • Cadena de medios y fines. • Análisis Algorítmico.
Planificación de las Respuestas a los Riesgos.	<ul style="list-style-type: none"> • La “estrategia”. • Tormenta de ideas. • Coeficiente de ajuste o descuento por riesgo. • El “premio de riesgo”.
Seguimiento y Control de los Riesgos.	<ul style="list-style-type: none"> • Reevaluación de los riesgos. • Auditorías de los riesgos. • Reuniones sobre el estado de la Situación.

Tabla 5: Técnicas más usuales en la gestión de riesgos.

Como se puede apreciar en la ilustración de la tabla anterior, en la fase de análisis de riesgos es donde se utilizan con mayor fuerza las técnicas pues ésta es la etapa más cuantificable.

2.5 La Guía de Técnicas de Apoyo a la Decisión.

La Guía de Técnicas de Apoyo a la Decisión en la GR, está formada por la descripción de las técnicas de apoyo a la decisión en cada una de las fases de la GR.

De cada una se expone brevemente los objetivos que se persigue al utilizarla, así como los elementos básicos que la componen y los principios básicos para su uso. Una gran parte de las mismas se pueden utilizar sin la ayuda de herramientas por su facilidad de uso, éstas generalmente son las descritas en las fases de planificación de riesgos, en la identificación de riesgos y seguimiento y control de riesgos, sin embargo, existen otras como las usadas en el análisis de la gestión de riesgos, que pueden ser utilizadas con ayuda de herramientas específicas para su uso, por su complejidad.

Más adelante realiza una comparación con la Guía de Técnicas de MAGERIT y finalmente se exponen un conjunto de herramientas y se describen sus particularidades así como una breve comparación entre ellas.

2.6 Técnica usada en la Planificación de los Riesgos.

La Planificación de la Gestión de Riesgos es el proceso de decidir cómo abordar y llevar a cabo las actividades de GR de un proyecto. La planificación es el proceso de decidir cómo enfocar, planificar y ejecutar las actividades de GR para el proyecto.

2.6.1 Reuniones de planificación y análisis.

Los equipos del proyecto celebran reuniones de planificación para desarrollar el Plan de GR. A estas reuniones pueden asistir, entre otros, el jefe del proyecto, miembros del Equipo del Proyecto e interesados en el proyecto, cualquiera de la organización con responsabilidad de gestionar las actividades de planificación y ejecución de riesgos, y otras personas según sea necesario.

En estas reuniones se definen los planes básicos para llevar a cabo las actividades de GR. Se desarrollarán los elementos de coste del riesgo y las actividades del cronograma para incluirlos en el presupuesto y el cronograma del proyecto, respectivamente. Se asignarán las responsabilidades respecto al riesgo (PMBOK 2004).

2.7 Técnicas para la Identificación de los Riesgos.

Según la Guía del PMBOK (PMBOK 2004) la Identificación de Riesgos determina qué riesgos pueden afectar al proyecto y documenta sus características. La Identificación de Riesgos es un proceso iterativo porque se pueden descubrir nuevos riesgos a medida que el proyecto avanza a lo largo de su ciclo de vida. La frecuencia de la iteración y quién participará en cada ciclo variará de un caso a otro. El proceso de Identificación de Riesgos suele llevar al proceso Análisis Cualitativo de Riesgos. Como alternativa, puede llevar directamente al proceso Análisis Cuantitativo de Riesgos cuando lo dirige un director de riesgos experimentado.

2.7.1 Revisiones de Documentación:

Se puede realizar una revisión estructurada de la documentación del proyecto, incluidos planes, asunciones, archivos de proyectos anteriores y otra información. La calidad de los planes, así como la consistencia entre esos planes y con los requisitos y asunciones del proyecto, pueden ser indicadores de riesgos en el proyecto.

2.7.2 Análisis mediante Listas de Control.

Las listas de control para la identificación de riesgos pueden ser desarrolladas basándose en información histórica y en el conocimiento que ha sido acumulado de proyectos anteriores similares y de otras fuentes de información. Si bien una lista de control puede

ser rápida y sencilla, es imposible elaborar una que sea exhaustiva. Debe tenerse cuidado de explorar elementos que no aparecen en la lista de control. La lista de control debe revisarse durante el cierre del proyecto, a fin de mejorarla para su uso en futuros proyectos (PMBOK 2004).

2.7.3 Técnicas de Recopilación de Información.

2.7.3.1 Tormenta de ideas.

La meta de la tormenta de ideas es obtener una lista completa de los riesgos del proyecto. El equipo del proyecto suele realizar tormentas de ideas, a menudo con un grupo multidisciplinario de expertos que pueden o no pertenecer al equipo. Se generan ideas acerca de los riesgos del proyecto bajo el liderazgo de un facilitador. Pueden utilizarse como marco categorías de riesgos, tales como una estructura de desglose de los riesgos. Los riesgos posteriormente son identificados y categorizados por tipo de riesgo. Sus definiciones son refinadas.

Existen tres métodos para aplicar la Tormenta de Ideas:

Rueda Libre (Free Wheeling): Éste es el método más utilizado donde los miembros del grupo exponen sus ideas directas y espontáneamente según pidan la palabra donde el Registrador anota las mismas, a medida que son expuestas.

Ideas por turno (Round Robin): En este método el Facilitador pide a cada miembro, por turno una idea siguiendo una sola dirección, a la derecha o izquierda. Los participantes pueden dar su opinión en cualquier vuelta y las ideas son registradas al igual que el de Rueda Libre.

Hoja de papel: En este caso, se le da a cada miembro una hoja y estos escriben sus ideas, las que son recopiladas y posteriormente se anotan al igual que en los casos anteriores, con vistas a que los miembros del grupo puedan evaluar los criterios o ideas. Este método permite que problemas delicados afloren, sin que pueda existir influencia de nadie.

2.7.3.2 Técnica Delphi.

La técnica Delphi es una forma de llegar a un consenso de expertos. Los expertos en riesgos de proyectos participan en esta técnica de forma anónima. Un facilitador emplea

un cuestionario para solicitar ideas acerca de los riesgos importantes del proyecto. Las respuestas son resumidas y luego enviadas nuevamente a los expertos basados en el cuestionario anterior para que realicen comentarios adicionales. En pocas rondas de este proceso se puede lograr el consenso. Es decir, el proceso es repetitivo. Finalmente el responsable del estudio elaborará sus conclusiones a partir de la explotación estadística de los datos obtenidos.

La técnica Delphi ayuda a reducir sesgos en los datos y evita que cualquier persona ejerza influencias impropias en el resultado.

Mediante la técnica Delphi se puede analizar la probabilidad de ocurrencia de los riesgos, el impacto que estos puedan tener para el proyecto y ayudar al Equipo de GR en la toma de decisiones. Esta técnica permite hacer predicciones en situaciones de incertidumbre.

La técnica Delphi es utilizada para obtener información sobre el futuro. Fue definido como un método de estructuración de un proceso de comunicación grupal que es efectivo a la hora de permitir a un grupo de individuos, como un todo, tratar un problema complejo (LINSTONE 2002).

Una de las características más importantes de este método es el anonimato, pues ningún experto conoce la identidad de los otros que componen el grupo, esto impide que sean influenciados por otros, y que se pueda actuar y defender sus argumentos sin el temor de que sepan su identidad en caso de que estos sean erróneos (JULIÁN 2008).

Este método cuenta con una serie de fases, las cuales aparecen a continuación:

- Formulación del problema.
- Elección de expertos.
- Elaboración y lanzamiento de los cuestionarios (esta fase se realiza en paralelo con la fase 2).
- Desarrollo práctico y explotación de los resultados.

La cantidad óptima de expertos necesarios para llevar a cabo este método no se ha determinado, pero estudios realizados plantean que es necesario un número mínimo de 7 expertos, debido a que el error disminuye por cada experto que se añade hasta llegar a 7

pero no se recomienda que sea mayor de 30 pues el incremento del coste y trabajo no compensa la mejora que se realiza en la previsión.

Por tanto, la técnica Delphi posee características que la diferencian de las técnicas restantes, las cuales aparecen a continuación:

- No requiere llegar a un consenso.
- Reducir un número de opiniones.
- Sirve para formular planes a largo plazo.
- Utilizable entre grupos geográficamente dispersos.
- Aísla a los integrantes.
- Es anónima.

Ventajas del método Delphi.

Se le atribuyen algunas ventajas, entre ellas se pueden destacar:

1. El método Delphi reconoce de hecho la diferencia entre una opinión subjetiva (basada en la experiencia o en la intuición disciplinada) y una opinión arbitraria. El juicio de expertos sobre un tema relativamente desconocido puede ser considerado como subjetivo, pero no arbitrario.
2. Reconoce también la utilidad del buen juicio, criterios del ser humano y en particular de un grupo de expertos. Una sola persona por lo general no tiene suficiente conocimiento sobre ciertos problemas para encontrar efectivamente una solución. El método puede eliminar ciertos sesgos que se presentan cuando se acude a la opinión de un solo experto o a un grupo no anónimo, en el cual se puede presentar esa tendencia que se denomina seguir al líder. Esto es, que si los miembros del grupo saben quién emitió una u otra opinión, es muy fácil que si hay algún miembro con prestigio y ascendencia sobre los demás, el resto se acoja a la opinión de dicho experto.
3. Otro de los sesgos que pueden ser eliminados es el temor de un miembro del grupo de retractarse o modificar una opinión ya expresada.
4. También reduce la posibilidad de que algunos o algún miembro se acojan a la opinión de la mayoría sin mucha reflexión, puesto que se piden, se recopilan, se evalúan y se tabulan opiniones independientes sin discusiones presenciales de grupo. Con esta estrategia se reduce o se elimina el efecto de halo, la influencia

de las personalidades fuertes y la tendencia de algunas personas a seguir la opinión de la mayoría.

5. El método Delphi elimina o reduce los efectos nocivos del trabajo por comités, en cuyo seno con frecuencia se pueden presentar sesgos (PAREJA. 2003).

2.7.3.3 Entrevistas.

Las entrevistas son reuniones con una persona o un grupo de personas con el objetivo de recabar cierta información. Las entrevistas se dicen estructuradas cuando se atiende a una serie de preguntas planificadas sin margen para la improvisación. Las entrevistas se dicen libres cuando, existiendo un objetivo claro, no existe un formulario rígido (MAGERIT 2006).

Para la identificación y el análisis en la GR se emplean las entrevistas semi-estructuradas en las que, existiendo un guión preestablecido de preguntas, el entrevistado tiene margen para extenderse en puntos no previstos o, más frecuentemente, responderlas en un orden diferente al previsto. En cualquier caso el guión se emplea para no olvidar nada.

Entrevistar a participantes experimentados del proyecto, interesados y expertos en la materia puede servir para identificar riesgos. Las entrevistas son una de las principales fuentes de recopilación de datos para la identificación de riesgos.

2.7.3.4 Identificación de la causa.

Es una investigación de las causas esenciales de los riesgos de un proyecto. Refina la definición del riesgo y permite agrupar los riesgos por causa. Se pueden desarrollar respuestas efectivas a los riesgos si se aborda la causa del mismo.

2.7.3.5 Análisis DAFO (debilidades, amenazas, fortalezas, oportunidades):

Esta técnica asegura el examen del proyecto desde cada una de las perspectivas del análisis DAFO, para aumentar el espectro de los riesgos considerados.

Para la realización del análisis DAFO se emplea una tabla, que se define de la forma siguiente:

Análisis Interno	Análisis Externo
<p>DEBILIDADES</p> <p>VARIABLES, CARACTERÍSTICAS Y SITUACIONES DE LA EMPRESA QUE DIFICULTAN SU CRECIMIENTO, PROYECCIÓN, CREDIBILIDAD, DESARROLLO, CAPACIDAD DE RESPUESTA O COMPETITIVIDAD.</p>	<p>AMENAZAS</p> <p>ACONTECIMIENTOS, VARIABLES Y CARACTERÍSTICAS DEL ENTORNO QUE PUEDEN GENERAR IMPACTO EN EL FUNCIONAMIENTO DE NUESTRA INICIATIVA, LIMITANDO SU ACTIVIDAD O SU COMPETITIVIDAD.</p>
<p>FORTALEZAS</p> <p>VARIABLES, CARACTERÍSTICAS Y SITUACIONES DE LA EMPRESA SOBRE LAS QUE BASAR SU CRECIMIENTO, PROYECCIÓN, CREDIBILIDAD, DESARROLLO, CAPACIDAD DE RESPUESTA O COMPETITIVIDAD.</p>	<p>OPORTUNIDADES</p> <p>ACONTECIMIENTOS, VARIABLES Y CARACTERÍSTICAS DEL ENTORNO QUE PUEDEN GENERAR IMPACTO EN EL FUNCIONAMIENTO DE NUESTRA INICIATIVA, FACILITANDO SU ACTIVIDAD O SU COMPETITIVIDAD.</p>

Tabla 6: Tabla representativa del análisis DAFO.

Una vez identificadas las Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades, la combinación de unas con otras permite definir estrategias de mejora:

Análisis Interno	Análisis Externo
<p>ESTRATEGIAS DE SUPERVIVENCIA</p> <p>¿Cómo evito que la debilidad favorezca a la amenaza?</p>	<p>ESTRATEGIAS DE REORIENTACIÓN</p> <p>¿Cómo minimizar debilidad desaprovechando oportunidades?</p>
<p>ESTRATEGIAS DEFENSIVAS</p> <p>¿Cómo aprovecho las fortalezas para contrarrestar amenazas?</p>	<p>ESTRATEGIAS OFENSIVAS</p> <p>¿Cómo me permiten las fortalezas aprovechar oportunidades?</p>

Tabla 7: Estrategias de mejora.

El análisis DAFO trae consigo algunas ventajas, ellas son:

- Fomenta la participación y el trabajo en grupo.
- Favorece la interacción del grupo y el contraste de opiniones.
- Permite la definición de estrategias.
- Admite técnicas adicionales de selección u ordenación de factores.

Para realizar el análisis DAFO, se recomienda definir correctamente el alcance del diagnóstico, fomentar la participación de todo el grupo, usar la Tormenta de Ideas en una primera fase, así como buscar el consenso del equipo en la elaboración de la matriz.

2.7.4 Técnicas de Diagramación.

2.7.4.1 Diagramas de causa y efecto:

Estos diagramas también se conocen como diagramas de Ishikawa porque fue creado por Kaoru Ishikawa, experto en dirección de empresas o de espina de pescado porque su forma es similar al esqueleto de un pez, y son útiles para identificar las causas de los riesgos.

Los diagramas Causa-Efecto son útiles para descubrir las causas de un problema o de un suceso, o las relaciones causales entre dos o más fenómenos.

Los Diagramas Causa-Efecto ayudan a pensar sobre todas las causas reales y potenciales de un suceso o problema, y no solamente en las más obvias o simples. Además, son idóneos para motivar el análisis y la discusión grupal, de manera que pueda ampliar su comprensión del problema, visualizar las razones, motivos o factores principales y secundarios, identificar posibles soluciones, tomar decisiones y, organizar planes de acción.

Está compuesto por un recuadro, una línea principal, y cuatro o más líneas que apuntan a la línea principal formando un ángulo aproximado de 70°. Estas últimas poseen a su vez dos o tres líneas inclinadas, y así sucesivamente, según sea necesario. Las fases de elaboración de un diagrama causa - efecto son las siguientes:

Escoger el tema o problema a abordar.

1. Trazar una línea horizontal y poner el problema al final.
2. Hacer una lista de posibles causas.
3. Agrupar las causas dentro de cada una de las categorías que se hayan considerado.
4. Representar las categorías en el diagrama y unir las con la línea central.
5. Representar las causas uniéndolas a la rama de la categoría a la que se hayan incluido.

6. Señalar, con un círculo o un marcador, las causas que se consideren más importantes. No deben ser más de tres o cuatro.

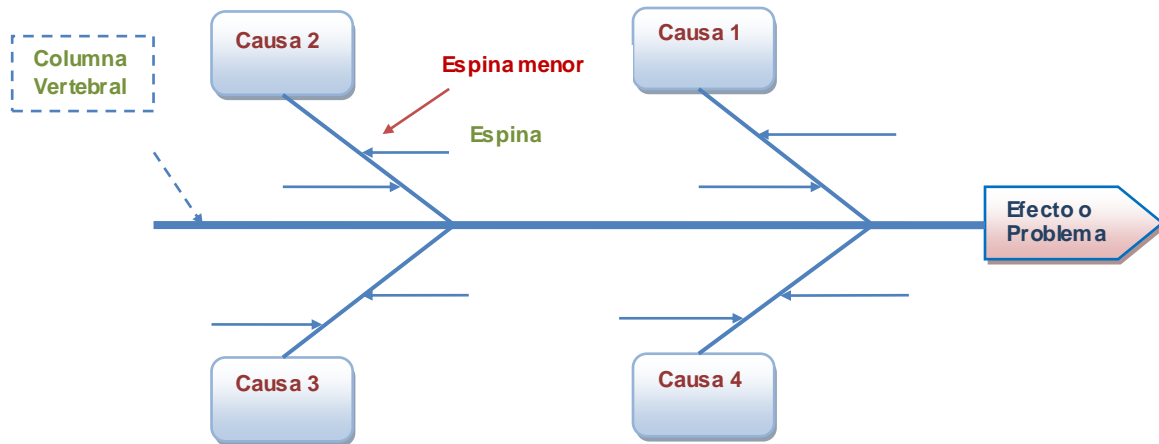


Figura 7: Diagrama Causa-Efecto.

Algunas recomendaciones:

- La elaboración del diagrama se debe realizar mediante trabajo en equipo, participando todas las personas con conocimientos suficientes del tema a tratar, involucradas en él.
- Se deben definir previamente las características a estudiar, con prioridad en cada una de ellas.
- Las causas deben estar ordenadas conforme a un método establecido.
- Las causas se deben subdividir cuando haga falta, con la intención de llegar al final del problema.
- Es necesario ver constantemente las aportaciones realizadas.
- Agrupar las diversas causas.
- No sobrecargar el diagrama.
- Señalar visiblemente las causas principales.
- Comprender cada causa, para poder ubicarla en su lugar correspondiente.
- Ser específico en las causas, no generalizar.

2.7.4.2 Diagramas de flujo o de sistemas.

Estos diagramas muestran cómo se relacionan los diferentes elementos de un sistema, y el mecanismo de causalidad. El objetivo de los diagramas de flujo de datos es la obtención de un modelo lógico que presenta cómo los datos progresan por el sistema de información. Así se facilita su comprensión por los usuarios y los miembros del equipo de desarrollo, sin entrar en detalles de las manipulaciones que sufren los datos.

Un diagrama de flujo de datos es una técnica muy apropiada para reflejar de una forma clara y precisa los procesos que conforman el sistema de información. Permiten representar gráficamente los límites del sistema y la lógica de los procesos, estableciendo qué funciones hay que desarrollar. Además, muestra el flujo o movimiento de los datos a través del sistema y sus transformaciones como resultado de la ejecución de los procesos. Esta técnica consiste en la descomposición sucesiva de los procesos, desde un nivel general, hasta llegar al nivel de detalle necesario para reflejar toda la semántica que debe soportar el sistema en estudio (MAGERIT 2006).

2.7.4.3 Diagramas de influencias:

Estos diagramas son representaciones gráficas de situaciones que muestran las influencias causales, la cronología de eventos y otras relaciones entre variables y resultados (PMBOK 2004).

Los diagramas de influencia permiten representar problemas de decisión, tal y como los percibe el decisor: incertidumbre, acciones a tomar y preferencias. Los diagramas de influencia son grafos dirigidos y acíclicos, con tres tipos de nodos (GRANADA 2003).

Los diagramas de influencia, también llamados Diagramas de Decisión son una representación compacta de la totalidad del conocimiento que se tiene sobre una situación de decisión.

Los diagramas de influencia representan explícitamente las decisiones y los eventos inciertos pero no muestran las alternativas o los posibles resultados. Estos diagramas representan los resultados como un nodo único y no indican los resultados individuales, además son especialmente útiles para resaltar las relaciones de información y dependencia probabilística entre los nodos (BORRÁS 1996).

Los diagramas de influencia contienen nodos de decisión representados por rectángulos y nodos de incertidumbre representados por óvalos. El diagrama contiene también flechas cuyo significado depende del nodo al que llegan. Las flechas que llegan a un nodo de decisión indican que la información contenida en el nodo origen es conocida cuando se toma la decisión; las flechas que llegan a un nodo de incertidumbre significan que la variable aleatoria representada por el nodo de incertidumbre depende probabilísticamente del nodo origen. Usualmente existe un nodo de valor, al final de las trayectorias, que contiene la información respecto a resultados y preferencias. Para una mejor comprensión, en la siguiente figura se muestra un ejemplo de diagrama de influencia.

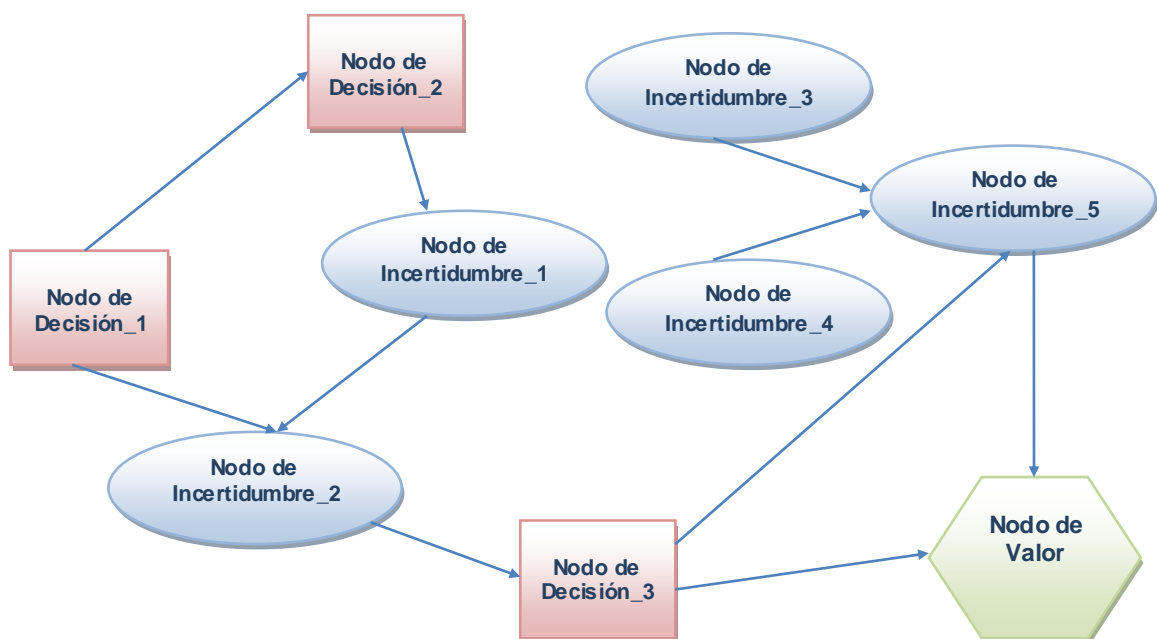


Figura 8: Diagrama de Influencia.

2.7.4.4 Diagramas de árbol.

El diagrama de árbol es una representación gráfica que muestra el desglose progresivo de los factores o medios que pueden contribuir a un efecto u objetivo determinado.

El diagrama de árbol muestra de forma clara y ordenada las posibles formas de obtener un efecto o alcanzar un objetivo determinado. Es una herramienta especialmente útil para cualquier tipo de planificación, principalmente en la gestión. Es utilizado como guía de estudio o análisis ya que no asegura, por sí mismo, la consecución de los objetivos. Es necesario evaluar o comprobar la eficacia real de los medios propuestos así como recursos que requieren.

Sin embargo, la representación mediante árboles trae consigo algunos problemas y deficiencias de interpretación. La más grave de las posibles falsas interpretaciones del diagrama es confundir esta disposición ordenada de teorías con los datos reales.

Por sus características principales, la construcción de un Diagrama de Árbol es muy útil cuando:

- Se requiere desglosar a distintos niveles de interpretación un efecto u objetivo.
- Es necesaria una planificación estructurada.
- Se busca una guía en el análisis o estudio de alternativas de actuación.

El diagrama de árbol es una forma de resolver problemas en los que se tengan que tomar decisiones para poder determinar qué alternativas se tienen.

2.7.5 Análisis de Asunciones.

Todos los proyectos se conciben y desarrollan sobre la base de un grupo de hipótesis, escenarios o asunciones. El análisis de asunciones es una técnica que explora la validez de las asunciones según su aplicación en el proyecto. Identifica los riesgos del proyecto debidos al carácter inexacto, inconsistente o incompleto de las asunciones.

2.8 Análisis de los Riesgos.

Según (SOLENZAL 2008) en este proceso se realiza un análisis detallado de cada riesgo o posible riesgo para determinar su extensión o fuerza, así como el posible impacto, probabilidad de ocurrencia y sus consecuencias.

Además se determina si hay algún riesgo con gran probabilidad de ocurrencia para darle atención urgente. Se debe hacer un análisis cualitativo y luego uno cuantitativo para tener primeramente un orden en cuanto a prioridad a la hora de prevenir y luego poder saber o estimar el costo mínimo que provocarían los riesgos.

2.8.1 Técnicas para el Análisis Cualitativo de los Riesgos.

El Análisis Cualitativo de Riesgos incluye los métodos para priorizar los riesgos identificados así como para realizar otras acciones, tales como el Análisis Cuantitativo de Riesgos o Planificación de la Respuestas a los Riesgos (PMBOK 2004).

El Análisis Cualitativo de Riesgos es normalmente una forma rápida y rentable de establecer prioridades para la Planificación de la Respuestas a los Riesgos, y sienta las bases para el Análisis Cuantitativo de Riesgos.

El análisis cualitativo busca saber qué hay sin cuantificar con precisión. Se trabaja sobre una escala discreta de valores, para esto se posicionan los activos en una escala de valor relativo, definiendo un valor como frontera entre los valores que preocupan y los que son despreciables.

Sobre esta escala de valor se mide tanto el valor del activo, como el impacto de una amenaza cuando ocurra y el riesgo al que está expuesto.

El impacto mide el daño sobre el activo, es la medida del coste si se materializa la amenaza, y el riesgo pondera el impacto con la frecuencia estimada de ocurrencia de ésta. Las estimaciones del impacto y riesgo residual incorporan la eficacia de las salvaguardas creadas para enfrentarse a la amenaza, ya sea limitando el impacto o reduciendo la frecuencia de ocurrencia. Con los resultados de estos parámetros se valora qué salvaguardas tomar para contrarrestar los riesgos (JULIÁN 2008).

2.8.2 Técnicas para el Análisis Cuantitativo de los Riesgos.

2.8.2.1 Valor Esperado.

El análisis del valor monetario esperado es un concepto estadístico que calcula el resultado promedio cuando el futuro incluye escenarios que pueden ocurrir o no, es decir, análisis con incertidumbre.

El valor monetario esperado de las oportunidades generalmente se expresará con valores positivos, mientras que el de los riesgos será negativo.

El valor monetario esperado se calcula multiplicando el valor de cada posible resultado por su probabilidad de ocurrencia, y sumando los resultados. Este tipo de análisis se usa comúnmente en el análisis mediante árboles de decisión y se explicará con más detalles en la próxima sección de árboles de decisión.

Ver Epígrafe 2.8.2.5.

2.8.2.2 Simulación de Monte Carlos.

El método de Monte Carlos es una técnica de simulación utilizada en problemas donde los métodos analíticos son incapaces de modelar un comportamiento aleatorio, debido a la variabilidad probabilística de las medidas de desempeño (MENDOZA. 2004).

Según (PEPE 2006) el método de Monte Carlos es una herramienta de investigación y planeamiento; básicamente es una técnica de muestreo artificial, empleada para operar numéricamente sistemas complejos que tengan componentes aleatorios.

Sin embargo todos coinciden en que es un método simplificado de simulación, que incluye factores de probabilidad. La simulación es guiada por un muestreo al azar para tomar en cuenta la probabilidad de que el evento suceda. El muestreo al azar se usa para simular sucesos naturales con el fin de determinar la probabilidad de los eventos bajo estudio.

Es un medio de tanteo para ver qué sucedería cuando ciertos eventos, normales y anormales, se presenten. Este enfoque es productivo y dice lo que probablemente sucederá en los eventos reales. Las aplicaciones posibles son muy numerosas.

Gracias a la gran capacidad que han alcanzado actualmente las computadoras el método Monte Carlos es cada vez más utilizado.

Para la utilización del método Monte Carlos son realizadas diversas simulaciones donde, en cada una de ellas, son generados valores aleatorios para el conjunto de variables de entrada y parámetros del modelo que están sujetos a incertidumbre. Tales valores aleatorios generados siguen distribuciones de probabilidades específicas que deben ser identificadas o estimadas previamente. Para una mayor comprensión véase el ejemplo siguiente:

En la tabla siguiente se muestra un análisis histórico de 200 días sobre el número de consultas diarias realizadas al repositorio de un proyecto residente en un servidor central. Se incluye el número de consultas diarias que van desde 0 a 5, junto a las frecuencias absolutas que se interpreta como el número de días que se producen un número determinado de consulta, además las frecuencias relativas y las frecuencias relativas acumuladas.

Consultas Server	Frec. Abs (días)	Frec. Relativa	Frec. Relativa Acu.
0	10	0.05	0.05
1	20	0.10	0.15
2	40	0.20	0.35
3	60	0.30	0.65
4	40	0.20	0.85
5	20	0.15	1.00
Total	200	1.00	

Tabla 8: Muestra de valores necesarios para el análisis.

Se puede interpretar la frecuencia relativa como la probabilidad de que ocurra el suceso asociado, en este caso, la probabilidad de un determinado número de consultas, por lo que la tabla anterior nos proporciona la distribución de probabilidad asociada a una variable aleatoria discreta.

Se desea conocer el número esperado de consultas por día, aplicando entonces la teoría de la probabilidad quedaría de la siguiente forma:

Denotando por X la variable aleatoria que representa el número diario de consultas al servidor, se sabe que:

$$E[X] = \sum_{i=0}^5 x_i * P(X = x_i) = 0 * 0.05 + 1 * 0.10 + \dots + 5 * 0.15 = 2.95$$

En el caso anterior se ha empleado usando la teoría de la probabilidad, pero ello no siempre será factible. Sin embargo usando simulación de Monte Carlos para estimar el número esperado de consultas diarias. Cuando es conocida la distribución de probabilidad asociada a una variable aleatoria discreta será posible usar la columna de frecuencias relativas acumuladas para obtener los llamados intervalos de números aleatorios asociados a cada suceso. En este caso, los intervalos son:

Intervalo	Correspondiente al:
[0.00,0.05)	suceso 0
[0.05,0.15)	suceso 1
[0.15,0.35)	suceso 2
[0.35,0.65)	suceso 3
[0.65,0.85)	suceso 4
[0.85,1.00)	suceso 5

Tabla 9: Intervalos de probabilidad.

Esto significa que al generar un número aleatorio con la computadora proveniente de una distribución uniforme entre 0 y 1 se estará llevando a cabo un experimento cuyo resultado obtenido de forma aleatoria y según la distribución de probabilidad anterior, estará asociado a un suceso.

Así por ejemplo, si la computadora nos proporciona el número aleatorio 0.2567 se podrá suponer que ese día se han producido 2 consultas al server.

	Consultas Server	Frec. Absoluta (días)	Frec. Relativa	Frec. Relativa Acu.	No. Aleatorios		Promedio
1	0	10	0.05	0.05	0.10772119	1	2.95
2	1	20	0.10	0.15	0.1411871	1	
3	2	40	0.20	0.35	0.72148284	7	
4	3	60	0.30	0.65	0.24501462	2	
5	4	40	0.20	0.85	0.5598586	5	
6	5	20	0.15	1.00	0.34066854	3	
7	Total	200	1.00		0.81709909	8	
...					...		
100					0.15403118	1	

Tabla 10: Muestra de valores necesarios para el análisis incluyendo los números aleatorios.

En este caso se ha obtenido un valor estimado que corresponde exactamente con el valor real anteriormente calculado vía la definición teórica de la media. Sin embargo, debido a la componente aleatoria intrínseca al modelo, normalmente se obtendrá valores cercanos al valor real, siendo dichos valores diferentes unos de otros, puesto que cada simulación proporcionará sus propios resultados.

2.8.2.3 Teoría de la utilidad.

El problema de la utilidad ha sido abordado de manera tradicional y frecuente desde diversas perspectivas tanto en la literatura matemática como en la economía. La noción de utilidad vinculada a la problemática de la adopción de decisiones, aparece con el planteamiento de la teoría de decisión.

La teoría de la utilidad constituye uno de los elementos claves del pensamiento económico, tanto clásico como contemporáneo. Desde las aportaciones iniciales de Bernouilli hasta las más recientes de Machina, la idea de la utilidad es fundamental en el desarrollo de la teoría de la decisión.

La Teoría de la Utilidad supone que los consumidores poseen una información completa acerca de todo lo que se relacione con su decisión de consumo, pues conoce todo el conjunto de bienes y servicios que se venden en los mercados, además de conocer el precio exacto que tienen y que no pueden variar como resultado de sus acciones como consumidor, adicionalmente también conocen la magnitud de sus ingresos. Por tanto, la actitud de consumo de bienes será diferente para cada uno de ellos, independiente de la satisfacción que deseen obtener (GONZÁLEZ 2003).

De lo anterior se deriva la idea de definir a la utilidad como la cualidad que vuelve deseable a un bien, dicha utilidad está basada en los estudios que realizaron los economistas clásicos. Adam Smith y David Ricardo, quienes fundamentaban sus razones acerca de la utilidad de los objetos por la capacidad que tienen para satisfacer una necesidad (GONZÁLEZ 2003).

La utilidad es definida también como el grado de satisfacción que se obtiene ante un cierto resultado. Desde este enfoque, las decisiones se toman para maximizar la utilidad esperada en lugar del valor monetario esperado.

El único medio para medir la utilidad de las cosas consiste en utilizar una escala subjetiva de gustos que muestre teóricamente un registro estadístico de la utilidad del consumo que se hace.

Las decisiones están rodeadas de incertidumbres, al igual que el análisis de utilidad. Frente a dos eventos posibles solamente se puede presentar que el primero sea preferido sobre el segundo, o que el segundo sea preferido sobre el primero, o que sea indiferente ante cualquiera de los dos eventos. Adicionalmente se supone que un evento es indiferente ante sí mismo, a otro evento y este a su vez a un tercero.

Una forma de lograr una solución a la decisión que encierra incertidumbre es estudiar el valor esperado. El cual en un proyecto contempla la aleatoriedad de los resultados. Cuando se habla del valor esperado se quiere decir que se busca el resultado posible de

los resultados económicos que son aleatorios, Ver Epígrafe 2.8.2.1. Este concepto tiene un elemento fundamental en todo el tratamiento de los riesgos, pues el individuo puede perder una suma X y seguramente estaría dispuesto a pagar $E(X)$, el valor esperado, a fin de salvar la posible pérdida.

Igualmente, éste principio puede no tener toda la validez, pues depende también del tamaño de la pérdida y la relación con la riqueza con que cuenta el decisor, pues en ocasiones para él se puede convertir en catastrófica y perder todo su patrimonio. Así que dependiendo de la situación, el valor que se esperaría pagar puede ser superior al valor esperado.

Entonces, la forma de cómo se debe tratar el elemento riqueza frente a la pérdida y a la condición de incertidumbre tiene como relación una en la cual se comparan los valores esperados para los posibles eventos que se pueden presentar.

Denotando por X e Y las variables que son aleatorias y que representan lo que puede ocurrir, se realiza el análisis de utilidad. En este caso, X será preferible a Y . Además, se supone que se ha construido una función de utilidad (*uti*) que establece para el individuo la posible riqueza que puede obtener cuando toma una decisión:

$$E[uti(\text{riqueza} + X)] > E[uti(\text{riqueza}) + Y]$$

Si hay indiferencia se obtiene una igualdad.

La forma de una función de utilidad puede estar dada a partir de los eventos, la relación de preferencia y el axioma siguiente:

Si A, B, C son eventos tales que A se refiere a C y éste a B , entonces existe un r en $[0,1]$, tal que:

$$[rA + (1 - r)B] \text{ Es indiferente con } C.$$

Entonces existe una función de *uti*, tal que para cualquier evento:

$$uti(A) > uti(B) \text{ Si y sólo si } A \text{ es preferible a } B.$$

$$uti(rA + (1 - r)B) = ruti(A) + (1 - r)uti(B), \text{ con } r \text{ en } [0, 1]$$

Estas expresiones significan que la preferencia o indiferencia cualitativas tienen la posibilidad de llevarse a números y mantener la consistencia. Así también si se tienen dos variables aleatorias X, Y que representan los valores económicos de resultado, se cumple que:

$E(uti(X)) > E(uti(Y))$ Si se da que la distribución de probabilidad de X es preferida a la de Y . En caso de indiferencia serán iguales.

La función de utilidad existe, es única y si hay otra, ésta será una transformación lineal de la misma; así que puede adoptar formas como:

$$v(riqueza) = auti(riqueza) + b$$

Donde n representa otra función de utilidad que solamente difiere en los valores a y b .

$$uti(riqueza2 - pago) = (1 - p)uti(riqueza1) + p uti(riqueza2)$$

Esto representa la cantidad que se esperaría pagar por la protección de mantener el nivel de $riqueza2$ que se presenta con probabilidad p o tener un nivel inferior de riqueza $riqueza1$, pero que se presenta con probabilidad $(1 - p)$.

En el caso en que no se tenga una función de utilidad lineal, la desigualdad de Jensen es muy importante en este análisis:

Si X es una variable aleatoria y se tiene la función de utilidad $uti(riqueza)$ bajo el supuesto de que la primera derivada es mayor que cero y la segunda derivada menor que cero, se tiene que:

Si $uti(riqueza) < 0$ entonces $E[uti(X)] > uti(E[X])$

Si $uti(riqueza) > 0$, entonces $E[uti(X)] < uti(E[X])$

Igualmente, en términos de riesgo éste presenta la siguiente situación:

$uti(riqueza - pago) = E[uti(riqueza - X)]$ El miembro derecho de la ecuación significa la utilidad esperada de no comprar protección cuando está a un nivel de riqueza dado. El miembro izquierdo es la utilidad esperada de pagar por la protección completa.

2.8.2.4 Teoría de Bayes.

El Teorema de Bayes, desarrollado para abordar problemas básicamente de decisión, en ambientes de incertidumbre, se basa en la premisa de agregar información a los hechos conocidos. Su fórmula, conocida y aplicada por médicos, informáticos, administradores, ayuda a determinar la magnitud de este enfoque probabilista.

En los modelos probabilísticos, el riesgo significa incertidumbre, para la cual la distribución de probabilidad es conocida. Por lo tanto, la evaluación de los riesgos significa un estudio para determinar los resultados de las decisiones junto a sus probabilidades. Los decisores generalmente se enfrentan a severa escasez de información. La evaluación de los riesgos cuantifica la brecha de información entre lo que es conocido y lo que se necesita saber para tomar una decisión óptima.

El Teorema de Bayes, descubierto por Thomas Bayes, en la teoría de la probabilidad, es el resultado que da la distribución de probabilidad condicional de una variable aleatoria A dada B en términos de la distribución de probabilidad condicional de la variable B dada A y la distribución de probabilidad marginal de sólo A (CONTRERAS 2007).

En el Teorema de Bayes se manejan dos tipos de probabilidades, debido a la naturaleza de los problemas: probabilidad a priori, que es la disponible antes de realizar una prueba u observación y probabilidad a posteriori, que es la obtenida después de realizarla.

En la siguiente figura se especifica con mejor claridad.

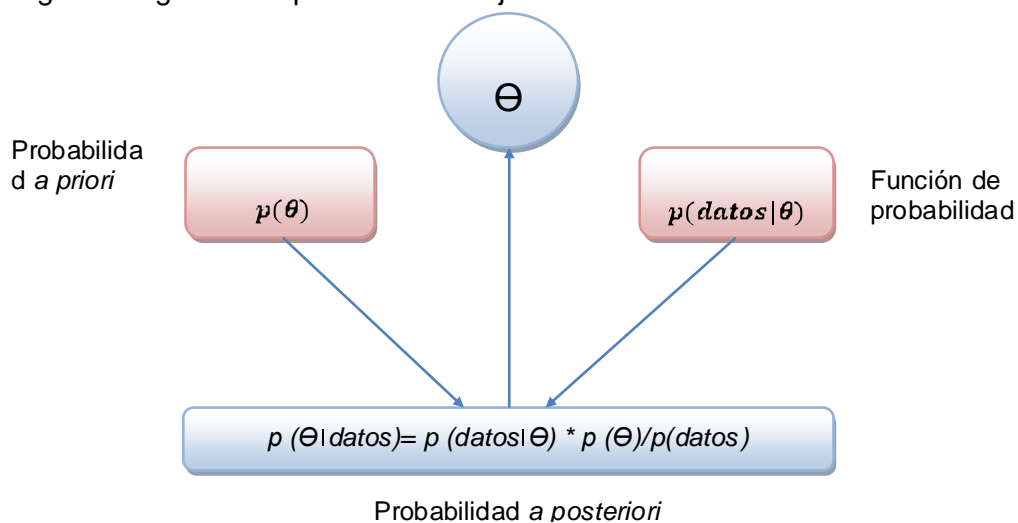


Figura 9: Información a priori y a posteriori.

Para poder deducir las probabilidades, Bayes proporciona la siguiente enunciación matemática: Sea $\{A_1, A_2, \dots, A_n\}$ un conjunto de sucesos cuya unión es el total y tales que la probabilidad de cada uno de ellos es distinta de cero. Sea B un suceso cualquiera del que se conocen las probabilidades condicionales $P(B/A_i)$.

Entonces la probabilidad $P(A_i/B)$ viene dada por la expresión:

$$P(A_1|B) = \frac{P(B|A_1)P(A_1)}{P(B)} = \frac{P(B|A_1)P(A_1)}{\sum_{i=1}^n P(B|A_i)P(A_i)}$$

Donde:

- $P(A_i)$ son las probabilidades a priori.
- $P(B|A_i)$ es la probabilidad de B en la hipótesis que ya ocurrió A_i .
- $P(A_i|B)$ son las probabilidades a posteriori.

Se cumple $i = 1 \dots n$.

Para una mejor comprensión del Teorema de Bayes, vea el siguiente ejemplo práctico:

Una empresa de servicios informáticos se dedica a la producción de software, sin embargo, existe la posibilidad que ocurran cambios en la semana próxima. Los riesgos identificados se expresan a continuación con sus respectivas probabilidades:

- Cambio del equipo de trabajo: probabilidad de 50 %
- Cambio de los requerimientos: probabilidad de 30 %
- Cambios de la tecnología: probabilidad de 20 %

Se tienen datos que indican que, de acuerdo al cambio que experimente el proyecto de desarrollo la posibilidad de incrementar el costo del producto es la siguiente:

- Si hay cambios del equipo de trabajo: probabilidad de aumentar el costo es de 20 %.
- Si hay cambios de los requerimientos: probabilidad de aumentar el costo es de 10 %.
- Si hay cambios de la tecnología: probabilidad de aumentar el costo es de 5 %.

Las probabilidades que se manejan antes de ocurrir un cambio se denominan probabilidades a priori.

Una vez que se incorpora la información que ha ocurrido un cambio y que estos afectan el costo del producto, las probabilidades del suceso A cambian: son probabilidades condicionadas $P(A/B)$, que se denominan probabilidades posteriori.

Para resolver el problema se aplica la fórmula:

$$P(A_i|B) = \frac{P(B|A_i) P(A_i)}{\sum_{i=1}^n P(B|A_i) P(A_i)}$$

La probabilidad que se obtiene de que ocurra un cambio de equipo de trabajo es de:

$$P(A_i|B) = \frac{0.5 * 0.2}{(0.5 * 0.2) + (0.3 * 0.1) + (0.2 * 0.05)} = 0.714$$

La probabilidad de que aumentara el costo cuando ocurrió un cambio de equipo de trabajo es de 71.4 %.

Por otro lado, la probabilidad de que ocurran cambios de requerimientos se obtiene sustituyendo:

$$P(A_i|B) = \frac{0.3 * 0.1}{(0.5 * 0.2) + (0.3 * 0.1) + (0.2 * 0.05)} = 0.214$$

La probabilidad de que aumentara el costo cuando ocurrió un cambio de los requerimientos es de 21.4 %.

Por otro lado la probabilidad de que ocurra un cambio de la tecnología se obtiene sustituyendo:

$$P(A_i|B) = \frac{0.2 * 0.05}{(0.5 * 0.2) + (0.3 * 0.1) + (0.2 * 0.05)} = 0.071$$

No se necesitan conocimientos expertos para ver la importancia fundamental del Teorema de Bayes para la investigación.

Desde el estudio del cosmos hasta medicamentos contra el cáncer toda investigación se trata de descubrir como deberíamos modificar conocida de que ocurra un suceso cuando tenemos nueva información al respecto.

2.8.2.5 Árboles de Decisión.

Un Árbol de Decisión es un método gráfico, que permite analizar todos los resultados posibles en procesos multietápicos y matemáticamente se puede concebir como una red no orientada, finita y conexa, que no tiene ciclo y que está formada por dos vértices como mínimo. Se define también como un método gráfico que expresa, en orden cronológico las acciones alternativas viables para tomar decisiones.

Los árboles de decisión se clasifican en dos tipos fundamentales: Árbol de Decisión Determinístico y Árbol de Decisión Estocástico.

Un Árbol de Decisión Determinístico representa un problema en el cual cada posible alternativa y su correspondiente resultado se conocen con certeza. No tienen Nodo de Oportunidad.

Un Árbol de Decisión Estocástico al contrario del Determinístico se caracteriza por la presencia de Nodos de Oportunidad. Éstos pueden representar problemas de una etapa o multietápicos. La clasificación se muestra a continuación:

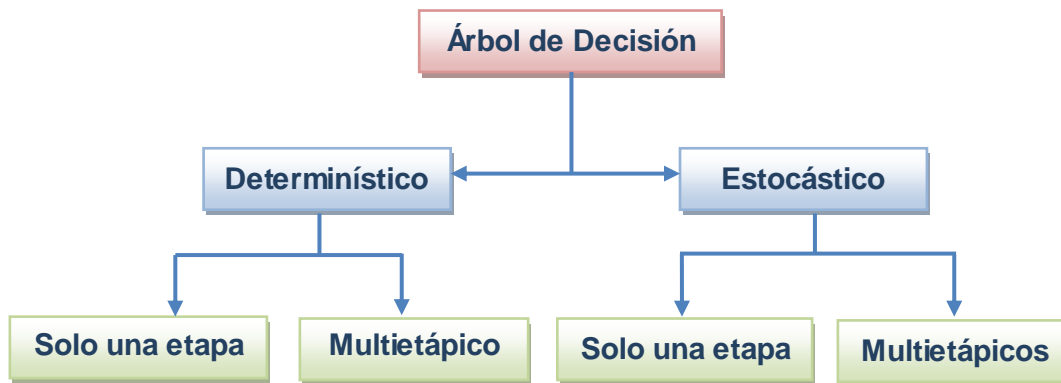


Figura 10: Clasificación de un Árbol de Decisión.

Los árboles de decisión se usan en situaciones de toma de decisiones en las que se debe optimizar una serie de decisiones. Todos los árboles de decisiones son parecidos en su estructura y tienen los mismos componentes

En un árbol de decisión hay nodos y ramas. Las ramas están representadas por líneas rectas, cuadrados que son los nodos o puntos de decisión y círculos que son nodos o puntos de azar.

Las ramas que se extienden de los nodos indican las alternativas que se pueden tomar en el caso de nodos de decisión, o los diferentes resultados de un evento en el caso de los nodos de azar.

A continuación se muestra una tabla que muestra las figuras representativas de un Árbol de Decisión:





Nombre	Figura
Cuadrados o Puntos de decisión	
Nodo de Oportunidad o Punto de azar.	
Rama de decisión.	
Rama de oportunidad.	

Tabla 11: Elementos de un Árbol de Decisión.

En este último caso cada rama tiene asociada una probabilidad de ocurrencia. Esta probabilidad es una medida de la posibilidad de que ese evento ocurra. La suma de las probabilidades de las ramas que parten de cada nodo de evento es igual a uno. Es decir, que se supone que los eventos son exhaustivos; a los nodos de decisión no se les asigna probabilidades, ya que en esos puntos el decisor tiene el control y no es un evento aleatorio, sujeto al azar.

Para una mejor comprensión de la utilización de un Árbol de Decisión se expone a continuación un ejemplo:

En una empresa de producción de Software en Cuba no existen condiciones de trabajo óptimas ya que la cantidad de computadoras no está en correspondencia con el personal necesario, además de que no todo el personal posee los conocimientos en la tecnología a utilizar y capacitarlos de forma rápida implica contratar a especialistas por lo que se invertiría en gastos y necesitan terminar la producción antes de que acabe el año, por lo que los directivos tienen ante sí las siguientes opciones: Pagar para que se realice la capacitación y continuar la producción o continuar la producción con los problemas presentes hasta ese momento. Los decisores estiman la distribución de probabilidades de los posibles resultados que acompañan a varias descripciones completas de posibles cursos de acción. La estrategia de Realizar capacitación presenta una probabilidad de

0.55 de ganar \$300 y una probabilidad de 0.45 de perder \$100. Si resulta desfavorable la posibilidad no Realizar capacitación con una probabilidad de 0.4 de perder \$30. En caso de ser favorable se presenta una probabilidad de 0.85 de ganar \$270 y una probabilidad de 0.15 de perder \$130.

Se estiman las probabilidades para cada caso y el costo que implica cada una de las acciones. El proceso de análisis del Árbol de Decisión se presenta a continuación:

El análisis del Árbol de Decisión consiste en calcular el valor de la función de utilidad en cada nodo comenzando el proceso por el final e ir avanzando hasta alcanzar el nodo origen.

En el proceso de análisis se calculará el valor de la utilidad en cada nodo, de derecha a izquierda. En los nodos de oportunidad, el valor de la función de utilidad, es el valor esperado, representado por las diferentes ramas que parten de ese nodo.

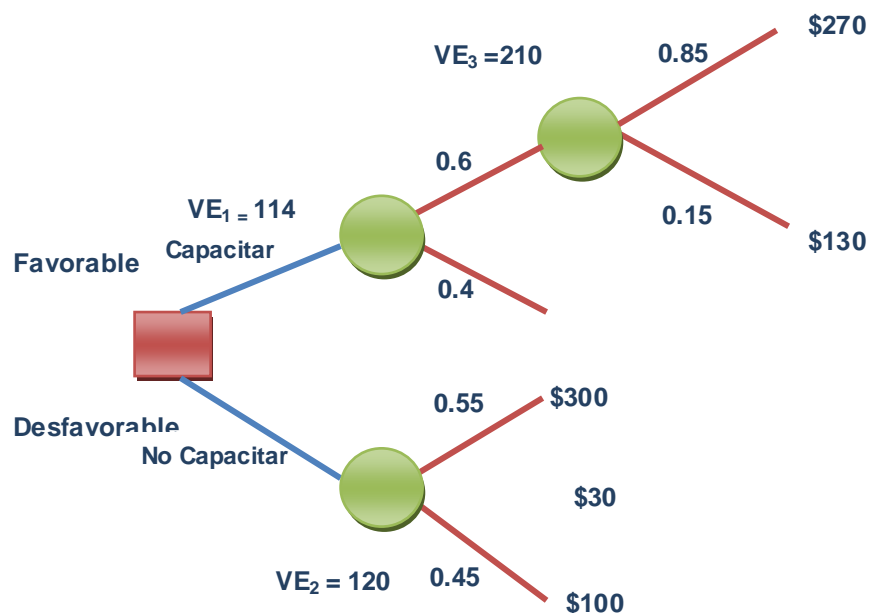


Figura 11: Árbol de Decisión.

$$VE3 = (0.85 * 270) - (0.15 * 130) = 210$$

$$VE1 = (0.6 * 210) - (0.4 * 30) = 114$$

$$VE2 = (0.55 * 300) - (0.45 * 100) = 120$$

La decisión que se presenta ahora es fácil puesto que 114 es menor que 120. El significado de este valor es que se incurre en menos gastos si se toma la decisión de

capacitar el personal por tanto es la decisión óptima, no así la de no realizar la capacitación por lo menos hasta que concluya el año. Se puede decir que el método del Árbol de Decisión posibilita trazar todos los posibles caminos que se pueden seguir en un problema. Prevé una profunda visión acerca de las distintas ramificaciones de decisiones secuenciales que pueden afectarse mutuamente y los resultados asociados a cada camino.

2.8.2.6 Matrices de Decisión.

El proceso de decisión se sintetiza en una matriz de decisión, matriz de consecuencias o matriz de ganancias. Es una matriz que consta de tantas filas como alternativas o estrategias se contemplen, y de tantas columnas como estados de naturaleza sean posibles, siendo sus elementos los resultados correspondientes a cada alternativa en un estado de naturaleza específico.

Una matriz de decisión está formada por los siguientes elementos:

- **Estrategias:** formadas por variables controladas que son las alternativas u opciones que se pueden elegir.
- **Estados de la naturaleza:** son variables no controladas, representan las situaciones o los sucesos en los que no se puede influir y que condicionan la decisión que se tome.
- **Probabilidades:** son las posibilidades de que se produzca cada estado de la naturaleza.
- **Resultados o desenlaces:** son los resultados esperados en cada una de las estrategias, dado un estado concreto de la naturaleza.

Primeramente, para poner en práctica el análisis de la matriz de decisión, hay que tener presente que se pueden presentar tres situaciones de decisiones diferentes: la situación de certeza, la de riesgo y la de incertidumbre.

Para la situación de certeza es precisamente cuando se toma una decisión y ésta provee un resultado óptimo. Sin embargo, cuando se toma una decisión en condiciones de riesgo significa que se conoce la probabilidad que existe de que suceda cada uno de los estados de la naturaleza. Por ello, para decidir la alternativa más beneficiosa se calcula el valor monetario esperado de cada una para, finalmente, elegir el máximo valor.

En cambio, cuando se toma una decisión en condiciones de incertidumbre se desconoce la probabilidad de que suceda cada uno de los posibles estados de la naturaleza. Por este motivo, en este caso la decisión depende de la persona que deba tomarla y de su actitud ante el riesgo. Para tomar una decisión en condiciones de incertidumbre se emplean varios criterios. Los más utilizados son los siguientes: el criterio pesimista o de Wald (maximax), el optimista, el de Laplace, el de Hurwicz, y el de Savage.

A continuación se explicará el uso de cada uno de los criterios de evaluación en la solución de un ejemplo práctico, tanto para decisiones de riesgo como de incertidumbre:

Un proyecto de desarrollo de software posee un capital inicial para sus inversiones de \$1000. Un inversionista ha sugerido cinco inversiones posibles: impresoras, fotocopadoras, swits, computadoras personales, y scanner. Se debe decidir cuánto invertir en cada opción.

Situación de decisión en condición de incertidumbre:

Situación en la que se descubren los estados posibles de la naturaleza pero se desconocen las probabilidades de ocurrencia de cada uno de ellos. Los criterios de decisión más empleados en estos casos son un reflejo de la actitud hacia el riesgo que tienen los responsables en la toma de decisiones.

Criterio Maximin o de Wald: Perfil pesimista (el decisor cree que el peor caso ocurrirá) o conservador (el decisor quiere asegurar una ganancia mínima posible). Se llama máximo porque elige el máximo resultado entre los mínimos resultados. Se elige lo mejor dentro de lo peor. Para encontrar una solución óptima: se marca la ganancia mínima de todos los estados de la naturaleza posible y se identifica la decisión que tiene el máximo de las ganancias mínimas.

Matriz de Ganancia						
Alternativas	Estados de la Naturaleza					Mínimas Ganancias
	Gran alza	Pequeña alza	Sin cambios	Pequeña baja	Gran baja	
Impresoras	-100	100	200	300	0	-100
Fotocopadoras	250	200	150	-100	-150	-150
Swits	500	250	100	-200	-600	-600
PCs	60	60	60	60	60	60
Scanner	200	150	150	-200	-150	-200

Tabla 12: Elementos de la Matriz de Ganancias para el criterio de Maximin o Wald.

La decisión óptima para este criterio sería invertir en computadoras personales.

Criterio Mínimax o Savage: Éste criterio se ajusta también a un perfil pesimista o conservador. La matriz de ganancias es basada en el coste de oportunidad. El decisor incurre en una pérdida por no escoger la mejor decisión. Para encontrar la solución óptima se determina la mejor ganancia de todas las alternativas en cada estado de la naturaleza, es decir la mejor ganancia por columna y se calcula el costo de oportunidad para cada alternativa de decisión como la mejor ganancia por columna menos la ganancia de cada una de las celdas de la columna, posteriormente se encuentra el máximo costo de oportunidad para todos los estados de la naturaleza y se selecciona la alternativa de decisión que tiene el mínimo coste de oportunidad.

Matriz de Ganancia					
Alternativas	Estados de la Naturaleza				
	Gran alza	Pequeña alza	Sin cambios	Pequeña baja	Gran baja
Impresoras	-100	100	200	300	0
Fotocopiadoras	250	200	150	-100	-150
Swits	500	250	100	-200	-600
PCs	60	60	60	60	60
Scanner	200	150	150	-200	-150

Tabla 13: Elementos de la Matriz de Ganancias para el criterio de Mínimax o Savage.

Haciendo los cálculos requeridos para llegar a la solución, queda como resultado la siguiente tabla:

Matriz de Ganancia						Máximo coste de oportunidad
Alternativas	Estados de la Naturaleza					
	Gran alza	Pequeña alza	Sin cambios	Pequeña baja	Gran baja	
Impresoras	600	150	0	0	60	600
Fotocopiadoras	250	50	50	400	210	400
Swits	0	0	100	500	660	660
PCs	440	190	140	240	0	440
Scanner	300	100	50	500	210	500

Tabla 14: Valores resultantes después de aplicar el criterio de Mínimax o Savage.

La decisión óptima para invertir en este criterio es invertir en fotocopiadoras por tener el menor coste de oportunidad.

Criterio Maximax: Este criterio se basa en el mejor de los casos. Considera los puntos de vista optimista y agresivo. Un decisor optimista cree que siempre obtendrá el mejor resultado sin importar la decisión tomada. Un decisor agresivo escoge la decisión que le proporcionará una mayor ganancia. Para encontrar la decisión óptima se marca la máxima ganancia para cada alternativa de decisión y se selecciona la decisión que tiene la máxima de las máximas ganancias.

Matriz de Ganancia						
Alternativas	Estados de la Naturaleza					Máximas Ganancias
	Gran alza	Pequeña alza	Sin cambios	Pequeña baja	Gran baja	
Impresoras	-100	100	200	300	0	300
Fotocopiadoras	250	200	150	-100	-150	250
Swits	500	250	100	-200	-600	500
PCs	60	60	60	60	60	60
Scanner	200	150	150	-200	-150	200

Tabla 15: Valores resultantes después de aplicar el criterio de Maximax.

La decisión óptima sería invertir swits por presentar la mayor ganancia posible.

Criterio de razonamiento insuficiente o criterio Laplace: Puede ser tomado por un tomador de decisiones que no sea optimista ni pesimista. El decisor asume que todos los estados de la naturaleza son x-probables. Para encontrar la decisión óptima se selecciona la decisión con el mayor valor esperado, el mismo se calcula de la siguiente forma:

$$E(X_i) = \sum_{j=1}^m X_{ij} * P_j$$

Donde la sumatoria de las probabilidades asociadas es igual a una unidad.

$$\sum_{j=1}^n P_j = 1$$

$$E(X_1) = E(\text{Impresoras}) = -100 * 0.2 + 100 * 0.2 + 200 * 0.2 + 300 * 0.2 + 0 * 0.2 = 100$$

$$E(X_1) = E(\text{Fotocopiadoras}) = -250 * 0.2 + 200 * 0.2 + 150 * 0.2 - 100 * 0.2 - 150 * 0.2 = 70$$

$$E(X_1) = E(\text{Swits}) = 500 * 0.2 + 250 * 0.2 + 100 * 0.2 - 200 * 0.2 - 600 * 0.2 = 10$$

$$E(X_1) = E(\text{PCs}) = 60 * 0.2 + 60 * 0.2 + 60 * 0.2 + 60 * 0.2 + 60 * 0.2 = 60$$

$$E(X_1) = E(\text{Scanner}) = 200 * 0.2 + 150 * 0.2 + 150 * 0.2 - 200 * 0.2 - 150 * 0.2 = 30$$

Después de aplicar el criterio de razonamiento insuficiente o de Laplace se llega a una solución. En este caso la decisión óptima sería invertir en impresoras.

Criterio de Hurwicz: Es un criterio intermedio entre Maximin y el Maximax: Supone la combinación de ponderaciones de optimismo y pesimismo. Sugiere la definición del llamado coeficiente de optimismo (α), y propone que se utilice como criterio de decisión una media ponderada entre el máximo resultado asociado a cada alternativa, y el mínimo resultado asociado a la misma.

Hay que tener en cuenta que mientras más cercano sea el valor de α , mayor es el optimismo: $0 \leq \alpha \leq 1$

$$T(X_i) = \alpha * \text{Max}_{ij} + (1-\alpha) \text{Min}_{ij}$$

Para hallar la solución óptima se marca el máximo y el mínimo de cada alternativa. Según el coeficiente de optimismo del decisor (α), se multiplica el máximo por éste y el mínimo se multiplica por $(1-\alpha)$. Luego se suman los dos. Posteriormente se elige el máximo entre todas las alternativas.

En este caso, suponiendo que el empresario es neutral entonces $\alpha = 0.5$.

Matriz de Ganancia						Máx. Ganancias con $\alpha=0.5$
Alternativas	Estados de la Naturaleza					
	Gran alza	Pequeña alza	Sin cambios	Pequeña baja	Gran baja	
Impresoras	-100	100	200	300	0	100
Fotocopiadoras	250	200	150	-100	-150	50
Swits	500	250	100	-200	-600	-50
PCs	60	60	60	60	60	60
Scanner	200	150	150	-200	-150	0

Tabla 16: Valores resultantes después de aplicar el criterio de Hurwicz.

Aplicando la ecuación anterior:

$$T(X_{ij}) = T(\text{Impresoras}) = 0.5 * 300 + 0.5 * (-100) = 100$$

Como se puede apreciar en la tabla anterior la decisión más óptima es la de invertir en impresoras, es la que posee mayor ganancia.

En situación riesgo:

Se conoce la lista de estados de la naturaleza y su probabilidad de ocurrencia. Como los eventos son excluyentes tenemos: La suma de probabilidades de todos los estados de la naturaleza debe ser igual a la unidad.

El criterio que se utiliza para comparar los resultados correspondientes a cada línea de actuación, es la mayor esperanza matemática.

Matriz de Ganancia						Ganancia Esperada
Alternativas	Estados de la Naturaleza					
	Gran alza	Pequeña alza	Sin cambios	Pequeña baja	Gran baja	
Impresoras	-100	100	200	300	0	100
Fotocopiadoras	250	200	150	-100	-150	130
Swits	500	250	100	-200	-600	125
PCs	60	60	60	60	60	60
Scanner	200	150	150	-200	-150	95
Probabilidades	0.2	0.3	0.3	0.1	0.1	

Tabla 17: Valores resultantes después de aplicar el criterio de Hurwicz.

El utilizar como único criterio de decisión la esperanza matemática supone asumir ciertas hipótesis:

- a) Que para el sujeto decisor no sea de su interés la dispersión del resultado, es decir no tiene en cuenta la desviación típica.
- b) Que no exista riesgo de ruina: Es el riesgo que en el desenlace de una estrategia pueda suponer un quebranto económico tal que no pueda ser superado por la empresa. En dicho caso el decisor pasaría a elegir sólo entre aquellas alternativas cuyos resultados más desfavorables puedan ser asumidos por la empresa. Tiene que ver con la capacidad de asumir pérdidas.

Para solucionar estas limitaciones se construyen funciones de utilidad.

Para la primera hipótesis:

Consideración de la variabilidad de los resultados: Penalizar la esperanza económica por una medida que de idea de la variabilidad de los datos, considerando la multiplicación de dicha medida de variabilidad por un coeficiente indicativo de temor al riesgo (α) del sujeto decisor.

La función de utilidad se halla restando al valor esperado de cada alternativa el coeficiente de aversión por la desviación típica.

Si $a=1$ Mayor aversión al riesgo. El inversor presenta un perfil más conservador.

Si $a=0$ Poca aversión al riesgo. El inversor presenta un perfil más arriesgado.

$U(X_i) = E(X_i) - a * \sigma_x$ Función de utilidad.

Obsérvese que cuando a tiende a 1 la cantidad a restar es mayor, por tanto la utilidad esperada es menor lo que corresponde a un perfil conservador.

σ_x^2 = Varianza como medida de variabilidad de los resultados.

Varianza:

$$\sigma_x^2 = \sum_{j=1}^m (X_{ij} - E(X_i))^2 * P_j$$

σ_x = Desviación típica $\sqrt{\sigma_x^2}$

Para este caso, si el inversor tiene una aversión al riesgo de 15%: $a=0.15$ entonces:

$$U(X_i) = E(\text{Impresoras}) - a * V(\text{Impresoras}) = 100 - 0.15$$

$$\sqrt{(-100 - 100)^1 * 0.2 + (100 - 100)^1 * 0.3 + (200 - 100)^1 * 0.3 + (300 - 100)^1 * 0.1 + (0 - 100)^1 * 0.1} = 52.56$$

Sucesivamente se calculan todos los valores para cada una de las alternativas. Posteriormente se elige la alternativa que maximiza la función de utilidad. En este caso sería: $X_2 = \text{Fotocopiadoras} = 71.7$. Es el máximo beneficio teniendo en cuenta la aversión al riesgo.

Para la segunda hipótesis:

Consideración del riesgo de ruina: La probabilidad de ruina es la probabilidad de que un resultado X_{ij} sea menor que un cierto ingreso (si la matriz que se está analizando es de costes) o beneficio crítico que como mínimo ha de obtener la empresa. Es decir, en el peor de los casos, cuáles serían las pérdidas que se estaría dispuesto a asumir, o beneficio que cómo mínimo se exige a la inversión.

En el presente ejemplo, si se está dispuesto a asumir pérdidas hasta 180 unidades monetarias, se rechazan las inversiones en negocio y en acciones ya que podrían generar pérdidas que no se podrían asumir $(-600; 200)$. Se tendría que elegir entre impresoras, fotocopiadoras o computadoras personales a través de la esperanza matemática o bien considerando la función de utilidad que penalice la dispersión de resultados a través de la desviación típica.

2.8.2.7 Teoría de Portfólio

La Teoría de Portfólio o Teoría de la Cartera presenta un método prescriptivo para identificar la cartera óptima de un inversionista. Es un ejercicio de economía normativa, en donde se dice a los inversionistas qué deben hacer. La operación analítica se divide en dos pasos según el “Teorema de la Separación”.

Pasos:

1. Obtención de la Cartera de Tangencia Óptima del Mercado.
2. Determinación de la Cartera Óptima de cada Inversor.

Paso uno: El inversionista necesita estimar los rendimientos esperados y las varianzas de todos los valores contemplados. Además, necesita estimar todas las covarianzas entre estos valores, así como determinar la tasa libre de riesgo. Una vez hecho esto, el inversionista puede identificar la composición de la cartera de tangencia así como su rendimiento esperado y su desviación estándar (GRAUZIOLI 2004).

Al hacerlo, todos los inversionistas obtendrían en equilibrio la misma cartera de tangencia, bajo las suposiciones siguientes:

- Los inversionistas evalúan las carteras juzgando los rendimientos esperados y desviaciones estándares de las carteras durante un horizonte de un período.
- Los inversionistas nunca se sacian, de modo que cuando se da una opción entre dos carteras con desviaciones estándar idénticas, elegirán la que tenga el rendimiento esperado más alto (criterio de elección de la media varianza: máx rendimiento).
- Los inversionistas son adversos al riesgo, de modo que cuando se da una opción entre dos carteras con rendimientos esperados idénticos, elegirán la que tenga la

desviación estándar más baja (criterio de elección de la media varianza: min riesgo).

- Los activos individuales son divisibles infinitamente, lo que significa que un inversionista puede comprar una fracción de una acción si lo desea.
- Hay una tasa libre de riesgo a la que el inversionista puede prestar dinero o pedirlo prestado, es decir, la tasa es única para todos.
- Los impuestos y los costos de transacción son irrelevantes.
- Como todos los inversionistas tienen el mismo horizonte de un período, enfrentan la misma tasa libre de riesgo, y obtienen la misma información, tienen expectativas homogéneas, es decir, comparten las mismas percepciones con respecto a los rendimientos esperados, desviaciones estándares y covarianzas de los valores (GRAUZIOLI 2004).

Por consiguiente, el conjunto eficiente lineal es el mismo para todos los inversionistas porque implica simplemente las combinaciones de la cartera de tangencia y el endeudamiento libre de riesgo o el préstamo libre de riesgo acordados.

El teorema de la separación afirma que “la combinación óptima de activos riesgosos y libre de riesgos para un inversionista cualquiera puede determinarse sin conocimiento alguno acerca de las preferencias de riesgo y rendimiento del inversionista”.

Es decir, la combinación óptima de activos riesgosos es determinada sin ningún conocimiento de la forma de las curvas de indiferencia de un inversionista.

Paso dos: Ya que todos los inversionistas enfrentan el mismo conjunto eficiente, la única razón de que elijan carteras diferentes es que tienen preferencias distintas hacia el riesgo y rendimiento, lo que da como resultado curvas de indiferencia particulares.

Entonces puede identificar la cartera óptima del inversionista observando en qué punto una de sus curvas de indiferencia toca pero no corta el conjunto eficiente. En ese punto de tangencia queda determinada la inversión con cierta suma de endeudamiento o préstamo a la tasa libre de riesgo, porque el conjunto eficiente es lineal.

No obstante, aunque las carteras elegidas serán diferentes, cada inversionista escogerá la misma combinación de valores riesgosos, de acuerdo a lo determinado en el primer paso.

La Teoría de Portfolio identifica la cartera óptima de todo inversionista. La cartera de mercado consta de todos los valores en los que la proporción invertida en cada valor corresponde a su valor de mercado relativo. El valor de mercado relativo de un activo riesgoso es igual al valor de mercado agregado por el activo dividido por la suma de los valores de mercado agregados de todos los activos riesgosos.

La aplicación de la Teoría de Portfolio requiere conocimientos de las finanzas y las matemáticas para poder comprender íntegramente la Teoría de la Cartera.

2.8.2.8 Análisis de Sensibilidad.

Según (PMBOK 2004) el análisis de sensibilidad ayuda a determinar qué riesgos tienen el mayor impacto posible sobre el proyecto. Este método examina la medida en que la incertidumbre de cada elemento del proyecto afecta al objetivo que está siendo examinado, cuando todos los demás elementos inciertos se mantienen en sus valores de línea base.

Una representación típica del análisis de sensibilidad es el diagrama con forma de tornado, que es útil para comparar la importancia relativa de las variables que tienen un alto grado de incertidumbre con aquellas que son más estables.

El análisis de sensibilidad es el primer paso para reconocer la incertidumbre. Se emplea cuando es necesario conocer cuando el cambio de una variable afecta el resultado, esto permite identificar las variables más críticas o construir escenarios posibles que permitirán analizar el comportamiento de un resultado bajo diferentes supuestos. El análisis de sensibilidad permite medir el cambio en un resultado, dado un cambio en un conjunto de variables, tanto en términos relativos como en términos absolutos.

En efecto, cuando en un proyecto de inversión todos sus parámetros son inciertos o probabilísticos, la técnica de análisis de sensibilidad no se recomienda emplear, y entonces es necesario seleccionar la más apropiada de las técnicas mencionadas.

2.8.2.9 Criterio de Dominancia Estocástica.

El criterio de dominancia estocástica es un factor de elección entre alternativas, donde una alternativa es más favorable que otra si su distribución de probabilidad acumulada es mayor o igual que la de la otra opción considerada.

Para esto, ha de cumplirse la siguiente función:

$$F_1(x) \geq F_2(x) \forall x$$

Siendo $F_i(x)$ las respectivas funciones de probabilidad acumulada de las alternativas consideradas.

A continuación se describen los pasos para calcular la probabilidad de un evento.

- Definir el experimento.
- Determinar el espacio muestral y su cardinal.
- Asignar probabilidades a los eventos simples.
- Determinar la colección de eventos simples contenida en el evento de interés.
- Sumar las probabilidades de los eventos simples para obtener la probabilidad del evento.

2.8.2.10 Cadena Medios-Fines

Cada quién tiene un concepto muy personal y según las situaciones a las que se enfrenta, aplica una metodología muy particular para llevar a cabo un proceso de toma de decisiones. Se deben tomar en cuenta todos los factores que influyen en la toma de decisiones y se tienen que identificar las influencias externas e internas, así como factores sociales, culturales, y otros más.

En el proceso de toma de decisiones, se debe tener presente el objetivo del sistema o bien a donde se quiere llevar, y se puede visualizar de una manera donde cada nivel de decisión tiene actividades similares las cuales en conjunto conforman un nivel de decisión.

En este proceso se puede tener una secuencia en la cual para lograr algo se tiene que realizar alguna actividad y para lograr esta actividad se tiene que realizar otra, a esto se le llama la cadena de medios - fines. Dicho proceso consiste en estar analizando las situaciones que se puedan presentar hacia arriba y hacia abajo, las actividades que se tienen que realizar hacia arriba están basadas en la pregunta de ¿Para qué?, y las actividades que se tienen que realizar hacia abajo debe de preguntarse de ¿cómo? se va a realizar. En el siguiente gráfico se muestra un esquema de la cadena de medios-fines.

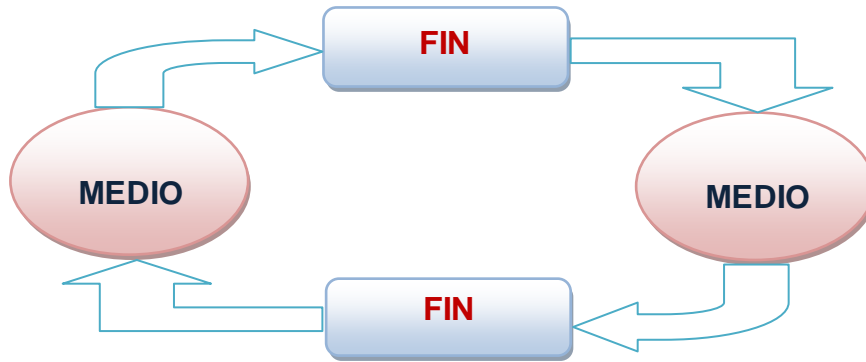


Figura 12: Cadena Medios-Fines.

En la cadena medios-fines no es tan importante definir donde empieza el análisis, sino donde se detiene el proceso porque es aquí donde se encuentra el tamaño óptimo de la cadena para que se cuente con un sistema que evite la complejidad, y que a la vez no sea tan simple que al momento de su aplicación arroje poca información. Se debe de tener un equilibrio de complejidad-simplicidad para que se pueda aspirar a cierto grado de optimización (DÁVILA 1994).

2.8.2.11 Análisis Algorítmico.

Unos de los métodos brindados por la Metodología para la Gestión de Riesgos de los Sistemas de Información es el Análisis Algorítmico, en el cual siguiendo una serie de pasos se calculan diversos elementos necesarios para el Análisis de Riesgos desde el impacto de un riesgo, la eficacia de las salvaguardas planeadas contra este como la importancia del mismo en relación al resto de los riesgos (JULIÁN 2008).

El análisis algorítmico cuenta con dos enfoques: uno cualitativo y otro cuantitativo. La diferencia fundamental entre estos modelos es la información que brindan una vez de haberlos aplicados.

El modelo cualitativo busca la valoración relativa del riesgo que corren los activos, o sea, qué es lo más frecuente y qué es lo menos; el análisis cuantitativo responde cuánto más y cuánto menos, con este último se puede determinar cuánto se puede perder por el impacto de una determinada amenaza, o cuán efectiva puede ser la salvaguarda en términos de reducción del impacto o la frecuencia de aparición de determinada amenaza (MAGERIT 2006).

A continuación se aborda lo especificado en cada análisis.

Modelo cualitativo: En un análisis de riesgos cualitativo se busca saber qué es lo que hay, sin cuantificarlo con precisión. En este modelo se trabaja sobre una escala discreta de valores, para esto se posicionan los activos en una escala de valor relativo, definiendo un valor como frontera entre los valores que preocupan y los que son despreciables.

Sobre esta escala de valor se mide tanto el valor del activo, como el impacto de una amenaza cuando ocurra y el riesgo al que está expuesto.

Cada activo, en cada dimensión, recibe un valor de la escala V. Las diferentes dimensiones de un análisis son independientes entre sí, mereciendo un activo una calificación de valor en cada una de las dimensiones (MAGERIT 2006).

El impacto mide el daño sobre el activo, es la medida del coste si se materializa la amenaza, y el riesgo pondera el impacto con la frecuencia estimada de ocurrencia de ésta.

Las estimaciones del impacto y riesgo residual incorporan la eficacia de las salvaguardas creadas para enfrentarse a la amenaza, ya sea limitando el impacto o reduciendo la frecuencia de ocurrencia. Con los resultados de estos parámetros se valora qué salvaguardas tomar para contrarrestar el riesgo.

Las estimaciones de impacto y riesgo residual incorporan la eficacia de las salvaguardas para enfrentarse a la amenaza, bien limitando el impacto o bien reduciendo la frecuencia.

Según (MAGERIT 2006) el modelo combina los siguientes parámetros de análisis:

- Calibración del valor del activo.
- Calibración de la degradación que supone una amenaza como porcentaje.
- Calibración de la frecuencia de ocurrencia de la amenaza por medio de una escala discreta.
- Vertebración de un paquete de salvaguardas.
- Calibración de la eficacia de las salvaguardas por medio de un porcentaje.

Para la realización de este modelo, primeramente se determina el valor de cada activo, pues es necesario valorar los elementos involucrados en el análisis.

Para esto se determina una escala de valores simbólicos estableciendo una frontera entre los valores que son despreciables y los que son significativos. Es necesario señalar que las diferentes dimensiones de un análisis son independientes entre sí, por lo que se le da un valor a cada una de las dimensiones del activo en cuestión.

Luego se determina la dependencia entre los activos, la cual puede ser transitiva, y seguido se calculan una serie de elementos que dependen uno de otro.

El valor acumulado: Sea $SUP(B)$ el conjunto superiores de B , es decir el conjunto de activos que dependen directa o indirectamente de B :

$$SUP(B) = \{A_i, A_i \Rightarrow B\}$$

Se define el valor acumulado sobre B como el mayor valor entre él propio y el de cualquiera de sus superiores:

$$valor_acumulado(B) = \max(valor(B), \max_i(\{A_i\}))$$

La fórmula anterior dice que el valor acumulado sobre un activo es el mayor de los valores que soporta, bien propio, bien de alguno de sus superiores.

Degradación del valor de un activo: Cuando un activo es víctima de una amenaza parte de su valor se pierde, por lo cual se asigna un valor entre 0.0 y 1.0 que representa esta degradación.

Impacto acumulado de una amenaza sobre un activo: Es la medida de lo que implica una amenaza; es decir la pérdida del valor acumulado.

Impacto repercutido de una amenaza sobre un activo: Si un activo A depende de otro B las amenazas sobre B repercuten sobre A.

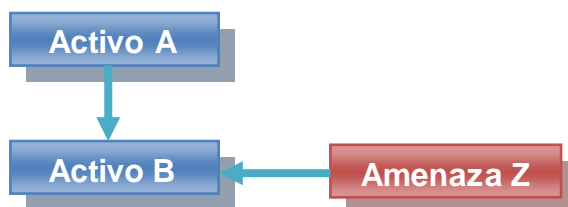


Figura 13: Impacto repercutido de una amenaza sobre un activo.

2.9 Técnicas usadas en la Planificación de las Respuesta a los Riesgos.

La planificación de riesgos toma la información obtenida en el análisis de riesgos para poder definir las estrategias, planes y acciones que se van a realizar para controlar esos riesgos.

La Planificación de la Respuesta a los Riesgos es el proceso de desarrollar opciones y determinar acciones para mejorar las oportunidades y reducir las amenazas a los objetivos del proyecto. Se realiza después de los procesos Análisis Cualitativo de Riesgos y Análisis Cuantitativo de Riesgos y Priorización de los Riesgos.

El principal objetivo de esta fase consiste en desarrollar un plan detallado para controlar los riesgos más importantes que nos suministra la fase que le precede. Es en esta fase en la que se decide la forma de tratar los riesgos y como actuar ante ellos.

2.9.1 La “Estrategia”.

En el ámbito de la GR suele emplearse con frecuencia la palabra "estrategia", éste concepto no es más que un tipo de alternativa para una toma de decisión dentro de lo que se ha denominado etapa de "planificación", es decir, una estrategia sería aquella opción de carácter más generalista y global, que se da en primeras etapas del ciclo de vida del proyecto.

Hay varias estrategias de respuesta a los riesgos. Para cada riesgo, se debe seleccionar la estrategia o la combinación de estrategias con mayor probabilidad de ser efectiva.

Se pueden usar las técnicas de análisis de riesgos, como el análisis mediante árbol de decisiones, para elegir las respuestas más apropiadas. Luego se desarrollan acciones específicas para implementar esa estrategia. Se pueden seleccionar estrategias principales y de refuerzo.

También puede desarrollarse un plan de reserva, que será implementado si la estrategia seleccionada no resulta ser totalmente efectiva o si se produce un riesgo aceptado. A menudo, se asigna una reserva para contingencias de tiempo o coste. Finalmente, pueden desarrollarse planes para contingencias, junto con la identificación de las condiciones que disparan su ejecución (PMBOK 2004).

2.9.1.1 Estrategias para riesgos negativos o amenazas.

Según (PMBOK 2004) existen tres estrategias que normalmente se ocupan de las amenazas o los riesgos que pueden tener impactos negativos sobre los objetivos del proyecto en caso de ocurrir. Estas estrategias son evitar, transferir y mitigar:

Evitar: Implica cambiar el plan de gestión del proyecto para eliminar la amenaza que representa un riesgo adverso. Esto se puede realizar principalmente al comienzo de un proyecto. Aislar los objetivos del proyecto del impacto del riesgo o relajar el objetivo que está en peligro, por ejemplo, ampliando el cronograma o reduciendo el alcance. Algunos riesgos que surgen en las etapas tempranas del proyecto pueden ser evitados aclarando los requisitos, obteniendo información, mejorando la comunicación o adquiriendo experiencia.

Transferir: Transferir el riesgo requiere trasladar el impacto negativo de una amenaza, junto con la propiedad de la respuesta, a un tercero. Transferir el riesgo simplemente da a otra parte la responsabilidad de su gestión; no lo elimina.

Mitigar: Mitigar el riesgo implica reducir la probabilidad o el impacto de un evento de riesgo adverso a un umbral aceptable. Adoptar acciones tempranas para reducir la probabilidad de la ocurrencia de un riesgo o su impacto sobre el proyecto a menudo es más efectivo que tratar de reparar el daño después de que ha ocurrido el riesgo.

El riesgo no está limitado al proyecto de software. Los riesgos pueden ocurrir después de que el software se ha desarrollado exitosamente y entregado al cliente.

2.9.1.2 Estrategias para riesgos positivos u oportunidades.

De la misma manera, existen tres respuestas para tratar los riesgos que tienen posibles impactos positivos sobre los objetivos del proyecto. Estas estrategias son explotar, compartir y mejorar.

Explotar: Es usada cuando la organización desea asegurarse que la oportunidad se haga realidad. Esta estrategia busca eliminar la incertidumbre asociada con un riesgo del lado positivo en particular haciendo que la oportunidad definitivamente se concrete.

Compartir: Compartir un riesgo positivo implica asignar la propiedad a un tercero que está mejor capacitado para capturar la oportunidad para beneficio del proyecto.

Mejorar: Consiste en aumentar el tamaño de la oportunidad, aumentando la probabilidad o los impactos positivos, e identificando y maximizando las fuerzas impulsoras clave de estos riesgos de impacto positivo.

2.9.1.3 Estrategia común ante amenazas y oportunidades.

Aceptar: El uso de esta técnica indica un reconocimiento explícito hacia el riesgo y su incontabilidad. La aceptación es una técnica pasiva que se enfoca en la admisión de cualquier consecuencia derivada de un riesgo sin tratar de prevenirla (MANIASI 2005). Esta estrategia se emplea generalmente para riesgos considerados de baja o muy baja importancia donde no es posible detectar una ganancia significativa al intentar lograr una reducción del riesgo.

2.9.2 Coeficiente de ajuste o descuento y el Premio del Riesgo.

El coeficiente de ajuste o descuento por riesgo refleja el valor del inversor y el índice de retorno que la decisión debe ganar para justificar la inversión.

Por otro lado el "premio del riesgo" es la potencial ganancia derivada de correr ese riesgo. Se traducirá en un índice o coeficiente de descuento menor a la hora de calcular el flujo financiero de la inversión. Sin embargo, no existe ninguna formulación que permita su cálculo; de hecho lo fija cada inversor según sus requerimientos específicos.

El coeficiente de descuento por riesgo suele calcularse del siguiente modo:

$$DR = (RL + I + PR)^t$$

Donde *DR* es el descuento por riesgo, *RL* es el riesgo libre, *I* la inflación, *PR* el premio del riesgo y *t* el tiempo considerado.

2.10 Técnicas usadas para el Seguimiento y Control de Riesgos.

El Seguimiento y Control de Riesgos es el proceso de identificar, analizar y planificar nuevos riesgos, realizar el seguimiento de los riesgos identificados y los que se encuentran en la lista de supervisión (PMBOK 2004).

El proceso Seguimiento y Control de Riesgos aplica técnicas, como reevaluación de los riesgos, auditorías de los riesgos, entre otras. El proceso de Seguimiento y Control de Riesgos, así como los demás procesos de GR es un proceso continuo que se realiza durante la vida del proyecto.

A continuación se describen algunas técnicas usadas en esta fase de la GR.

2.10.1 Reevaluación de los Riesgos.

Según (PMBOK 2004) el proceso de Seguimiento y Control de los Riesgos a menudo requiere la identificación de nuevos riesgos y la reevaluación de riesgos. Las reevaluaciones de los riesgos del proyecto deben ser programadas con regularidad. La GR del Proyecto debe ser un punto del orden del día en las reuniones sobre el estado del equipo del proyecto. La cantidad y el nivel de detalle de las repeticiones que corresponda hacer dependerán de cómo avance el proyecto en relación con sus objetivos.

2.10.2 Auditorías de los Riesgos.

Las auditorías de los riesgos examinan y documentan la efectividad de las respuestas a los riesgos para tratar los riesgos identificados y sus causas, así como la efectividad del proceso de GR.

2.10.3 Reuniones sobre el Estado de la Situación.

Se refiere al estado en que se encuentra la GR en el momento actual. Se afirma que cuanto más se practica la GR es más fácil llevarla puesto que la duración de las reuniones y las discusiones frecuentes sobre los riesgos hacen que sea más fácil hablar de los riesgos, en particular de las amenazas, y que se haga con mayor exactitud.

2.11 Conclusiones Parciales.

Las técnicas utilizadas para la GR analizadas anteriormente son una fuente fundamental para determinar el curso de actividades a seguir, principalmente aquellas que se usan en el análisis de los riesgos. Por lo que se hace necesario contar con presencia de personas con experiencia en la GR del proyecto donde han de aplicarse las técnicas expuestas anteriormente.

Un aspecto a considerar es la utilización de computadoras para la aplicación de técnicas como el Método de Monte Carlos, Análisis de Sensibilidad y Matrices de Decisión donde es necesario realizar cálculos complejos y generar números aleatorios donde se necesita exactitud de cálculos para llegar a una respuesta acertada.

Las técnicas y herramientas expuestas anteriormente no se utilizarán todas en la solución de esta investigación. Técnicas como la Tormenta de Ideas, Entrevistas, Análisis DAFO, Técnica Delphi pueden ser adaptadas al proyecto en particular. Ha de utilizarse sin embargo algunas de las restantes para comprobar su efectividad, sin dejar de tener en cuenta la poca madurez de proyectos de software en la Universidad de las Ciencias Informáticas.

Capítulo 3: Análisis de la propuesta.

En este capítulo se brinda un análisis de la propuesta dirigida a los proyectos de software con el fin de guiar a los Equipos de GR de realizar un correcto análisis de riesgos. Se hace un análisis comparativo entre las técnicas abordadas en el capítulo anterior así como una descripción y comparación de las herramientas para su uso ya que facilitan el trabajo con las mismas.

Una de las características principales de la guía es su aplicabilidad y adaptación a cualquier tipo de análisis que se desee realizar, brindando una descripción detallada de las técnicas. Es tarea del Decisor seleccionar cual se adapta más a la situación en que se encuentra, pues este es uno de los requisitos fundamentales para alcanzar resultados favorables.

3.1 Análisis de la propuesta de la Guía de Técnicas de Apoyo a la Decisión en la GR.

En este epígrafe se exponen fundamentalmente las actividades a realizar para la aplicación de la Guía de Técnicas de Apoyo a la decisión en la Gestión de Riesgos en los proyectos productivos así como se detallan los roles necesarios del equipo que lleva a cabo la GR.

Partiendo de la inexistencia de una Guía de Técnicas de Apoyo a la Decisión en la Gestión de Riesgos en los proyectos productivos de la UCI se hace necesaria la aplicación de la misma.

Hay que tener en cuenta que la diferencia existente en cada uno de los proyectos permite que la aplicación de la misma no sea de forma rígida, sino que debe de adaptarse al proyecto en desarrollo como tal.

3.2 Roles para la utilización de la Guía de Técnicas.

El análisis de los riesgos en un proyecto debe realizarse por un equipo de personas capacitadas. De esta forma se garantiza un porcentaje importante de realizar las actividades de forma correcta. Se hace necesario definir los roles que han de utilizarse para garantizar el buen cumplimiento de las actividades.

Los responsables a realizar las tareas de análisis de riesgos son el Equipo de GR, el Líder o Gestor de Riesgos y el Decisor.

A continuación aparecen los mismos y las funciones que deben de realizar dentro del equipo.

Roles	Responsabilidades
Equipo de GR	Llevar a cabo las tareas de GR. Recopilar información sobre los riesgos. Elaborar y actualizar documentos como Activos del Proyecto, Registro de Riesgos y Plan de GR.
Gestor de Riesgo	Encargado de guiar y dirigir las actividades en cada una de las fases de la GR. Identifica junto al resto del equipo los riesgos del proyecto. Planifica y supervisa las acciones a realizar para cada riesgo. Es responsabilidad del Gestor de Riesgos el conocimiento de cada una de las TAD.
Decisor	Encargado de conocer cual técnica es la más apropiada a aplicar, según las características del proyecto. Debe dominar las técnicas de TAD para cada una de las fases de la GR. Es quien decide cual es la mejor opción a tomar. Es el responsable de la toma de decisiones.

Tabla 18: Roles responsables de la aplicación de las TAD en la GR.

3.3 Aplicación de la Guía de Técnicas en el proyecto Sistema de Gestión de Datos Geológicos: SGD G.

Para la aplicación de la Guía de TAD, se tomó un proyecto productivo de la facultad 9, llamado Sistema de Gestión de Datos Geológicos (SGDG). El mismo está encargado de la informatización que se lleva a cabo en la Oficina Nacional de Recursos Minerales. El proyecto pertenece al Polo de GeoInformática donde el proyecto en sí está encargado

de desarrollar aplicaciones que permitan toda la gestión de la información geológica del país.

A continuación, se describirá la aplicación de la guía:

Paso 1: Planificación.

La Planificación constituye la primera de las actividades a realizar y debe dedicársele mucha importancia. La técnica aplicada en esta fase, fue la Reunión de Planificación y Análisis.

En el encuentro se definieron quiénes cumplirían los roles requeridos para la GR tales como el Equipo de GR, el Gestor de Riesgo y el Decisor. Seguido de esto se definieron las funciones y responsabilidades a cumplir por cada miembro. La reunión de Planificación y Análisis permitió el planteamiento de las pautas a seguir y las primeras inquietudes. Se definieron los planes básicos para llevar a cabo las actividades de GR incluidas las actividades del cronograma. Tiene como salida el Plan de Gestión de Riesgos.

Paso 2: Identificación de los Riesgos.

La segunda actividad a realizar es la Identificación de Riesgos. En esta actividad se aplicó las técnicas de recopilación de información, específicamente la técnica tormenta de ideas, donde cada integrante de forma espontánea brinda ideas de cuáles serían los riesgos que podrían afectar al proyecto. En este caso se empleó la rueda libre, uno de los más utilizados, donde los miembros del grupo exponen sus ideas directas y espontáneamente según pidan la palabra y a su vez se documentan.

En el Anexo 8 se expone la lista de riesgos obtenida con esta técnica.

Paso 3: Análisis.

En el análisis se determina la probabilidad y el impacto de cada riesgo. Si son riesgos tecnológicos como en este caso, se pueden utilizar las técnicas descritas en el *Epígrafe* 2.8.

Las probabilidades de cada riesgo se determinaron aplicando entrevistas a los integrantes del proyecto según el nivel de afectación del riesgo.

El impacto se obtuvo mediante el método algorítmico descrito en el *Epígrafe 2.7.2.1*, debido a que es orientado a los activos.

Análisis Algorítmico (modelo cualitativo).

Como primer paso para su realización, se asigna valor a los activos a través de una escala simbólica V_i que cumpla con la propiedad siguiente: para toda i , $V_i < V_{i+1}$. Los activos a continuación tienen sus valores de acuerdo a la escala ($V_1 - V_{10}$).

Orden	Activos	Valor
1	Aire acondicionado	2
2	Cableado eléctrico	3
3	Medios Informáticos (PC)	4
4	Información.	5

Tabla 19: Activos y valores iniciales.

Luego se determina la dependencia entre los activos, como un valor booleano, teniendo en cuenta que la dependencia puede ser transitiva. A continuación se establece la dependencia:

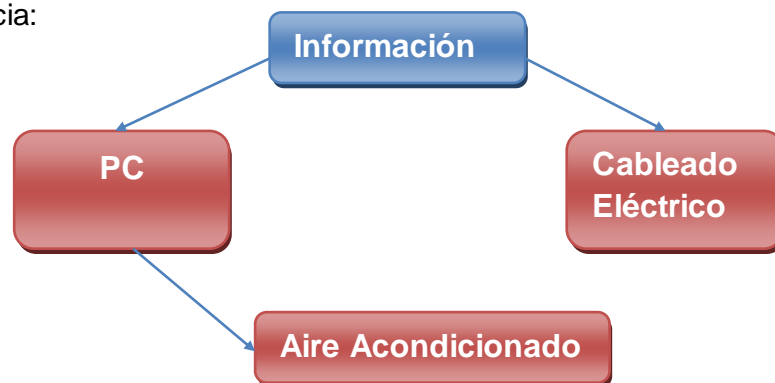


Figura 14: Dependencia entre activos.

Se cuenta con los activos Información, PC, Cableado y Aire acondicionado, representados de forma siguiente:

- Información: A_i
- PC: A_{pc}

- Cableado: A_c
- Aire acondicionado: A_a

Luego, a través de técnicas generales se calcula la degradación de cada activo en caso de materializarse el riesgo que se está analizando.

Se entiende por degradación a la pérdida de valor de un activo como consecuencia de la materialización de una amenaza. Cuando un activo es víctima de una amenaza, una parte de su valor se pierde. Intuitivamente, se habla de un “porcentaje de degradación del activo”, de forma que se puede perder entre un 0% y un 100%. Se recoge “d” como un valor real entre 0,0 (degradación del 0%) y 1,0 (degradación del 100%).

Una vez determinada la degradación de cada activo se calcula el impacto del riesgo en estos como la multiplicación del valor del activo por la degradación causada por el riesgo para todos los activos afectados directa o indirectamente por el riesgo.

Se supone que el riesgo *Fallos en la Tecnología* afecta directamente al activo Información A_i , en este caso se determina la degradación que causarían los *Fallos en la Tecnología* a este activo en caso de materializarse.

El impacto de Fallos en la Tecnología es el siguiente:

$$\text{Impacto}_{pc} = \text{valor}_{pc} * d_{pc} = 4 * 0,8 = 3,2$$

En la escala del impacto tendría un valor de V_3 .

A continuación, también se calcula el impacto del activo que depende del activo A_{pc} .

Como el activo A_i depende de Fallos en la Tecnología tendría un impacto directamente sobre A_i esto se calcula de la misma forma puesto que el valor de A_i es V_3 entonces el Fallo en la Tecnología degrada al activo A_{pc} en un 80%, entonces el impacto del riesgo sobre el activo A_i sería:

$$\text{Impacto}_i = \text{valor}_i * d_i = 5 * 0,8 = 4$$

En la escala del impacto, tendrá un valor de V_4 .

Para determinar el impacto del riesgo sobre el activo se suman y se promedian estos, y de esta forma se determina el impacto del riesgo sobre el proyecto.

$$\text{Impacto}_a = \text{valor}_a * d_a = 2 * 0.8 = 1.6$$

$$\text{Impacto}_c = \text{valor}_c * d_c = 3 * 0.8 = 2.4$$

$$\text{Promedio} = 4 + 1.6 + 2.4 + 3.2 = 2.8$$

El Fallos en la Tecnología tiene una probabilidad 0.2 representado en una escala de ($P_1 - P_{10}$) con P_2 . Esta probabilidad y el impacto del riesgo en el proyecto se calcula la Exposición al Riesgo, valor por el cual se priorizará el mismo en el Registro de Riesgos.

$$\text{Impacto}_{\text{sobre el proyecto}} = 4 + \frac{14}{5} = 6.8 \text{ Para el activo } A_i$$

Paso 4: Priorizar los riesgos.

En este paso, se realizan los cálculos del paso anterior para cada uno de los riesgos y se priorizan estos en el Registro de Riesgos.

Siendo:

$$\text{Impacto}_{\text{sobre el proyecto}} = 1.6 + \frac{14}{5} = 4.4 \text{ Para el activo } A_a$$

$$\text{Impacto}_{\text{sobre el proyecto}} = 2.4 + \frac{14}{5} = 5.2 \text{ Para el activo } A_c$$

$$\text{Impacto}_{\text{sobre el proyecto}} = 3.2 + \frac{14}{5} = 5.8 \text{ Para el activo } A_{pc}$$

La Exposición al Riesgo ER está dada por:

$$ER = 6.8 * 2 = 13.6 \quad A_i \quad ER = 5.2 * 8 = 41.6 \quad A_c$$

$$ER = 4.4 * 8 = 33 \quad A_a \quad ER = 5.8 * 2 = 11.6 \quad A_{pc}$$

Ya una vez calculado todos los valores se priorizan los riesgos de acuerdo a la Exposición al riesgo. Ver Anexo 9.

Paso 5: Planificación de las Respuestas a los Riesgos.

En este paso, se tienen en cuenta las estrategias que deben abordar el equipo de GR para cada riesgo.

Para el desarrollo de este paso se estableció una estrategia de mitigación para riesgos negativos o amenazas. En esencia se planificaron acciones tempranas para reducir la probabilidad de la ocurrencia de un riesgo y/o su impacto sobre el proyecto. Para más información consultar el *Epígrafe 2.9.1.1*.

La estrategia a emplear sugiere seguir las indicaciones siguientes:

1. Implementar un Repositorio para la información, en distintos lugares, de manera que la información esté segura.
2. Planificar tiempo de mantenimiento a la tecnología.
3. Guardar la documentación de lo que se vaya haciendo en más de un dispositivo.

Estas acciones se documentan en el Plan de Contingencias del proyecto. También se realizarán las siguientes acciones:

1. Apagar y desconectar las computadoras hasta que se obtenga un servicio estable.
2. Entregar las computadoras para reparación y redistribuir los recursos humanos.
3. Implementar un Repositorio para la información, en distintos lugares
4. Paso 6: Posteriormente se realiza el último paso, que consiste en el Seguimiento.

Paso 6: Seguimiento y Control de los Riesgos.

Para el Seguimiento y Control de los Riesgos la TAD a emplear dependerá de las características del proyecto. En este caso se realizó una Reevaluación de los Riesgos. Se examinaron nuevamente los riesgos y se comprobaron las acciones desarrolladas para su mitigación.

Se detectó que el riesgo de tipo tecnológico: Falta de conocimiento de la Programación Orientada a Objetos ya no constituía un riesgo puesto que se había solucionado por tanto, el mismo fue eliminado de la lista de riesgos.

Esta actividad la llevó a cabo el Gestor de Riesgos junto con otros miembros del Equipo de Gestión de Riesgos del proyecto.

3.4 Análisis comparativo de las TAD en la Gestión de Riesgos.

Como se ha podido apreciar en el capítulo anterior se muestra una serie de TAD para la GR. Cada una posee características distintivas que la diferencian del resto. A continuación se presenta una breve comparación de las mismas atendiendo a diferentes criterios tales como: etapa en la que es utilizada, respaldo de herramientas y facilidad de uso.

La facilidad de uso se expresará con tres criterios fundamentales:

- **Bajo:** Cuando el decisor requiere conocimientos específicos del tema, y necesita conocer conceptos de varias materias relacionadas con el cálculo de probabilidades, generación de números aleatorios, etc.
- **Medio:** La técnica es de fácil utilización pero requiere conocimiento en otras materias como matemática, probabilidades, etc.
- **Alto:** Cuando la técnica es de fácil utilización.

A continuación se presenta una tabla comparativa con las técnicas abordadas:

Nombre Técnicas	Etapa de la GR.	Herramientas	Usabilidad
Revisiones de documentación.	Identificación	-	Alto
Análisis mediante Listas de Control.	Identificación	-	Alto
Tormenta de Ideas.	Identificación y Planificación	-	Alto
Técnica Delphi.	Identificación	RiskTrak	Alto
Entrevistas.	Identificación	RiskTrak	Alto
Identificación de la causa.	Identificación	-	Alto
Análisis DAFO.	Identificación	-	Alto
Análisis de asunciones.	Identificación	-	Alto
Diagramas de causa y efectos.	Identificación	-	Alto
Diagramas de flujos o de sistemas	Identificación	-	Bajo
Diagramas de influencias.	Identificación	-	Bajo
Análisis mediante Listas de Control.	Identificación	-	Alto
Valor esperado – árbol estocástico.	Análisis	RiskNavR	Medio
Simulación de Montecarlo.	Análisis	@RISK, Crystal Ball, TopRank, Risk +	Alto
Teoría de la utilidad y sus	Análisis	RiskNavR,	Medio

variantes.		RiskRadar	
Teoría de Bayes.	Análisis	-	Alto
Arboles de Decisión.	Identificación y Análisis	PrecisionTree.	Medio
Matrices de Decisión.	Análisis	Risk Matrix	Medio
La teoría "Porfolio".	Análisis	-	Medio
Análisis de Sensibilidad	Análisis	TopRank, PrecisionTree, Risk +	Medio
Criterio de dominancia estocástica.	Análisis	-	Medio
Cadena de medios y fines.	Análisis	-	Alto
Análisis Algorítmico.	Análisis	RiskNavR	Medio
La "estrategia".	Análisis	-	Alto
Coefficiente de ajuste por riesgo.	Planificación Respuesta	-	Medio
Premio del riesgo.	Planificación Respuesta	-	Alto

Tabla 20: Tabla comparativa de TAD.

Como se ha podido apreciar, existen similitudes y diferencias entre las técnicas abordadas. Unas poseen un mayor grado de complejidad por lo que requieren especialmente conocimientos de otras materias, pero sin embargo este factor no imposibilita su aplicación. Otras en cambio son sencillas y no entrañan un nivel de complejidad alto. A continuación se presenta una gráfica que representa el grado de utilización de las técnicas en cada una de las etapas de la GR:



Figura 15: Utilización de las TAD en cada una de las etapas de la GR.

Como se puede apreciar, en cada una de las etapas de la GR, son utilizadas las TAD, en mayor o menor grado, siendo en el análisis de riesgos donde alcanza su mayor importancia, dado que es en esta fase donde se realiza el cálculo de las probabilidades y el impacto de los riesgos, para finalmente determinar la exposición de los riesgos con el objetivo de realizar su priorización. Es en el análisis de los riesgos donde se emplean una serie de técnicas que requieren tener conocimientos de varias materias como las probabilidades y estadística, así como de matemáticas y donde se pueden usar herramientas para la automatización de las técnicas producto a su complejidad y para llegar a datos exactos pues las mismas reducen la probabilidad de error.

3.5 Comparación de la propuesta con otras soluciones.

La Metodología de Análisis y Gestión de Riesgos de los Sistemas de Información (MAGERIT) plantea un sin número de técnicas importantes. MAGERIT está compuesto por tres libros fundamentales: Método, Catálogo de Elementos y Guía de Técnicas. MAGERIT persigue concienciar a los responsables de los sistemas de información de la existencia de riesgos y de la necesidad de atajarlos a tiempo, es decir se basa principalmente en los sistemas de información y no específicamente a riesgos de proyecto de desarrollo de software. La guía de técnicas de MAGERIT se trata de una guía de consultas, según el lector avance por las tareas del proyecto se le recomiendan algunas técnicas específicas, pero solamente brinda una introducción a las mismas, sin embargo ofrece referencias para que el lector profundice sobre las técnicas presentadas.

Las mismas están agrupadas en técnicas específicas donde se pueden encontrar el análisis mediante tablas, análisis algorítmico, entre otras y técnicas generales donde aparece fundamentalmente el análisis coste-beneficio, técnicas de diagramación como diagramas de flujo de datos (DFD) y diagramas de procesos. La propuesta que se presenta está enfocada para cualquier modelo pues toma en cuenta las necesidades de los proyectos de la UCI ya que en MAGERIT la mayoría de las técnicas están orientadas a la cuantificación de los activos y en la UCI los proyectos no han avanzado en este tema.

Otra de las principales diferencias entre la guía propuesta por MAGERIT y la presente es que en esta última las técnicas son descritas de acuerdo a la fase de la GR en que

se utilizan. Las mismas no solo están orientadas a los activos si no también se pueden encontrar técnicas no orientadas a los activos. Al final de la guía se puede encontrar una descripción de las herramientas que se pueden utilizar para el empleo de las técnicas. Vale destacar que la cantidad de técnicas abordadas son superiores en número, esto estimula a la utilización de diferentes técnicas para un mismo propósito o se tenga la posibilidad de escoger la técnica a aplicar de acuerdo al caso en particular.

Sin embargo existe similitud en que pueden utilizarse sin ayuda de herramientas automatizadas; pero para su aplicación repetitiva o compleja, se recomienda el empleo de herramientas tan amplia y frecuentemente como sea posible.

3.6 Herramientas para la Gestión de Riesgos.

Controlar y administrar el riesgo, proporcionando la máxima integridad, disponibilidad y confidencialidad es una tarea difícil que se puede mejorar con el uso de herramientas que permitan automatizar estos procesos de gestión.

Existen disímiles maneras de gestionar adecuadamente el riesgo, así como herramientas que ayudan a mejorar las predicciones, a planificar lo inesperado y a aumentar la confianza en la calidad de las decisiones bajo incertidumbre. Dichas herramientas ayudan a mostrar todo aquello que más impacta en el desarrollo del software y permiten experimentar y visualizar todo el rango de posibles resultados a obtener, con el fin de hacer más objetivo el análisis para saber cuán segura o insegura es una decisión. Ejemplo de estas herramientas son: @Risk, TopRank, WelcomRisk, Risk Matrix, Risk +, entre otras.

3.6.1 @Risk.

Es un programa para el análisis de riesgo, le permite ver todos los resultados posibles de una situación, y le indica la probabilidad de ocurrencia. Esto representa para la persona encargada de tomar las decisiones que finalmente puede contar con la información más completa posible.

@RISK es un complemento de Microsoft Excel que se integra completamente a la hoja de cálculo. Todas las funciones de @RISK son funciones de Excel y se comportan exactamente como las funciones nativas de la hoja de cálculo.

@Risk realiza análisis de riesgo utilizando simulación Monte Carlos para mostrar una gran cantidad de escenarios posibles en la hoja Excel; también dice qué tan factible son estos escenarios. Gracias a esto se puede evaluar qué riesgos tomar y cuáles evitar (GARCÍA 2007; SEIJO 2007).

Las ventanas de @RISK se enlazan directamente a las celdas de la hoja electrónica, y los cambios en un lado se actualizan en el otro de modo automático. Los gráficos de @RISK apuntan a sus celdas por medio de ventanas desplegadas. Los menús desplegados así como los del botón derecho del mouse y la barra de herramientas de @RISK facilitan de modo considerable el aprendizaje y la navegación de @RISK.

Un análisis con @Risk involucra tres pasos fundamentales, estos son:

- **Armar el modelo:** Se comienza por reemplazar valores fijos en la hoja electrónica con distribuciones de probabilidad de @RISK, tales como la Normal, la Uniforme y otras. Estas funciones de @RISK representan los rangos de posibles valores que puede tomar una celda en vez del valor fijo inicial. Se escoge la distribución preferentemente de una galería gráfica.
- **Simular:** Presionar el botón “Simular” y observar. @RISK calcula el modelo miles de veces. Cada vez @RISK muestrea valores aleatorios de las funciones de probabilidad que definió anteriormente, y las utiliza para re-calcular su variable de salida.
- **Evaluar los riesgos:** El resultado de una simulación es una muestra de un rango completo de escenarios posibles, incluyendo las probabilidades de estos.

@Risk permite graficar sus resultados con histogramas, gráficos de dispersión, curvas de probabilidad acumulada, gráficos de caja, y otros.

Permite además identificar las variables clave por medio de los Gráficos de Tornado y el análisis de sensibilidad. Copiar y pegar los resultados en Excel, Word, o PowerPoint, o colocarlos en la Librería de @RISK.

Permite incluso, grabar los resultados y gráficos en la misma hoja Excel donde se encuentra el modelo (PALISADE 2009).

3.6.2 TopRank.

TopRank lleva a cabo análisis de sensibilidad del tipo "que pasa si" en una hoja de cálculo de Microsoft Excel. Provee un interfaz amigable para el usuario y un análisis robusto.

Para el uso del TopRank simplemente se debe tomar el modelo existente en la hoja de cálculo, seleccionar cualquier celda o celdas que sean variables de salida y el TopRank rastrea la hoja de cálculo para encontrar cuáles celdas afectan sus resultados. Hacer clic sobre el botón de "Ejecutar Qué Pasa Si" y el TopRank prueba con distintos valores para cada variable de celda cambiando valores a lo largo de rangos tales como -10% y +10%. Cada vez que un nuevo valor es entrado, la hoja de cálculo se re-calcula y se generan nuevos resultados. Al completarse el proceso TopRank jerarquiza las celdas variables de acuerdo al efecto que posean por sobre los resultados seleccionados (PALISADE 2009).

El TopRank utiliza funciones Vary en Excel para hacer variar las variables de entrada a lo largo de un rango. Las funciones de TopRank son funciones de Excel, y se comportan exactamente como lo hacen las funciones nativas de Excel. Las ventanas de TopRank apuntan hacia las celdas a las cuales se refieren por medio de flechas de invocación, y los cambios en un lugar se efectúan automáticamente en el otro lugar.

Los resultados del TopRank se despliegan en una variedad de reportes y de gráficos. Algunos gráficos incluyen:

- **Gráficos de tornado:** Despliegan la jerarquía relativa de una variable de entrada versus otra al comparar los efectos de todas las variables de entrada por sobre los resultados. Para cada variable de entrada, la longitud de la barra indica la cantidad de cambio que tal variable de entrada causó por sobre los resultados.
- **Gráficos de araña:** También compara los efectos de múltiples variables de entrada por sobre los resultados. Para cada variable de entrada, se grafica los cambios porcentuales en el valor por sobre el escenario base en el eje X y el cambio porcentual sobre los resultados se grafica en el eje Y. A medida que las distintas variables de entrada tienen distintos efectos sobre los resultados, el gráfico usualmente se asemeja a una araña.

- **Gráficos de sensibilidad:** Los efectos de una variable de entrada en particular por sobre los resultados pueden ser graficados con un gráfico lineal convencional. El valor de la variable de entrada se grafica en el eje X y el valor de los resultados se grafica sobre el eje Y. Este simple gráfico X-Y indica cómo cambian los resultados en conjunción con la variable de entrada subyacente.

El TopRank es útil para especificar el enfoque en modelos grandes antes de llevar a cabo un análisis de riesgos con @RISK. Especialmente con modelos grandes, esto ahorra tiempo y mejora la precisión de su análisis con @RISK. Adicionalmente, el TopRank puede usar el @RISK para representar un rango más amplio de valores que las funciones convencionales del TopRank (PALISADE 2009).

3.6.3 PrecisionTree.

El PrecisionTree lleva a cabo análisis de decisiones en el Microsoft Excel usando árboles de decisión y diagramas de influencia. Los árboles de decisión permiten mapear visualmente un conjunto de decisiones complejas en multi-capas de una forma secuencial y organizada. Esto le permite identificar todas las posibles alternativas y ayudar a seleccionar la mejor opción.

El PrecisionTree es un complemento de Microsoft Excel, que se integra completamente dentro de su hoja de trabajo. Los nodos, las ramificaciones y los arcos de PrecisionTree se posicionan directamente en su modelo, y los valores aparecen en la barra de fórmulas. Los menús de clic derecho sensibles al contexto y la barra de herramientas de PrecisionTree hacen del aprendizaje y de la navegación a lo largo del PrecisionTree una tarea muy sencilla.

El trabajo con PrecisionTree es sencillo, el mismo comprende solamente dos pasos fundamentales:

- **Construcción del Árbol de Decisión:** Los árboles de decisión proveen una estructura formal donde los eventos de decisión y de probabilidad se vinculan en secuencia desde izquierda a derecha. Las decisiones, los eventos probabilísticos y los resultados finales se representan por nodos y están conectados por ramificaciones. El resultado es una estructura con la “raíz” de lado izquierdo y

algunos pagos en la derecha. La probabilidad de que ocurran eventos y pagos para tales eventos y decisiones se añaden a cada nodo en el árbol.

- **Analizar los resultados:** El PrecisionTree determina la mejor decisión a tomar en cada nodo de decisión y marca la ramificación para tal decisión con un VERDADERO. Una vez que el árbol de decisión esté completo, el análisis de decisiones de PrecisionTree crea un reporte estadístico completo sobre la mejor decisión a tomar y su comparación con decisiones alternativas.

El PrecisionTree puede crear un gráfico de perfil de riesgo que compara los pagos y el riesgo de las diferentes opciones de decisión. Éste despliega gráficos de probabilidad y acumulados que muestran las probabilidades de los diferentes resultados alternativos y el de un resultado menor o igual a determinado valor de certeza (PALISADE 2009).

El PrecisionTree también puede llevar a cabo un análisis de sensibilidad al modificar los valores de las variables que se especifiquen, además de registrar los cambios en los valores esperados del árbol. Permite además modificar una o dos variables simultáneamente. Los resultados incluyen gráficos de sensibilidad, tornado, araña y gráficos de región estratégica.

El PrecisionTree puede combinarse con las herramientas descritas anteriormente como al @Risk y el TopRank.

A la hora de combinarse con el @RISK, éste mejora el análisis a la hora de representar un rango continuo de resultados para los eventos probabilísticos y los pagos. Al ejecutar una simulación Monte Carlos sobre el árbol de decisión construido por el PrecisionTree, se apreciarán los resultados posibles de decisión de los que podría visualizar por medio de solamente los árboles de decisión.

Los modelos de PrecisionTree también pueden ser ejecutados con el TopRank para identificar los factores más críticos en un modelo de árbol más grande y complejo. El TopRank ejecuta un análisis de sensibilidad sobre su árbol.

3.6.4 Crystal Ball.

Crystal Ball es un producto de amplias prestaciones y capacidades de simulación específicamente orientada a aquellos profesionales que, familiarizados con la utilización

de las hojas de cálculo, pueden disponer de herramientas de análisis y previsión de riesgos.

En la actualidad, Crystal Ball ha ido experimentando sucesivas mejoras. Para muchos profesionales ha cambiado el modo en el que diariamente realizan y toman decisiones críticas. Gracias a su importante conjunto de gráficos e informes, y a la potente tecnología de simulación incorporada, Crystal Ball es una herramienta indispensable para aquellos profesionales que desean obtener los resultados esperados minimizando riesgos y maximizando resultados.

Crystal Ball permite transformar la hoja de cálculo en un entorno de modelación para la prevención de riesgos, creación de modelos predictivos de alta precisión y la búsqueda de la mejor solución para maximizar los valores. Desde la simulación de Monte Carlos hasta la previsión, optimización y análisis de opciones en tiempo real, las diferentes versiones de Crystal Ball proporcionan todas las herramientas necesarias para desarrollar la labor que se desee (AXIS 2005).

Con Crystal Ball se puede asignar rangos de valores en sus variables y valores de entrada para calcular automáticamente miles de valores de salida, obteniendo además sus probabilidades. Estos resultados pueden ser grabados para un análisis posterior más profundo y detallado, o para la preparación de un resumen o informe complejo, gracias a los diferentes formatos de informe y gráficos que ofrece el programa.

Con Crystal Ball, es posible:

- Añadir métodos escalables para colaboración y trabajo en grupo.
- Comunicar y compartir sus resultados.
- Obtener un escenario general de prevención de riesgos.

Crystal Ball es un componente crítico en el diseño por análisis, gracias a su potente simulador y a su integración con los actuales modelos de hoja de cálculo (AXIS 2005).

3.6.5 Risk Matrix.

Risk Matrix es un software que se utiliza en la identificación de riesgos, estimación de la probabilidad de ocurrencia e impacto, así como clasificar los riesgos sobre la base de esta información. Risk Matrix también ofrece una capacidad para documentar la forma

en que estos riesgos se manejan y el seguimiento del efecto de esta acción sobre los riesgos asociados (ISSC 2008).

Risk Matrix apoya un proceso de evaluación de riesgos creados por el Centro de Sistemas Electrónicos (CES) hace pocos años. Fue creado para ayudar a identificar, priorizar y gestionar los principales riesgos asociados con el cumplimiento de los objetivos del desarrollo de software.

Esta herramienta tiene dos hojas de trabajo para entrar y manipular datos: Riesgo entradas y el Plan de Acción.

Riesgo de entradas es el principal trabajo de evaluación de riesgos.

El Plan de Acción definido en la hoja de cálculo de Microsoft Excel es el segundo trabajo de Risk Matrix. Aquí es donde están los planes de acción definido, evaluados, y vinculado a los riesgos identificados al comienzo del trabajo. Los requisitos para entrar los datos dependen del tipo de operación que se elija.

El software presenta dos modos de operación: un modo de funcionamiento básico y otro avanzado.

Según (ISSC 2008) tras la apertura de Risk Matrix, se puede elegir los modos.

Modo básico: El Modo básico opera sobre la base de datos definidos por el usuario y en el riesgo de entradas de trabajo.

Modo avanzado: El modo avanzado de la herramienta Risk Matrix contiene un plan de acción y una hoja de cálculo de riesgo Entradas de trabajo. En este modo se puede registrar y seguir la situación de las múltiples medidas y planes para cada riesgo.

3.6.6 RiskTrak.

RiskTrak es un producto software específicamente diseñado para apoyar servicios de consultoría y formación. RiskTrak es una herramienta de software de GR basada en el navegador con las características de apoyo totalmente completa de gestión de los riesgos de procesos para ayudar a la industria. Posibilita comprender proyecto antes de que se produzcan riesgos, obtener y mantener un mejor control de costos, calendarios,

riesgos y rendimientos, además de proporcionar un enfoque proactivo para empresas de desarrollo de software.

RiskTrak ayuda a la industria del software a identificar, definir, estimar y analizar, riesgos, con el fin de mitigar y retirar los riesgos. Permite evaluar mejor las incertidumbres a la hora de toma de decisiones.

RiskTrak es personalizable y extensible a toda la industria del software. Entre las funcionalidades más importantes se encuentra la de realizar entrevista a expertos basados en cuestionarios electrónicos para establecer y aplicar las normas de la compañía para la tolerancia al riesgo y la gestión así como para generar la base de datos específica del proyecto. RiskTrak ofrece una forma de tratamiento completo a los riesgos y oportunidades de visibilidad para la gestión.

RiskTrak es considerada una de las herramientas más avanzadas en la industria del software para la GR del proyecto.

3.6.7 RiskNavR.

RiskNavR es una web de GR destinada a la identificación, priorización y gestión de los riesgos del proyecto. RiskNavR está diseñado para capturar, analizar y mostrar los riesgos en un proyecto o empresa.

Fue desarrollado por MITRE y producido para el Gobierno de los EE.UU. RiskNavR se basa en la base de datos Microsoft Access.

RiskNavR es una herramienta de prueba bien desarrollado por MITRE para facilitar el proceso y ayudar a los directores de programa la GR. Esta herramienta proporciona tres dimensiones de la información gráfica tales como prioridad de riesgo, probabilidad, mitigación y gestión de estado. RiskNavR está diseñado para capturar, analizar y mostrar los riesgos en un proyecto o empresa.

Utiliza una media ponderada de un modelo que calcula la puntuación general para cada riesgo identificado. El riesgo es una prioridad de la media ponderada de tiempo, calcula la probabilidad de ocurrencia y el impacto ya sea en el coste, calendario, técnico, entre otros. Esto proporciona una mayor puntuación o menor para brindar un orden de los

riesgos. Formalmente, este modelo de puntuación se origina en el concepto de utilidad lineal, donde el más importante de conseguir mayor número de riesgos y las diferencias entre los números corresponden a las fuerzas relativas de las diferencias (PALISADE 2009).

3.6.8 RiskRadar.

RiskRadar es un software de GR que emplea base de datos para ayudar a los administradores de proyectos identificar, priorizar y comunicar los riesgos del proyecto (ISSC 2008).

Es flexible y fácil de utilizar. Proporciona funciones para agregar y eliminar los riesgos, así como funciones especializadas para priorizar los riesgos del proyecto. Genera documentos como un Plan de GR y un registro de acontecimientos históricos.

Un conjunto de corto y largo de los informes generados se pueden compartir fácilmente información sobre los riesgos del proyecto con todos los miembros del equipo de desarrollo. El número de riesgos en cada una de la probabilidad de impacto por la categoría de tiempo se puede visualizar, permite al usuario ver los detalles a través de los datos para descubrir el aumento de los niveles de detalle.

RiskRadar permite al usuario la flexibilidad de la utilización de clasificación automática, además de los riesgos manualmente moviendo hacia arriba y hacia abajo en el establecimiento de prioridad rango. Risk Radar es basado en la Web (ISSC 2008).

3.6.9 Risk +.

Risk+ es una poderosa herramienta que una vez instalada se convierte en parte integral de Microsoft Project, insertando sus propios menús, barra de herramientas, y pantallas de entrada.

Este software utiliza las técnicas de simulación de Monte Carlos para cuantificar incertidumbre asociada a coste y planificación del proyecto y responder preguntas tales como:

- ¿Cuál es la posibilidad de terminar antes el proyecto antes de determinada fecha?

- ¿Qué tan confiados estamos de que los costos no superarán determinada cantidad de dinero?

Las técnicas de simulación mediante el método de Monte Carlos constituyen un modelo de simulación estática donde se representa un sistema en un instante de tiempo determinado.

Por tal motivo, se ejecuta la planificación cientos o miles de veces en forma de iteraciones, mostrando un perfil detallado de donde y en qué grado exactamente un riesgo podría materializarse en la planificación del proyecto.

Características de la ejecución

- Integración con Microsoft Project.
- Análisis integrado de riesgo en costos y planificación.
- Histogramas de costo y planificación.
- Análisis de sensibilidad.
- Ramificación probabilística.
- Capacidad de agregar condicionales del tipo "If-Then-Else".
- Funciones rápidas de introducción de parámetros.
- Curvas de distribución incorporadas y curvas definidas por el usuario.
- Simulación Monte Carlos.
- Gráficos incorporados.
- Visualización del riesgo en camino crítico.
- Exportación de datos.

Por tal razón, al realizar la integración del Risk+ con MS Project, se ejecuta la planificación repetidas veces y luego se genera un perfil detallado de dónde y en qué grado se podría materializar algún riesgo en el proyecto.

De igual forma, es posible realizar un análisis integrado de costes y planificación, generando histogramas de costes para cada tarea, así como realizar análisis de sensibilidad para identificar aquellas que tienen el mayor impacto en la fecha de finalización del proyecto, basado en los parámetros de entrada de riesgo y en la planificación (ISSC 2008).

3.6.10 WelcomRisk.

WelcomRisk es una herramienta integrada de GR que brinda una solución para la Identificación Sistemática de Riesgos mediante la utilización de bibliotecas configurables de categorías de riesgos. Está basada en una plataforma Web. Una de las características principales que presenta es que posibilita la generación de reportes, se integra con otras herramientas del mercado tales como MS Project y Primavera. Permite además un alto grado de seguridad tanto a nivel de sistema como de aplicación. WelcomRisk proporciona una solución completa para la GR formalizado (ISSC 2008).

3.6.11 Technical Risk Identification and Mitigation System (TRIMS).

TRIMS es una herramienta integrada de GR que emplea ingeniería de conocimientos y que se enfoca en la identificación, medición y seguimiento de riesgos técnicos de proyectos. Es una herramienta libre.

Otras de las características relevantes es que realiza un gerenciamiento integrado de riesgos, generación de reportes y está orientada a categorías de riesgos predefinidas para sectores específicos (MANIASI 2005).

3.6.12 PILAR.

PILAR es una herramienta de soporte para la GR. Ofrece un análisis cualitativo y cuantitativo. Ayuda de forma considerable al analista a introducir y consolidar datos, calculando los impactos y riesgos que se derivan de los valores introducidos.

Permite además la navegación entre los diferentes puntos de vista, ayudando a la comprensión del sistema y de las razones que llevan a conclusiones. La herramienta busca amplio espectro de utilización.

En su vertiente más ejecutiva se busca poder levantar un primer plano de riesgos en una jornada, con resultados al menos orientados en la dirección correcta. La captura de datos y automatización permite que aquel esbozo rápido pueda ser refinado y mantenido capturando una caracterización más precisa de la organización (MAÑAS 2004).

PILAR es un entorno adaptable. Se puede trabajar con diferentes marcos, estando dentro de lo parametrizable. Provee una categoría para los activos así como dimensiones de valoraciones para los activos como: confidencialidad, integridad, disponibilidad, autenticidad y trazabilidad.

PILAR dispone de una biblioteca estándar de propósito general, y es capaz de realizar calificaciones de seguridad respecto de normas ampliamente conocidas como: ISO/IEC 27002:2005.

3.7 Análisis comparativo de herramientas para la Gestión de Riesgos.

Son disímiles las herramientas que se pueden utilizar para apoyarse en la realización de una correcta GR. El siguiente cuadro permite realizar una comparación entre las principales características de las herramientas anteriormente descritas:

Técnicas	Reportes	Libre	Gráficos	Entorno	Se integra a:
@Risk	Sí	No	Sí	Escritorio	MS. Excel
TopRank	Sí	No	Sí	Escritorio	MS. Excel
PrecisionTree	Sí	No	Sí	Escritorio	MS. Excel
Crystal Ball	Sí	No	Sí	Escritorio	MS. Excel
Risk Matrix	Sí	No	Sí	Escritorio	MS. Excel
RiskTrak	Sí	No	Sí	Web	-
RiskNavR	Sí	No	No	Web	MS. Access
RiskRadar	Sí	No	Sí	Web	-
Risk +	Sí	No	Sí	Escritorio	MS. Project
TRIMS	Sí	Sí	Sí	Escritorio	-
WelcomRisk	Sí	No	Sí	Web	MS. Project, Primavera
PILAR	Sí	Sí		Escritorio	-

Tabla 21: Cuadro comparativo de herramientas para la GR.

En la tabla comparativa anterior, las herramientas analizadas tienen características similares, sin embargo, presentan diferencias en cuanto a la plataforma en que son utilizadas así como al software que se integran. Una de las principales deficiencias que se deben de destacar que casi la totalidad de las herramientas son propietarias, y no libres.

En la actualidad existen una gran cantidad de herramientas de software provistas en el mercado y relacionadas con las actividades de GR, específicamente, algunas de ellas orientan su funcionalidad al soporte de la identificación de riesgos y análisis de los riesgos.

3.8 Evaluación de la propuesta por expertos.

Para la evaluación y aprobación de la propuesta se hace necesario el uso uno de los métodos más utilizados en la actualidad. El mismo está basado en la experiencia y conocimiento de un grupo de personas considerados expertos en la materia a tratar que permiten la obtención de respuestas que reflejen criterios personales alejado de la influencia del criterio de otras personas. Se refiere precisamente a la técnica Evaluación de Expertos. El método de evaluación de expertos se emplea para comprobar la calidad y efectividad de los resultados de las investigaciones.

A continuación se describen los pasos utilizados para el empleo de la técnica, tales como, el proceso de selección de los expertos, la elaboración de la encuesta a aplicar y por último se realiza un análisis de los resultados.

3.8.1 Proceso de selección de expertos.

Se entiende por experto tanto al individuo en sí como a un grupo de personas u organizaciones capaces de ofrecer valoraciones conclusivas de un problema en cuestión y hacer recomendaciones respecto a sus momentos fundamentales con un máximo de competencia (DURAND 1971).

Es decir, dicese de una persona que posee conocimientos y experiencia en una materia determinada, considerado además un especialista en esa materia. Es capaz de interpretar un conjunto de información, analizarlos y emitir uno o varios criterios acerca del mismo, además de ofrecer recomendaciones.

Para el desarrollo de este procedimiento ha de realizarse las siguientes actividades:

- Determinar la cantidad de expertos.
- Elección de los expertos.
- Elaboración de la encuesta.
- Interpretación de los resultados.

Se considera como característica importante de este método el anonimato, pues ningún experto conoce la identidad de los otros que componen el grupo. Sus integrantes se encuentran aislados por lo que no requiere llegar a un consenso entre ellos. De esta forma cada experto defenderá sus ideas y no influirán en la determinación del resto.

3.8.1.1 Determinar la cantidad de expertos.

La cantidad exacta de expertos para aplicar el método no ha sido generalizada para definir cuál es el número óptimo, pero estudios realizados plantean que es necesario un número mínimo de 7 expertos, debido a que el error disminuye por cada experto que se añada hasta llegar a 7. Según la cantidad de expertos seleccionados así reducirá el margen de error. Sin embargo no es recomendable la utilización de una cantidad mayor a 30 pues el incremento del coste y trabajo no compensa la mejora que se realiza en la previsión.

Según lo anteriormente expuesto se seleccionó una muestra de 7 expertos.

3.8.1.2 Elección de los expertos.

Para determinar la competencia de los expertos y conformar un listado de los mismos para la creación del panel, existen varios criterios tales como la autovaloración, el coeficiente de competencia K, y según la efectividad de la actividad de los mismos.

En la actual investigación se utilizó este último, a pesar de ser el más utilizado por ser el que logra mayor objetividad en la evaluación del resultado y a la vez ser el más cómodo. Este criterio trata de seleccionar expertos de reconocida experiencia profesional avalada por su alta calificación científico-técnica, reconocido prestigio profesional y conocimiento profundo del tema objeto de investigación.

Existen una serie de características propias que poseen cada uno de los expertos seleccionados y que se tuvieron en cuenta para conformar el panel.

- Responsabilidad.
- Competencia.
- Creatividad.
- Seriedad.
- Honestidad.

- Disposición en participar en la encuesta.
- Capacidad de análisis.

Todos los seleccionados son profesionales de la UCI que han estado vinculados a proyectos productivos y poseen además conocimientos sobre GR. *Ver Anexo 5.*

3.8.2 Elaboración de la encuesta.

La encuesta se llevó a cabo de manera anónima. Para la elaboración de la encuesta se tuvo en cuenta aspectos generales así como algunos criterios de evaluación, tales como: criterios de méritos científicos, criterios de impacto, criterios de implantación y criterios de generalización. Las preguntas están enfocadas de manera específica, sin dar lugar a ambigüedades, puesto que son de fácil interpretación por parte de quien las lee. *Ver Anexo 6.*

3.8.3 Resultado de la evaluación.

El 100% considera que la propuesta establecida aumentará la efectividad en la toma de decisiones en la GR en los proyectos productivos.

El experto 1 considera además que la propuesta permitirá tener una base de apoyo a la hora de tomar decisiones para enfrentar y gestionar los riesgos.

Otros de los expertos como el número 2 y el número 3 consideran que el documento de tesis constituye una buena guía para orientar a los desconocedores del tema en cuanto a herramienta, técnicas y métodos existentes. Mencionan además que con las técnicas propuestas, en las manos de los líderes de proyectos, se lograría incorporar nuevos conocimientos y experiencias al trabajo de éstos.

El experto 4 considera que con la Guía de Técnicas de Apoyo las Decisiones para GR propuesta, aumentará la efectividad de esta tarea en los Proyectos Productivos de la UCI. Algunos de los elementos que a su consideración influyen en esta afirmación son:

- Son analizadas las diferentes fases de la Gestión de Riesgos.
- Entre sus objetivos contempla la aplicación y estandarización de la guía en los proyectos productivos de la UCI, lo que hace que la Tesis tenga su continuidad.

- La guía propuesta es flexible a la hora de poner en uso las técnicas que se describen, teniendo en cuenta la diversidad de tipos de proyectos en la Universidad.
- Refleja como elemento importante mantener una comunicación con el equipo del proyecto, ya que la Gestión de Riesgos no solo interesa al equipo responsable de llevar a cabo su desarrollo si no a todo el personal implicado en el proyecto.
- Propone que el personal para desarrollar las tareas propuestas deben contar con experiencia en la gestión de los riesgos, lo que confiere a los resultados de las actividades propuestas mayores niveles de confiabilidad.

A continuación se representan algunos de los aspectos más importantes tenidos en cuenta en la encuesta:

El 85.71% de los expertos evalúa de 5 la necesidad de empleo en el entorno productivo de la UCI.

El 71.43% de los expertos evalúa de 4 la satisfacción de las necesidades en la producción, el resto de los expertos considera de una calificación de 5.

El 71.43% de los expertos evalúa de 5 que la propuesta constituye una garantía de principios básicos para la gestión de proyectos.

El 71.43% de los expertos confieren un valor de 5 en cuanto a la calidad de la investigación, el resto de los expertos que constituye un 28.57% lo valoran de 4.

El 57.14% de los expertos evalúan de 4 en cuanto a la contribución al proceso de desarrollo de software. Dos de los expertos evalúan de 5 y uno de 3.

El 57.14% de los expertos evalúan de 4 en cuanto a la contribución a la gestión de proyectos, sin embargo el resto evalúa de 5 dicho criterio.

Los resultados para cada uno de los criterios valorados de forma general para todos los expertos aparecen en la siguiente tabla:

Núm.	Criterios	Resultados en %
1	Efectividad en la toma de decisiones.	100
Criterios de impacto:		
2	Contribución al proceso de desarrollo de software.	82.86
3	Contribución a la gestión de proyectos.	88.6
4	Posibilidades de aplicación.	85.7
Criterios de Implantación:		
5	Necesidad del empleo del modelo.	94.3
6	Satisfacción de las necesidades en la producción.	85.7
7	Garantía de principios básicos.	94.3
Criterios de méritos científicos:		
8	Calidad de la investigación.	94.3
9	Novedad científica.	82.86
10	Aporte científico.	80
Criterios de Generalización:		
11	Facilidades de comprensión.	94.3
12	Adaptabilidad a diferentes entornos de producción.	88.6
13	Facilidades de uso.	82.86

Tabla 22: Resultado general para cada criterio por todos los expertos.

Seguido de esto se representan los datos en un gráfico:

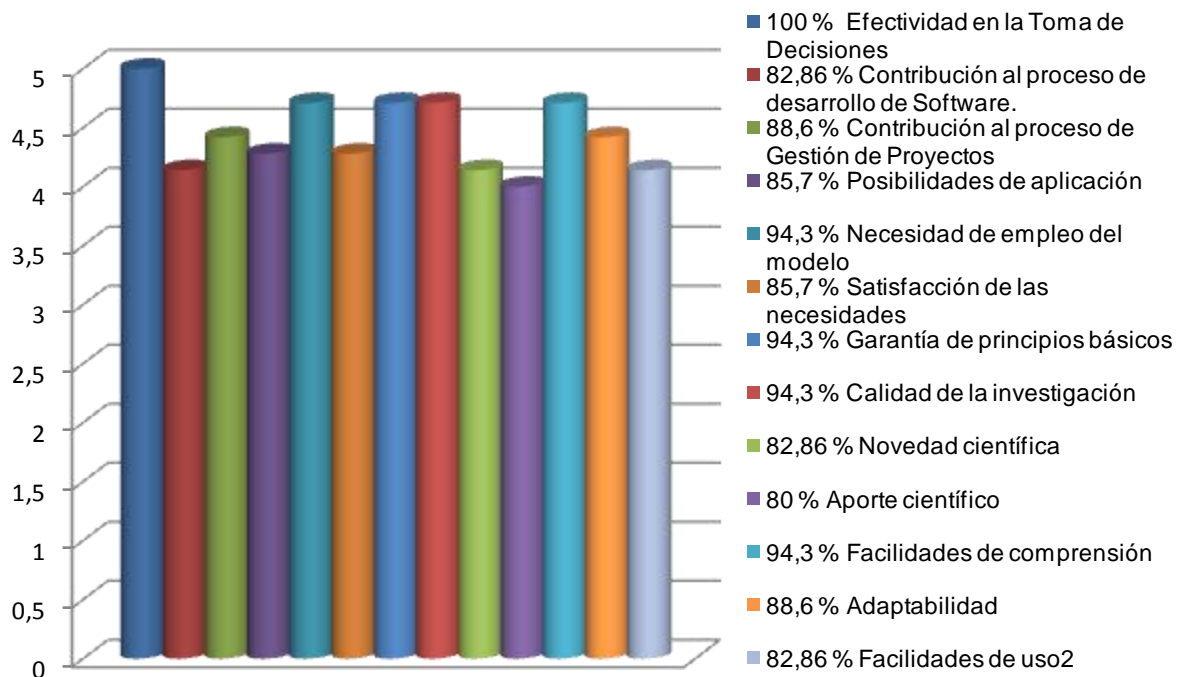


Figura 16: Gráfico representativo sobre la evaluación de expertos.

Se realiza la interpretación de los resultados aplicando diferentes cálculos:

Expertos	Aspectos												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	5	4	4	5	5	5	4	4	3	3	5	4	4
2	5	5	5	4	5	4	5	5	4	4	4	5	5
3	5	4	4	5	5	4	5	5	4	4	5	5	4
4	5	4	5	4	5	4	5	5	4	5	5	5	4
5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	4	4	5
6	5	3	4	4	5	4	5	4	5	3	5	3	3
7	5	4	4	4	3	4	4	5	4	4	5	5	4

Tabla 23: Ordenamiento realizado por cada uno de los expertos a los aspectos del cuestionario.

Seguido de esto, se crea la tabla de los rangos de puntajes ligados:

Expertos	Aspectos												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	11	5.5	5.5	11	11	11	5.5	5.5	1.5	1.5	11	5.5	5.5
2	9.5	9.5	9.5	3	9.5	3	9.5	9.5	3	3	3	9.5	9.5
3	10	3.5	3.5	10	10	3.5	10	10	3.5	3.5	10	10	3.5
4	9.5	3	9.5	3	9.5	3	9.5	9.5	3	9.5	9.5	9.5	3
5	8.5	8.5	8.5	2	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	2	2	8.5
6	11	2.5	6.5	6.5	11	6.5	11	6.5	11	2.5	11	2.5	2.5
7	11.5	5.5	5.5	5.5	3	5.5	5.5	11.5	5.5	5.5	11.5	11.5	5.5
R_j	71	38	48.5	41	63.5	41	59.5	61	36	34	58	50.5	38

Tabla 24: Ordenamiento de los rangos de puntajes ligados en cada uno de los aspectos del cuestionario.

Con los resultados obtenidos en la tabla de rango se suman todos los R_j y esa suma da el valor de S_j y este se divide entre la cantidad de aspectos tratados.

$$\bar{S} = \frac{\sum_{j=1}^n S_j}{n} = \frac{640}{13} = 49$$

Media de los rangos.

$S = \sum_{j=1}^n (\bar{S} - S_j)^2 = 1718$ Suma de cuadrados de las desviaciones de sumas de rangos.

Luego se calcula el Factor de Corrección mediante la siguiente ecuación:

$$T_i = \frac{\sum_{t=1}^r (t^3 - t)}{13} = \frac{(5^3 - 5) + (6^3 - 6) + (2^3 - 2)}{13} = \frac{336}{13} = 25,85$$

Se realiza la misma operación para todos los expertos y se calcula el valor total de T_i

$$\sum T_i = 285,96$$

Luego de obtener el resultado, se determina el coeficiente de concordancia de Kendall:

$$W = \frac{12 S}{m^1(n^3 - n) - m \sum_{i=1}^m T_i} = \frac{20616}{10153452} = 0,20$$

Donde m es el número de expertos y n el número de aspectos tratados.

A continuación la prueba de significación para W calculando el valor de Chi cuadrado real.

$$X^2 = m(n - 1)W = 7(12) * 0,20 = 16,8$$

Se calcula la diferencia y se busca en la tabla estadística (Ver Anexo 10):

$$df = n - 1 = 12 \quad X^2_{(12,0,001)} = 32,91$$

Como $16,8 < 32,91$ ($X^2_{real} < X^2_{(\alpha, n-1)}$) entonces los resultados de la evaluación de la propuesta realizada por los experto están en concordancia.

Los resultados obtenidos con la encuesta efectuada a los expertos afirman la necesidad de aplicar la propuesta en los proyectos productivos de la universidad, basándose en la efectividad de su aplicación en la GR para la toma de decisiones.

3.9 Conclusiones parciales.

Conocer la importancia que conlleva la aplicación de las TAD en la GR es de vital importancia para todo aquel que desea llevar a una escala mayor el desarrollo de software. A pesar de las diferencias existentes en cada técnica, se hace imprescindible conocer la mayor cantidad de técnicas así como la utilización de las herramientas existentes, ya que facilitan el trabajo con el apoyo de la tecnología. Se aconseja el uso de técnicas donde se logre la mayor cantidad de personas para la identificación de riesgo como la Tormenta de Ideas y el Método Delphi.

Sin embargo para llegar a una cuantificación exacta del análisis de los mismos se aconsejan el resto de las técnicas que se describen en el documento como la

Simulación de Monte Carlos, Arboles de Decisiones, Matrices de Decisión entre otros. Hay que tener en cuenta, que estas últimas son más complejas por lo que se aconseja la participación de personal preparado y con experiencia en el Análisis de Riesgos.

Este proceso de análisis se debe de aplicar siempre que se deseen detectar nuevos riesgos y tomar decisiones en el proyecto. Es recomendable que el Análisis de Riesgos no lo realice solamente una persona, puesto que se aconseja el trabajo en equipo así como una participación activa del resto de los miembros.

Conclusiones Generales.

Durante el transcurso de la presente investigación con el objetivo de crear una guía de técnicas de apoyo a la decisión en la gestión de riesgos se llegaron a las siguientes conclusiones:

- Se analizó las tendencias actuales de la GR, principalmente en el entorno productivo de la UCI.
- Analizaron los diferentes modelos de la GR así como las generaciones por las cuales ha transitado durante su desarrollo.
- Definieron las actividades necesarias para la aplicación de la propuesta en un proyecto de desarrollo de software.
- Se caracterizaron las TAD necesarias para la utilización en las diferentes fases de la GR.
- Se definieron las TAD para el cálculo de la probabilidad y el impacto de los riesgos.
- Comparó la propuesta con otra guía de técnica existente como la propuesta por MAGERIT.
- La aplicación de la guía permitió una correcta planificación de las actividades a realizar para la GR.
- Se describieron las herramientas fundamentales para el uso de varias técnicas con la ayuda de la tecnología.

Recomendaciones.

Para lograr un buen desempeño de las técnicas de apoyo a la decisión en la GR en los proyectos productivos de la UCI se recomienda:

- Aplicar la Guía de Técnicas al resto de los proyectos productivos de la facultad 9.
- Desarrollar un producto software libre para la automatización de las técnicas que se describen en la guía y así facilitar el proceso de GR en la UCI.
- Usar la presente guía para la capacitación de los involucrados a la toma de decisiones en los proyectos de la UCI.
- Estimular al resto de las facultades para la aplicación de la guía en sus proyectos productivos.

Bibliografía.

- ALBA, P. *Guía para la gestión de riesgos a través de RUP*. Ciudad de la Habana, Universidad de las Ciencias Informáticas., 2008. p.
- AXIS. *Aplicaciones de Análisis de Riesgos.*: AXIS, 2005. 4.
- BÁEZ, M. P. *La Industria del Software, una oportunidad para México.* , 2002.
- BORRÁS, R. L. *Representación del Conocimiento en Análisis de Decisiones.*, 1996. Vol.2 numero 9.
- CANO, R. *Gestión de los riesgos en el Proyecto "A Jugar"*. La Habana, Universidad de las Ciencias Informáticas., 2008. p.
- CONTRERAS, E. J. R.-L., ROGELIO HERRERÍAS-HERNÁNDEZ. *Análisis de la Aplicación de la Teoría de Bayes en Problemas Probabilísticos.*, 2007.
- CHARETTE, R. N. *Software Engineering Risk Analysis and Management*, Mc Graw-Hill/Intertext, 1989.
- DÁVILA, D. A. *Sistemas de Información Ejecutivos.*, 1994.
- DURAND, R. *El método Delphy y la perspectiva del Hidrógeno*. *Revista Metra*, 1971.
- ESTEVEZ, J. *Implementación y Mejora del Método de Gestión Riesgos del SEI en un proyecto universitario de desarrollo de software.*, 2004. p.
- GARCÍA. *Gestión de Riesgos en el Proyecto de Informatización del Conocimiento Geológico en Cuba*. Ciudad de la Habana. Cuba, Universidad de las Ciencias Informáticas., 2007. p.
- . *Mejora y ampliación de la aplicación de Gestión de Riesgos bajo el framework jrisk para empresa dedicada a realizar proyectos software*, 2006. p.
- GONZÁLEZ, M. *Fundamentos de Economía.*, 2003.
- GRANADA. *Diagramas de influencia en Elvira II*, 2003.
- GRAUZIOLI, A. G. *CARTERAS de INVERSIÓN. Un caso de aplicación de conceptos de Estadística y de Análisis Matemático en las Finanzas. Enunciación del modelo y resolución mediante el uso de herramientas informáticas.* , 2004.
- ISSC. *Risk Management Tools Introduction* 2008.
- JULIÁN, J. A. M. *Guía Metodológica para el Análisis de Riesgos*. La Habana, UCI, 2008. p.
- KLCI. *Software Risk Management Practices*. 2001. p.
- LINSTONE, M. T. *The Delphi Method. Techniques and Applications*, 2002.

- MAGERIT. *Metodología de Análisis y Gestión de Riesgos de los Sistemas de Información*, 2006. v 1.1.
- MANIASI, L. S. D. *Identificación de Riesgos de Proyectos de Software en Base a Taxonomías*. Córdoba, 2005. p.
- MAÑAS, J. A. PILAR. *Herramientas para el Análisis y la Gestión de Riesgos.: Comunicación.*, 2004.
- MARCELO, J. *De la Gestión de los Riesgos en los Proyectos a la Gestión de los Proyectos por sus Riesgos*, 2001.
- MENDOZA, R. L. J. *Reconfiguración considerando aleatoriedad de la demanda.*, 2004.
- NAVARRO, M. E. PLAN DE ADMINISTRACIÓN DEI RIESGO INFORMÁTICO 2007.
- PALISADE. 2009. [Disponible en: www.palisade-lta.com]
- PAREJA, I. V. *Decisiones empresariales bajo riesgos e incertidumbres.*, 2003.
- PEPE, M. L. *Una Aplicación del Método de Monte Carlo en el Análisis de Riesgo de Proyectos.*, 2006.
- PÉREZ. *Guía para la gestión de riesgos a través de RUP*. Ciudad de la Habana., Universidad de las Ciencias Informáticas., 2008. p.
- PMBOK, G. D. *Guía de los fundamentos de la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK)*. Project Management Institute, Four Campus Boulevard, Newtown Square, 2004.
- PRESSMAN, R. *Ingeniería de Software: un enfoque práctico*. La Habana, Editorial Félix Varela., 2005. Parte 1.
- RAMOS, C. A. *Aplicación de conceptos de Gestión de Proyectos y Gestión de Riesgo en el desarrollo de productos nuevos en el campo de Tecnología de Información*. Puerto Rico, Universidad de Puerto Rico Recinto Universitario de Mayaguez, 2005. p.
- ROSENBERG, H., T., GALLO, A.,. *Continuous Risk Management at NASA*. *Software Management Conference*, 1999.
- SÁNCHEZ, G. O. *Introducción Dret Proccesal*, 2002.
- SEI. *Continuous Risk Management Guidebook*. *Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University.*, 2004.
- SEIJO, R. Y. *Gestión de Riesgos en el Proyecto de Informatización del Conocimiento Geológico en Cuba*. Ciudad de la Habana. Cuba, Universidad de las Ciencias Informáticas., 2007. p.

SOLENZAL, C. G. *Gestión de los riesgos en el Proyecto "A Jugar"*. La Habana, Universidad Ciencias Informáticas, 2008. p.

ZULUETA, Y. *Tesis Modelo de Gestión de Riesgos en Proyectos de Desarrollo de Software*. Ciudad de la Habana, Universidad de las Ciencias Informáticas., 2007. p.

Anexo 1

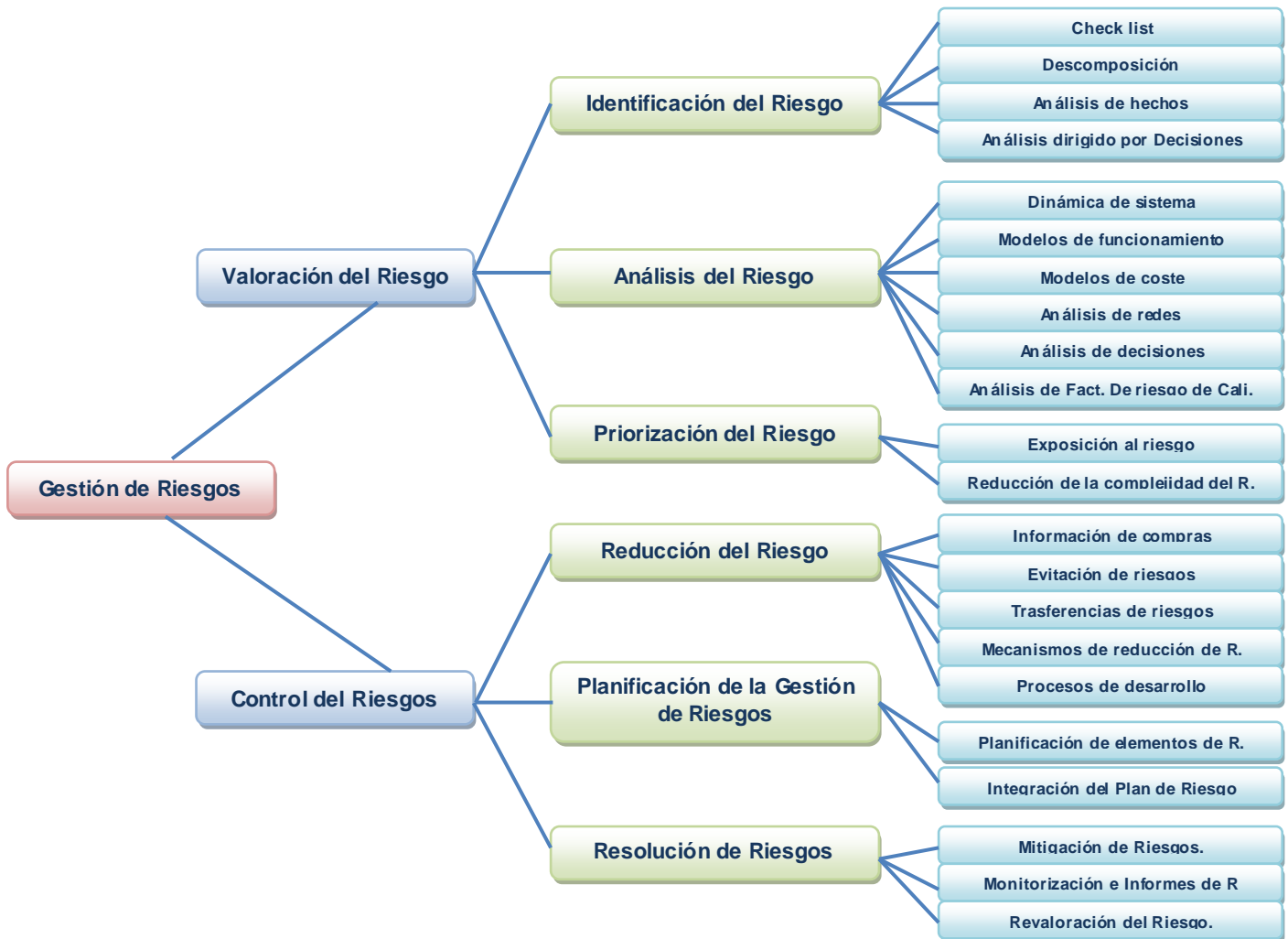


Fig # 1: Pasos de la Gestión de Riesgos según Boehm.

Anexo 2

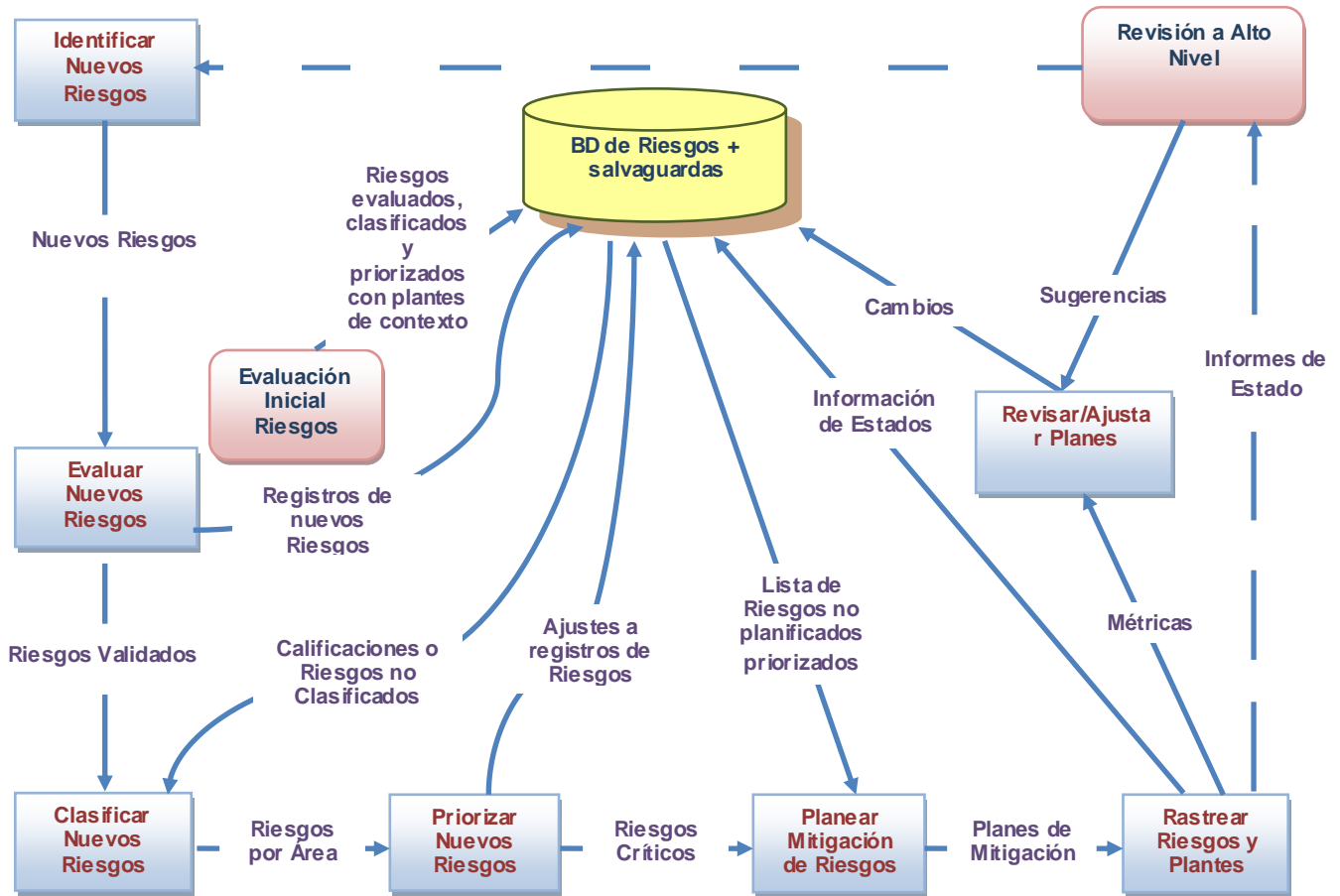


Fig # 2: Modelo de Riesgo del SEI.

Anexo 3

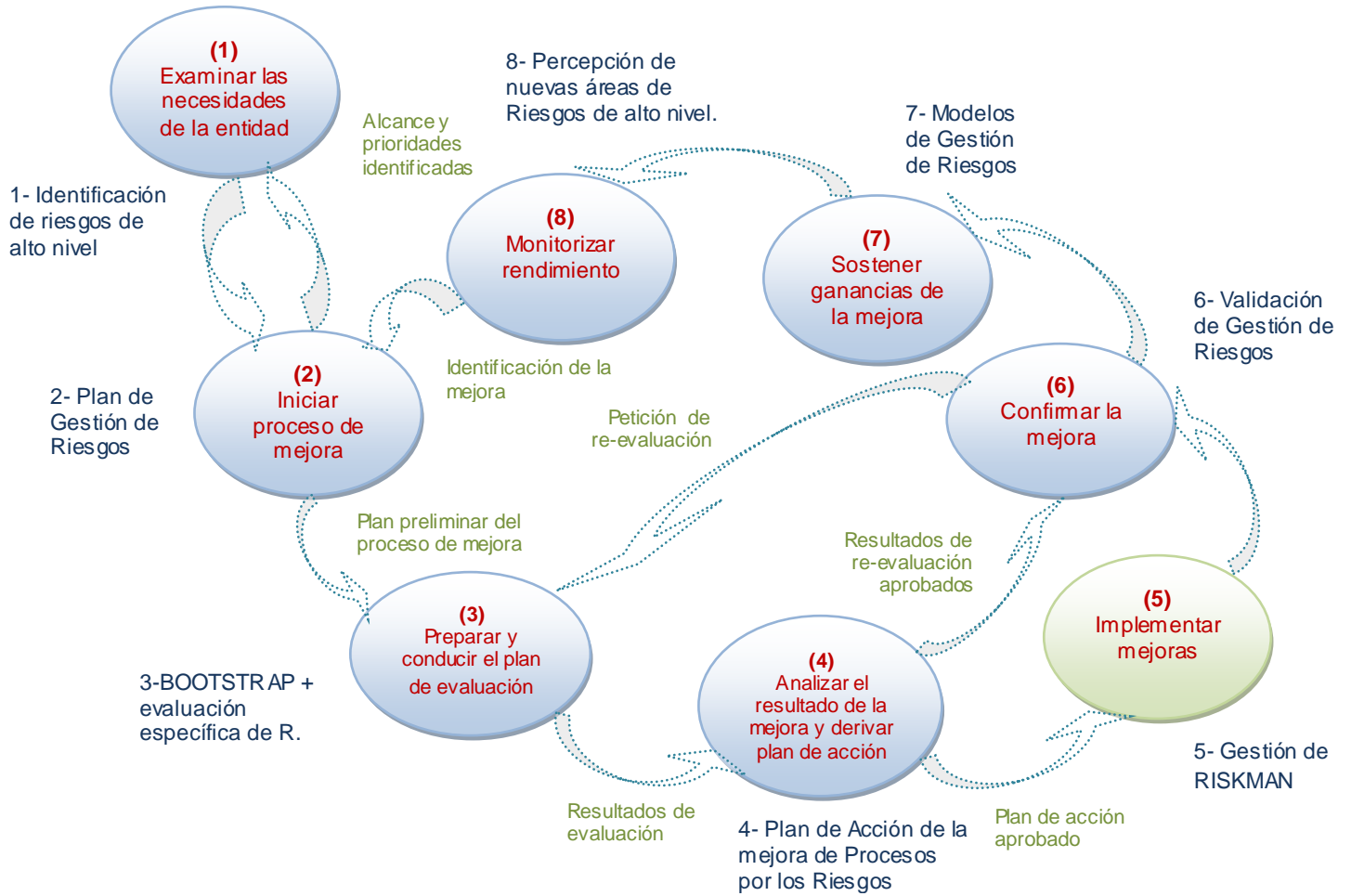


Fig # 3: Modelo DriveSPI.

Anexo 4

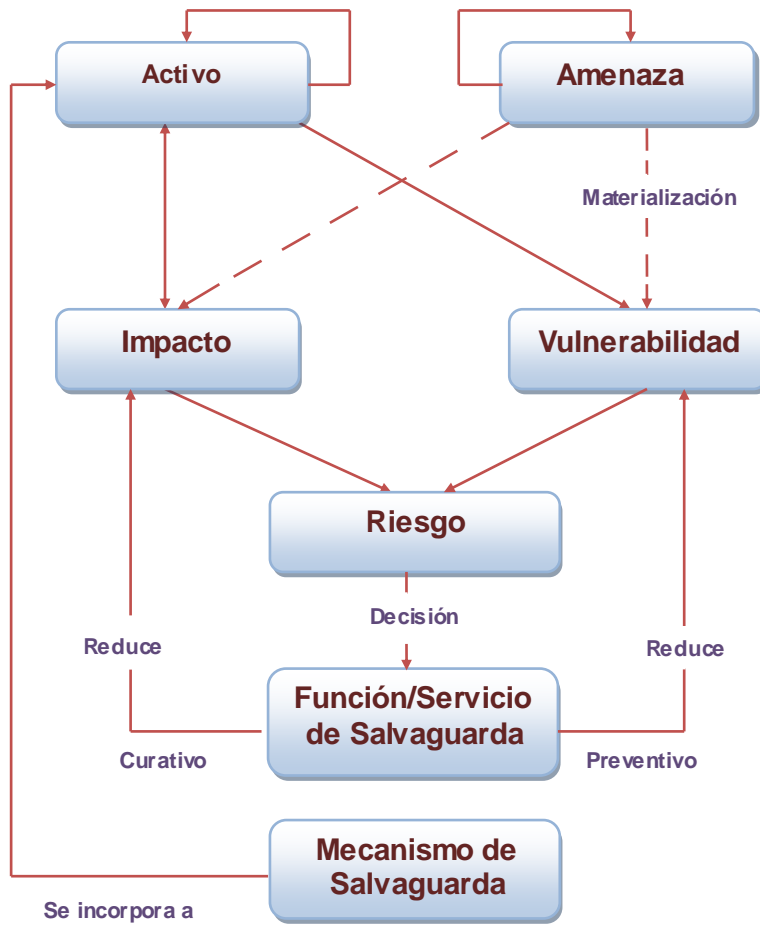


Fig # 4: Modelo MAGERIT.

Anexo 5

Datos de los expertos:

Experto	Vinculado a PP.(rol)	Grado Científico	Años de graduado	Años vinculado en la UCI	Eventos Científicos
Experto 1	Líder de Proyecto.	Ing. Ciencias Informáticas	2	7	UCIENCIA, Informática 2007, 2009, Taller Nacional de Aplicaciones Informáticas 2009, 7ma y 8va Semana tecnológica del MIC. XII y XIII Exposición de las BTJ. XXVI Concurso Científico Técnico Juvenil de las BTJ.
Experto 2	Gerente y líder. Proyecto Educandus.	Licenciado	3	3	UCIENCIA 2007, UCIENCIA 2008 Informática 2009
Experto 3	Asesor de Capacitación del Polo Gestión Universitaria	Ing. Ciencias Informáticas	2	7	UCIENCIA 2008 Informática 2009
Experto 4	Especialista de la Dirección de Calidad de Software. (Grupo de Auditorías y Revisiones)	Ing. Ciencias Informáticas	1 año y medio.	1 año y medio	UCIENCIA 2007 UCIENCIA 2008. Informática 2009
Experto 5	Líder del proyecto Sistema de Gestión para la generación eléctrica UNE	Ing. Ciencias Informáticas	10 meses	5 años y 10 meses.	UCIENCIA 2009 Informática 2009
Experto 6	Corresponsal de Calidad del Área Temática de Visualización Científica.	Ing. Ciencias Informáticas	2	7	Fordes 2007 UCIENCIA 2007 y 2008 JCE Informática 2007
Experto 7	Desarrollador	Ing. Ciencias Informáticas	1	6	-

Tabla 25: Datos de interés sobre los expertos.

Anexo 6

Encuesta realizada a expertos.

1. ¿Con la propuesta establecida cree usted que aumentará la efectividad en la toma de decisiones en la Gestión de Riesgos (GR) en los proyectos productivos?
___ Si ___ No ¿Por qué?
2. En una escala del 1 al 5 confiera un valor a la propuesta según al criterio siguiente:
Criterios de impacto
___ Contribución al Proceso de Desarrollo de Software.
___ Contribución a la gestión de proyectos.
___ Posibilidades de aplicación
3. En una escala del 1 al 5 confiera un valor a la propuesta según al criterio siguiente:
Criterio de Implantación.
___ Necesidad del empleo del modelo.
___ Satisfacción de las necesidades de la producción.
___ Garantía de principios básicos de la gestión de proyectos.
4. En una escala del 1 al 5 confiera un valor a la propuesta según al criterio siguiente:
Criterios de méritos científicos:
___ Calidad de la investigación.
___ Novedad científica.
___ Aporte científico.
5. En una escala del 1 al 5 confiera un valor a la propuesta según al criterio siguiente:
Criterios de Generalización:
___ Facilidades de comprensión.
___ Adaptabilidad a diferentes entornos de producción de software.
___ Facilidades de uso.

Anexo 7

Registro de Riesgos del Expediente del Proyecto de la UCI.

Riesgo	Tipo de Riesgo	Impacto	Descripción	Probabilidad	Efectos
	<i>[Los tipos de riesgos pueden ser: Tecnológico Personal Organización Herramientas Requerimientos Estimación]</i>	<i>[Lista de impactos en el proyecto o producto.]</i>		<i>[La probabilidad puede ser: Alta Media, Baja Muy alta]</i>	<i>[Los efectos pueden ser: Catastrófico Serias Tolerable Insignificante e]</i>

Tabla 26: Plantilla de Registro de Riesgo.

Anexo 8

Riesgo	Tipo de Riesgo	Impacto	Descripción	Probabilidad	Efectos
Tecnológicos:					
1	Fallos en la tecnología de software y hardware.	Los fallos en la tecnología de software y hardware, interrumpen el proceso de desarrollo.	Que haya que formatear una PC porque el Sistema Operativo está averiado, que se rompa un teclado, mouse o Backup.	0.2	Tolerable.
2	Reiterados fallos de fluido eléctrico	Provoca roturas de máquinas y pérdida de tiempo de trabajo.	Falta de fluido eléctrico.	0.8	Serio
3	Rotura de alguno de los medios informáticos con los cuales se trabaja.	Provoca pérdida de información y personal sin puesto de trabajo.	Roturas por fallos eléctricos, vejez de la tecnología, uso inadecuado de la misma, fenómenos meteorológicos o no mantenimiento.	0.2	Serio
4	Pérdida de información	Pérdida de toda la información recopilada en el proyecto durante las fases de trabajo.	Pérdida de información.	0.8	Catastrófico

Tabla 27: Lista de Riesgos.

Anexo 9

Riesgo	Tipo de Riesgo	Impacto	Descripción	Probabilidad	Efectos
Tecnológicos:					
1	Pérdida de información. (A_i)	6.6	Pérdida de información.	0.8	Catastrófico
2	Fallos en la tecnología de software y hardware. (A_{pc})	5.8	Que haya que formatear una PC porque el Sistema Operativo está averiado, que se rompa un teclado, mouse o Backup.	0.2	Tolerable.
3	Reiterados fallos de fluido eléctrico. (A_e)	5	Falta de fluido eléctrico.	0.8	Serio
4	Rotura de alguno de los medios informáticos con los cuales se trabaja. (A_a)	4.2	Roturas por fallos eléctricos, vejez de la tecnología, uso inadecuado de la misma, fenómenos meteorológicos o no mantenimiento.	0.2	Serio

Tabla 28: Priorización de los riesgos del proyecto.

Anexo 10

Df	PROBABILIDAD			
	0,10	0,05	0,01	0,001
4	7,78	9,49	13,28	18,46
5	9,24	11,07	15,09	20,52
6	10,64	12,59	16,81	22,46
7	12,02	14,07	18,48	24,32
8	13,36	15,51	20,09	26,12
9	14,68	16,92	21,67	27,88
10	15,99	18,31	23,21	29,59
11	17,28	19,68	24,72	31,36
12	18,55	21,03	26,22	32,91
13	19,81	22,36	27,69	34,53
14	21,06	23,68	29,14	36,12
15	22,31	25,00	30,58	37,70
16	23,54	26,30	32,00	39,29
17	24,77	27,59	33,41	40,75
18	25,99	28,87	34,80	42,31
19	27,20	30,14	36,19	43,82
20	28,41	31,41	37,57	45,32
24	33,20	36,42	42,98	51,18
25	34,38	37,65	44,31	52,65

Tabla 29: Valores críticos de Chi Cuadrada.

Glosario.

Glosario de abreviaturas:

CES: Centro de Sistemas Electrónicos.

CMM: Capability Maturity Model.

GR: Gestión de Riesgos.

ICSW: Industria Cubana del Software.

ISO: Organization for International Standardization.

MAGERIT: Metodología de Análisis y Gestión de Riesgos de los sistemas de información.

PMBOK: Guía de los Fundamentos de la Dirección de Proyectos

PMI: Project Management Institute.

PSP: Personal Software Process.

SEI: Software Engineering Institute.

TAD: Técnicas de Apoyo a la Decisión.

TSP: Team Software Process.

UCI: Universidad de las Ciencias Informáticas.

Glosario de términos.

SEI: Fundación federal norteamericana para la investigación y desarrollo, cofinanciada por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos y dependiente de la Universidad Carnegie Mellon.

Producto: El software de computadoras es el producto que diseñan y construyen los ingenieros del software. Abarca programas, documentos, datos que combinan números y texto y también incluyen representaciones de información de audio, video e imágenes (PRESSMAN 2005).

Proceso: Un proceso es una definición del conjunto completo de actividades necesarias para transformar los requisitos de usuarios en un producto. Un proceso es una plantilla para crear proyectos (PRESSMAN 2005).

Proyecto: Un proyecto es un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único (PMBOK 2004).