

**UNIVERSIDAD PARA LA COOPERACION INTERNACIONAL  
(UCI)**

**CREACION DE UNA METODOLOGIA DE GESTION DE RIESGOS PARA  
PROYECTOS ELECTRICOS DE BAJA Y MEDIA TENSION EN COLOMBIA:  
ANALISIS DE RIESGOS CON @RISK.**

**JIMMY FERNANDO MARIÑO CARO**

**PROYECTO FINAL DE GRADUACIÓN PRESENTADO COMO REQUISITO  
PARCIAL PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE MÁSTER EN ADMINISTRACIÓN  
DE PROYECTOS**

**Bogotá, Colombia**

**Abril, 2016**

UNIVERSIDAD PARA LA COOPERACION INTERNACIONAL  
(UCI)

Este Proyecto Final de Graduación fue aprobado por la Universidad como  
Requisito parcial para optar al grado de Máster en Administración de Proyectos

---

Ing. Jorge Trejos, MAP, PMP, PMI-RMP.  
PROFESOR TUTOR

---

Ing. Carlos Brenes, MAP, PMP.

---

Ing. Fausto Fernández, MSc, MAP, PMP.

---

Ing. Jimmy Fernando Mariño Caro, I.E.  
SUSTENTANTE

## **DEDICATORIA**

A mis amados Gabrielito y Sandra por ser mi mayor fuente de inspiración. A mi familia por su apoyo incondicional siempre.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis colegas ingenieros electricistas de la Universidad Nacional de Colombia, Universidad Distrital Francisco José de Caldas y de la compañía Siemens por compartir las experiencias de proyectos eléctricos.

A la UCI por la exigencia y bondad de su profesorado.

## INDICE

HOJA DE APROBACION	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
INDICE	v
INDICE ILUSTRACIONES	vii
INDICE CUADROS	viii
RESUMEN EJECUTIVO	ix
INTRODUCCION.....	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Problemática.....	2
1.3 Justificación del problema.....	3
1.4 Objetivo general.....	3
1.5 Objetivos específicos.....	4
MARCO TEORICO.....	5
2.1 Marco Referencial.....	5
2.1.1 ¿Qué comprende un Proyecto de Instalaciones Eléctricas de Media y Baja Tensión en Colombia?.....	6
2.1.2 ¿Qué son los riesgos en proyectos de ingeniería?.....	8
2.1.3 ¿Cómo identificar los riesgos asociados a los Proyectos Eléctricos?.....	8
2.2 Teoría de Administración de Proyectos.....	10
2.2.1 Proyecto.....	10
2.2.2 Dirección de Proyectos.....	10
2.2.3 Interesados del Proyecto.....	11
2.2.4 Estructuras Organizacionales.....	11
2.2.5 Estructura Organizativa de un Proyecto Eléctrico.....	12
2.2.6 Conceptos Administración de Riesgos.....	13
2.2.7 ¿Qué es un Análisis Cualitativo de Riesgos?.....	17
2.2.8 ¿Qué es un Análisis Cuantitativo de Riesgos?.....	21
MARCO METODOLOGICO.....	28
3.1 Fuentes de información.....	28
3.1.1 Fuentes Primarias.....	28
3.1.2 Fuentes Secundarias.....	29
3.2 Métodos de Investigación.....	30
3.2.1 Método analítico.....	30
3.2.2 Método sintético.....	31
3.2.3 Método inductivo-deductivo.....	31
3.2.4 Métodos particulares y específicos.....	31
3.3 Herramientas.....	35
3.3.1 Juicio de expertos.....	35
3.3.2 Plantillas.....	35
3.3.3 Tecnología de la Comunicación.....	35
3.3.4 Entrevistas.....	35
3.3.5 Estudios Comparativos.....	35

3.3.6 Técnicas Analíticas.....	36
3.3.7 Descomposición .....	36
3.3.8 Estimación Análoga.....	36
3.3.9 Estimación Paramétrica.....	36
3.3.10 Estimación por tres valores .....	36
3.4 Entregables .....	37
3.5 Supuestos y Restricciones .....	37
DESARROLLO.....	41
4.1 Planificación de Gestión de Riesgos en proyectos eléctricos (Buchtik, 2012). ...	42
4.1.1 Procesos y herramientas de Gestión. ....	42
4.1.2 Roles y responsabilidades.....	43
4.1.3 Presupuesto y reservas para los riesgos.....	44
4.1.4 Momento y periodicidad de la gestión .....	45
4.1.5 Categorías de riesgo de la gestión .....	45
4.1.6 Dependencia del proyecto .....	46
4.1.7 Probabilidad, impacto y escala .....	46
4.1.7 Tolerancia de los interesados.....	46
4.1.8 Plantillas e informes .....	47
4.1.8 Seguimiento, auditoría y métricas. ....	47
4.2 Identificación de los Riesgos en Proyectos Eléctricos .....	47
4.2.1 Resultado de la Encuesta.....	50
4.2.2. Interpretación de la Encuesta.....	54
4.2.3. Situación de Riesgos frente a Fases de Proyectos Eléctricos. ....	58
4.3 Análisis Cualitativo de Riesgos en Proyectos Eléctricos. ....	80
4.3.1 ¿Cómo hacer un análisis cualitativo de Riesgos?.....	80
4.3.2 Análisis cualitativo de Riesgos en Proyectos eléctricos.....	82
4.4 Análisis Cuantitativo de Riesgos en Proyectos Eléctricos. ....	99
4.4.1 Cómo hacer un análisis cuantitativo de riesgos.....	100
4.4.2 Análisis Proyectos Eléctricos con @Risk. ....	109
CONCLUSIONES.....	123
RECOMENDACIONES .....	126
Bibliografía.....	127
ANEXOS .....	128
Anexo 1: ACTA DEL PROYECTO METODOLOGIA DE RIESGOS EN PROYECTOS ELECTRICOS .....	129
Anexo 2: EDT DEL PROYECTO FINAL DE GRADUACION.....	132
Anexo 3: CRONOGRAMA .....	133
Anexo 4.Guía de Manejo Básico @Risk.....	134

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Subestación media tensión tipo interior.....	6
Figura 2. Subestación media tensión tipo exterior.....	7
Figura 3. Subestación tipo aéreo.....	7
Figura 4. Estructura Organizativa de un proyecto eléctrico.....	13
Figura 5. Ejemplo Matriz de Probabilidad e impacto.....	19
Figura 6. Ejemplo Estructura Desglose de Riesgos proyecto subestación eléctrica .....	45
Figura 7. Porcentaje de encuestados que si tienen manejo de riesgos en proyectos eléctricos.....	50
Figura 8. Porcentaje de impacto de los riesgos en proyectos eléctrico.....	52
Figura 9. Herramientas que utilizan los gerentes de proyectos para analizar riesgos.....	53
Figura 10. Matriz de Probabilidad e impacto riesgos proyectos eléctricos.....	98
Figura 11. Ejemplo Análisis cualitativo.....	99
Figura 12. Guía para la selección de funciones de distribución de acuerdo a la naturaleza de la incertidumbre.....	105
Figura 13. Comparación Distribución de probabilidad 1.....	108
Figura 14. Comparación Distribución de probabilidad 2.....	108
Figura 15. Comparación Distribución de probabilidad 3.....	109
Figura 16. Cronograma trabajo proyecto ejemplo 1.....	110
Figura 17. Asignación de distribución triangular ejemplo 1.....	111
Figura 18. Asignación de distribución uniforme ejemplo 1.....	112
Figura 19. Asignación de distribución triangular celda ejemplo 1.....	112
Figura 20. Asignación celda de salida ejemplo 1.....	113
Figura 21. Simulación @Risk ejemplo 1.....	113
Figura 22. Estadística de salida simulación ejemplo 1.....	114
Figura 23. Cronograma actividades ejemplo 2.....	115
Figura 24. Probabilidad resultado ejemplo 2.....	115
Figura 25. Densidad de probabilidad acumulativa ascendente ejemplo 2.....	116
Figura 26. Diagrama de tornado ejemplo 2.....	117
Figura 27. Cronograma ejemplo 3.....	118
Figura 28. Registro 1 de riesgos ejemplo 3.....	118
Figura 29. Registro 2 de riesgos ejemplo 3.....	119
Figura 30. Asignación distribución pert celda pruebas ejemplo 3.....	119
Figura 31. Simulación celda fecha final @Risk ejemplo 3.....	120
Figura 32. Simulación celda costo final @Risk ejemplo 4.....	120
Figura 33. Muestra de valores en celdas duración ejemplo 3.....	121
Figura 34. Muestra de riesgos 1 en celdas de salida Excel ejemplo 3.....	122
Figura 35. Muestra de riesgos 2 en celdas de salida Excel ejemplo 3.....	122
Figura 36. Definición de distribución @Risk.....	135
Figura 37. Definición de distribución @Risk.....	136
Figura 38. Edición de variable de salida @Risk.....	137
Figura 39. Ventana modelo de @Risk.....	138
Figura 40. Definición funciones de probabilidad.....	139

Figura 41. Ejecución de una simulación 1.....	139
Figura 42. Ejecución de una simulación 2.....	140
Figura 43. Presentación resultados de una simulación en @Risk.....	141



## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Probabilidad del riesgo: escala cualitativa y los valores cuantitativos equivalentes. ....	18
Cuadro 2. Fuentes de información utilizadas en el proyecto .....	29
Cuadro 3. Métodos de Investigación utilizados para el desarrollo del proyecto ....	34
Cuadro 4. Marco metodológico del proyecto .....	38
Cuadro 5. Principales elementos de un plan de gestión de riesgo.....	42
Cuadro 6. Ejemplo Impactos en la ocurrencia del riesgo en proyecto eléctrico ....	46
Cuadro 7. Listado de riesgos principales resultado interpretación encuesta.....	55
Cuadro 8. Estructuras Típicas de Ejecución Proyectos Eléctricos .....	59
Cuadro 9. Listas de riesgos categorizadas para proyectos eléctricos.....	84
Cuadro 10. Plantilla de registro de riesgos. Análisis cualitativo.....	89
Cuadro 11. Lista de riesgos priorizada.....	94

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

**ANSI:** *American National Standards Institute*

**EDT/WBS:** Estructura de Desglose de Trabajo / *Work Breakdown Structure*

**MME:** Ministerio de Minas y Energía Colombia

**NEC:** Siglas en Inglés de Código Eléctrico Nacional (*National Electrical Code*)

**NFPA:** *National Fire Protection Association*

**IEEE:** *Institute of Electric and Electronic Engineers, Inc.*

**ISO:** *International Standard Organization*

**kV:** kilovoltio. Unidad de Tensión eléctrica.

**kVA:** kilovolt ampere. Unidad de Potencia eléctrica.

**ONAC:** Organismo Nacional de Acreditación Colombia

**NEC:** *National Electrical Code*

**PFG:** Proyecto Final de Grado

**PMI:** Siglas en Inglés Instituto de Administración de Proyectos  
(*Project Management Institute*)

**RETIE:** Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas

**RETILAP:** Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público

**UCI:** Universidad para la Cooperación Internacional Costa Rica

## RESUMEN EJECUTIVO

Los proyectos de todas las industrias de consumo, construcción y transformación de materias primas requieren de la energía eléctrica como insumo para su desarrollo. En Colombia existe regulación por parte del Gobierno mediante el Ministerio de Minas y Energía para que cualquier persona o empresa pública o privada cumpla las reglas mínimas de seguridad para el ser humano, la vida animal y la vida vegetal. La deficiencia de la seguridad es tan solo uno de los miles de riesgos que los gerentes de proyecto deben controlar para el bien de sus empresas.

Los proyectos que tienen que ver con la electricidad como insumo generalmente son complejos, detallados, costosos y que se pueden tratar desde la perspectiva de manejo de proyectos con buenas prácticas propuestas por el PMI. Estas buenas prácticas son una innovación en nuestro país que aún se considera en desarrollo y que está tratando de implementar con el manejo adecuado de dirección de proyectos.

Los riesgos se conciben desde el mismo momento en que el proyecto es asignado, por ejemplo en el proceso de la oferta y la venta, el riesgo de perder utilidad por una oferta mal realizada conlleva a tener un ciclo de vida de proyecto dirigido solo a minimizar costos y disminuir la calidad de los entregables. Igualmente los riesgos que conlleva una producción sin calidad y sin control del cronograma.

Los proveedores, subcontratistas, diseñadores, interventores, constructores, certificadores, entre otros tienen en el desarrollo de proyectos del sector uno o varios riesgos asociados y compartidos. Estos riesgos en mayor o menor proporción influyen durante todo el proyecto en el resultado final pues si no hay control de ellos el resultado económico, ambiental o social se verá altamente afectado.

El objetivo general del proyecto fue crear una metodología de gestión de riesgos para proyectos de instalaciones eléctricas y con limitación a proyectos hasta nivel de tensión 57.5 kV. Los objetivos específicos planteados fueron: realizar un estudio de cómo se gestionan los riesgos en proyectos típicos del sector, proponer una metodología para el análisis cualitativo y cuantitativo de riesgos y presentar una guía del manejo de *@Risk* como herramienta para dicho análisis.

El método de investigación se basó en la información requerida para el estudio de gestión de riesgos y se obtuvo a partir de experiencias de gerentes de proyecto de instalaciones eléctricas con el fin de tener la información de los riesgos más significativos.

El resultado de este PFG fue plantear una de muchas metodologías para realizar una gestión de riesgos en proyectos de ingeniería eléctrica aplicadas a instalaciones de media y baja tensión en Colombia. Antes de analizar los riesgos se debe hacer un buen plan de gestión y dejar escrito como divulgarlo entre los involucrados. Estos planes de gestión de riesgos hacen que se maximice la utilidad neta de los proyectos, permiten monitorear la competencia, tener control por parte de la alta gerencia, entre otros beneficios.

La base tanto de los análisis cualitativos como cuantitativos radica en las experiencias de ingenieros de proyectos y en experiencias propias durante los últimos quince años de trabajo. La metodología en realidad se puede aplicar a cualquier proyecto de ingeniería y utiliza las herramientas típicas que se enuncian en la metodología propuesta por el PMI. Se debe entender que el análisis cuantitativo es opcional y que el cualitativo es siempre mandatorio de realizar. En este documento se utiliza la herramienta de matriz de probabilidad e impacto pero se pueden utilizar muchas otras como las indicadas en el PMBok. El resultado de prioridad de la lista de riesgos enunciados se clasifica en su mayoría de tipo operacionales.

El análisis cuantitativo se utiliza para cuantificar la incertidumbre y determinar el porcentaje de probabilidad de terminar el proyecto en la fecha planteada por ejemplo, o de calcular los niveles económicos de pérdida si el proyecto no avanza según el cronograma y con los recursos inicialmente trazados. Es una herramienta muy poderosa para que la alta gerencia analice los objetivos estratégicos y tome decisiones. Para este análisis se muestra en este PFG el manejo básico de la herramienta *@Risk* y se muestran tres ejemplos aplicados a proyectos de instalaciones eléctricas. Se interacciona con Project y se basa en el método de Montecarlo. Igualmente solamente se tomó una de muchas herramientas que sugiere el PMI.

Es importante luego de estos análisis cualitativo y cuantitativo proponer soluciones para tratar los riesgos más significativos encontrados, pero no es el alcance de este proyecto mostrar dichas propuestas. El lector interesado en este tema puede referirse al texto de Liliana Buchtik referido en la bibliografía de este PFG.

## INTRODUCCION

Las instalaciones eléctricas en Colombia se han venido regulando por parte del Ministerio de Minas y Energía en la última década mediante la obligatoriedad del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE. Uno de sus principales fundamentos radica en minimizar los riesgos de accidentes eléctricos debido a una mala calidad de las instalaciones eléctricas. El riesgo de la electricidad en los seres humanos es uno de los múltiples riesgos que un director de proyectos debe tener en cuenta a la hora de su planificación.

El propósito de este PFG es lograr identificar y plantear una metodología para gestionar los riesgos comunes que tienen los proyectos de instalaciones eléctricas de baja y media tensión en Colombia a través del uso de buenas prácticas de gestión de proyectos sugeridas por el PMI. Este proyecto pretende crear una metodología de análisis de riesgos específicos basada en la gestión de los riesgos en proyectos eléctricos típicos de baja y media tensión.

El PFG proporciona especial énfasis en la identificación de riesgos, el análisis, la cualificación y cuantificación de sus impactos en los costos y en el calendario, de manera que se pueda planificar la respuesta óptima ante estos y conocer como estos impactos pueden afectar la administración del proyecto.

Mediante el uso de la herramienta @Risk de Palisade ® se pretende realizar un análisis cuantitativo de los riesgos hallados en la primera parte de este PFG. Se mostrará a los interesados las bondades de la herramienta y una guía de manejo que servirá para gestionar de forma proyectizada los riesgos tipo de las instalaciones eléctricas de baja y media tensión.

### 1.1 Antecedentes

Los proyectos eléctricos de media y baja tensión en Colombia se componen a groso modo de varias etapas que incluyen el diseño, trazado topográfico, estudios

técnicos previos, preparación de la servidumbre, instalaciones de unidades soporte (postes o torres), el tendido, conexionado y la puesta en marcha. Según el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE de mandatorio cumplimiento por el Gobierno colombiano exige que cualquier producto y/o instalación cumpla con requisitos mínimos de seguridad que minimicen el riesgo de origen eléctrico que puede afectar a cualquier ser vivo o la propiedad privada.

Existen varias clases de riesgos en proyectos de este tipo; por ejemplo los relacionados con la calidad de los materiales por ello contar con certificado expedido por un organismo de evaluación de la conformidad debidamente acreditado, es necesario. Igualmente los riesgos asociados al proceso de importaciones de equipos especializados y su logística.

Otros riesgos pueden estar relacionados con la competencia del recurso humano y las falencias en los diseños, fabricación de piezas, instalación y conexionado de equipos, entre otros.

Los estándares de PMI para la gestión de proyectos permiten de forma adecuada realizar una buena gestión de proyectos eléctricos y de riesgos a través de uso de buenas prácticas.

## **1.2 Problemática.**

Actualmente no existe en Colombia y específicamente en las compañías del sector eléctrico una cultura de gestión de riesgos adecuada para minimizar los impactos que afectan el alcance, tiempo, costo y calidad en los proyectos de instalaciones de baja y media tensión. Igualmente los análisis mediante software no tienen divulgación adecuada en el gremio.

Para los proyectos de alta y extra alta tensión en instalaciones de generación hidroeléctrica y líneas de transmisión son más usuales los estándares de dirección de proyectos basados en PMI, debido a la envergadura e inversión que conllevan. Es aquí donde los proyectos de media y baja tensión aunque no tengan

necesidades grandes de infraestructura requieren de una estrategia que les permita a los interesados contar con planes adecuados de gestión de proyectos con énfasis en riesgos.

### **1.3 Justificación del problema**

Desarrollar una metodología de gestión de riesgos para los proyectos eléctricos de baja y media tensión en Colombia, de fácil comprensión y uso por parte de los gerentes y otros interesados como estudiantes de ingeniería eléctrica, resulta de gran ayuda en los procesos de profesionalización de la gestión de la planificación de tales proyectos particularmente con un enfoque en el análisis para la reducción de impactos que puedan causar riesgos asociados con este tipo de proyectos.

Los principales beneficios que se esperan de este proyecto son:

- Contar con una metodología de muchas propuestas en la literatura de riesgos y que sea paso a paso para la gestión de riesgos en proyectos eléctricos. Se inicia este proceso desde la planificación de gestión del riesgo, la identificación de riesgos, el análisis cualitativo y por último un análisis cuantitativo.
- Integrar herramientas para el análisis cuantitativo de riesgos como el @Risk con software de uso común como Excel y Project de Microsoft® para que los interesados incrementen sus competencias en la gestión de riesgo en proyectos de baja y media tensión en Colombia.

### **1.4 Objetivo general**

El PFG está dirigido a los lectores como una propuesta de realizar un paso a paso de la gestión de riesgos para proyectos de instalaciones eléctricas en Colombia. El objetivo general es proponer una Metodología de Gestión de riesgos en los proyectos eléctricos de media y baja tensión en Colombia con un énfasis en el análisis cualitativo y cuantitativo del riesgo.

### **1.5 Objetivos específicos.**

- Realizar la planificación de gestión de riesgos en proyectos eléctricos.
- Realizar un estudio de situación sobre la gestión del riesgo en los proyectos de instalaciones eléctrica de media y baja tensión en Colombia con el fin de elaborar un listado de los riesgos más comunes y sobre ellos proponer un plan de gestión adecuado.
- Proponer una metodología para el análisis cualitativo de riesgo como parte de la gestión de proyectos típicos de instalaciones eléctricas.
- Proponer una metodología para el análisis cuantitativo de riesgo como parte de la gestión de proyectos típicos de instalaciones eléctricas, con el fin de que cualquier ingeniero electricista pueda cuantificar los riesgos de sus proyectos con el uso de herramientas como @Risk.
- Desarrollar una guía para el uso de @Risk en el análisis cuantitativo de riesgos para proyectos eléctricos de media y baja tensión”.



## MARCO TEORICO

### 2.1 Marco Referencial

Las instalaciones eléctricas en Colombia han tenido un desarrollo de índole técnico y de evaluación de la conformidad en los últimos 11 años. El Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE entra en vigencia en el año 2005 y a partir de allí cualquier proceso de la cadena energética debe cumplir con mínimos requisitos para salvaguardar la vida humana y los bienes materiales. (Ministerio de Minas y Energía, 2013)

Entonces los proyectos que realizan los ingenieros electricistas en las diferentes compañías de electrificación en Colombia deben contar con un proceso metodológico acorde a los lineamientos de los estándares internacionales como ISO, NFPA, IEEE, NEC, ANSI, entre otros. Y se recomienda entonces una metodología de gestión de proyectos en cada fase de ejecución.

El referencial técnico empieza a partir del diseño ya sea detallado o simplificado de cualquier instalación y desde allí inicia el proceso de evaluación de la conformidad por parte de entes reguladores específicos impuestos por el Gobierno. Después del diseño vienen las etapas de estudios detallados, compra y/o fabricación de equipos y materiales, la instalación, el montaje, las pruebas, la puesta en marcha y el proceso de garantía. Cada una de estas etapas están siendo evaluadas por el RETIE y por ello este documento pretende mostrar los diferentes riesgos que se asocian y cómo deben ser analizados cuantitativamente mediante herramientas computacionales con el fin de controlar o minimizar dichos riesgos.

La Metodología seleccionada para realizar el análisis cuantitativo es *@Risk* creada por el distribuidor de Software Palisade empresa fundada en 1984 en New York y

líder en el mercado en software y servicios de análisis de decisiones cuantitativo y de soporte de decisiones con más de 200 mil clientes a nivel global.

### **2.1.1 ¿Qué comprende un Proyecto de Instalaciones Eléctricas de Media y Baja Tensión en Colombia?**

Una instalación eléctrica como el conjunto de aparatos eléctricos, conductores, herrajes, circuitos asociados y sistemas de soporte (postes o torres), previstos para un fin particular: Generación, transmisión, transformación, conversión, distribución o uso final de la energía eléctrica. (Ministerio de Minas y Energía, 2013). Para este proyecto nos dedicaremos a analizar riesgos en las instalaciones de media tensión que se definen como aquellas que utilizan un nivel de tensión hasta 57.5 kV corriente alterna comprendiendo redes de distribución aéreas y subterráneas. Las instalaciones de baja tensión o de uso final comprenden circuitos eléctricos y sus componentes desde 25 V Ac hasta 1000 V Ac. Para una mejor comprensión del alcance por favor ver las figuras No. 1 y No.2. (Propia, 2015).



**Figura 1. Subestación media tensión tipo interior**

**Fuente: Propia (2015).**

Las instalaciones de media tensión reúnen los procesos de transformación o subestaciones. Básicamente son el conjunto de equipos utilizados para transferir

el flujo de energía en un sistema de potencia, garantizar la seguridad del sistema por medio de dispositivos automáticos de protección y para redistribuir el flujo de energía a través de rutas alternas durante contingencias. Las subestaciones se pueden clasificar en tipo interior o en edificaciones y las subestaciones tipo poste y pedestal.



**Figura 2. Subestación media tensión tipo exterior**

**Fuente: Propia (2015).**



**Figura 3. Subestación tipo aéreo**

**Fuente: Propia (2015).**

Las instalaciones de baja tensión o uso final de la electricidad, denominadas comúnmente como instalaciones interiores o instalaciones domiciliarias o receptoras, son las que están alimentadas por una red de distribución o por una fuente de energía propia y tienen como objeto permitir la entrega de la energía eléctrica al usuario. Las instalaciones de uso final se clasifican en instalaciones básicas, provisionales y especiales. Las básicas comprenden viviendas pequeñas, las provisionales comprenden las temporales de obra mientras se realiza la construcción de una edificación nueva y las especiales comprenden las instalaciones hospitalarias, ambientes especiales, sistemas de bombas contra incendio y de alta concentración de personas.

Todo proyecto ya sea de media o baja tensión debe contar con un diseño, con memorias de cálculo y planos de construcción, con el nombre, firma y matrícula profesional del responsable del diseño y de la construcción. Los productos deben tener certificado expedido por un organismo de evaluación de la conformidad debidamente acreditado por ONAC (Organismo Nacional de Acreditación Colombia). Es requisito que las instalaciones cumplan con el nivel adecuado de campos eléctricos y magnéticos, las distancias de seguridad, protecciones, protección contra rayos, sistema de puesta a tierra, iluminación y documentación final.

### **2.1.2 ¿Qué son los riesgos en proyectos de ingeniería?**

Existen muchas definiciones de riesgo en la literatura, pero al enfocar el tema hacia proyectos de ingeniería eléctrica se puede definir de la forma más fácil como la posibilidad que ocurra una situación que afecte el cumplimiento de los objetivos del proyecto a cualquier nivel. (Propia, 2016).

### **2.1.3 ¿Cómo identificar los riesgos asociados a los Proyectos Eléctricos?**

Identificar los riesgos es el proceso de determinar cuáles situaciones podrían afectar el proyecto y documentar sus características. (Project Management

Institute, 2013) Se puede hacer mediante varias técnicas y herramientas. Entre ellas se pueden utilizar (Mulcahy, 2013, p.417):

- Entrevistas. Con miembros del equipo y expertos.
- Mediante sesiones de lluvias de ideas.
- Lecciones aprendidas.
- Análisis de inspección.
- Análisis organizacional.
- Análisis requerimientos, documentación cliente.
- Análisis de partes involucradas.
- Análisis de reglas y regulaciones.
- Análisis de supuestos.
- Análisis de contrato.
- RBS (*Risk Breakdown Structure*).

Igualmente las categorías o fuente de riesgo:

- Asociados al cliente.
- Contrato y temas legales.
- Subcontratistas.
- Técnicos.
- Comisionamiento, puesta en marcha y garantía.
- Dirección de proyectos, logísticos.
- Financiamiento, tasas de interés, microeconomía, macroeconomía.
- Políticos.
- Seguros.
- Competencia del mercado.

## **2.2 Teoría de Administración de Proyectos**

Aquí se presentan las definiciones básicas de la teoría de Administración de Proyectos basada en el PMBOK (PMI, 2013) y que tienen que ver con el proyecto de tesina que se está presentando en este documento.

### **2.2.1 Proyecto**

En la Guía del PMBOK (PMI, 2013) se define como “un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único”. (PMI, 2013, p.559).

### **2.2.2 Dirección de Proyectos**

En la Guía del PMBOK se define como “la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades del proyecto para cumplir con los requisitos del mismo”. (PMI, 2013, p.539).

Se logra mediante la aplicación e integración adecuada de los 47 procesos de la dirección de proyectos, agrupados de manera lógica, categorizados en cinco grupos de procesos.

Estos cinco grupos de procesos son:

- Inicio
- Planificación
- Ejecución
- Monitoreo y control
- Cierre.

Dirigir un proyecto por lo general incluye, entre otros aspectos:

- Identificar requisitos,

- Abordar las diversas necesidades, inquietudes y expectativas de los interesados en la planificación y ejecución del proyecto;
- Establecer, mantener y realizar comunicaciones activas, eficaces y de naturaleza colaborativa entre los interesados;
- Gestionar a los interesados para cumplir los requisitos del proyecto y generar los entregables del mismo;
- Equilibrar las restricciones contrapuestas del proyecto que incluyen, entre otras:
  - El alcance,
  - La calidad,
  - El cronograma,
  - El presupuesto,
  - Los recursos y
  - Los riesgos.

### **2.2.3 Interesados del Proyecto**

En la Guía del PMBOK (2013) son los denominados en inglés *stakeholders*, y corresponde a un individuo, grupo u organización que puede afectar, verse afectado o percibirse a sí mismo como posible afectado por una decisión, actividad o resultado de un proyecto. (PMI, 2013, p.550).

### **2.2.4 Estructuras Organizacionales**

En las empresas existen tres tipos de estructuras organizacionales: (Lledó, 2013)

1. Orientada a proyectos
2. Funcional
3. Matricial

En las organizaciones orientadas a proyectos los miembros del equipo suelen estar trabajando en el mismo lugar físico con directores de proyecto con gran independencia y autoridad. Este tipo de estructuras se observa en empresas que obtienen sus ingresos principalmente de proyectos. Por ejemplo, grandes empresas de consultoría suelen adoptar este tipo de estructura.

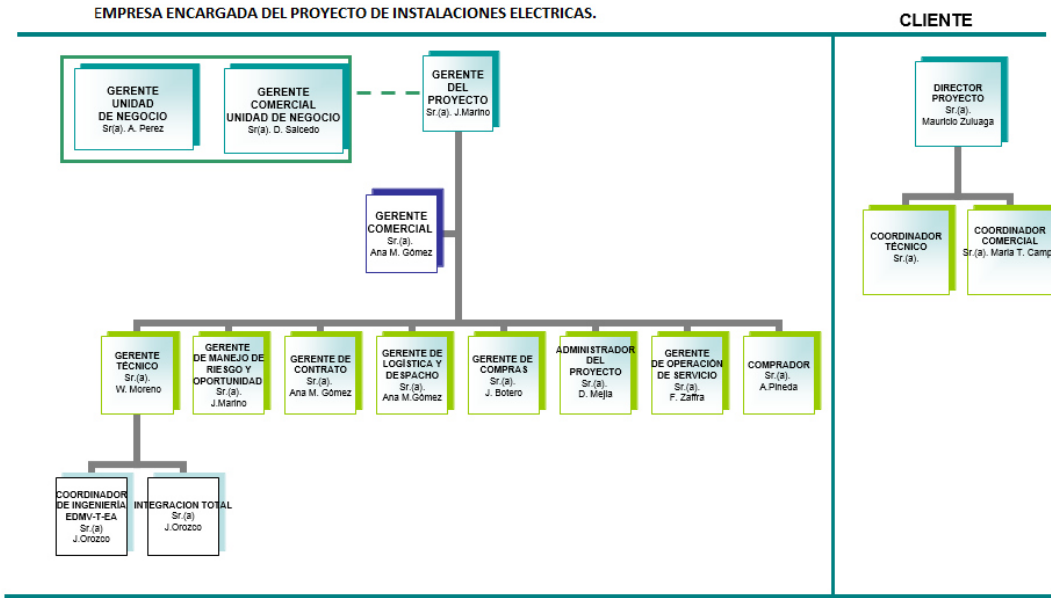
Por otro lado, la estructura organizacional más tradicional es la funcional. En este tipo de estructuras jerárquicas cada empleado tiene un superior y las personas se agrupan por especialidades: ingeniería, marketing, producción, etc.

En una organización matricial se mantiene la estructura funcional pero se crea una estructura orientada a proyectos que utiliza recursos del resto de la organización. Por ejemplo, para el proyecto de lanzar un nuevo producto al mercado, la PMO puede nombrar a un director de proyecto que formará un equipo de trabajo con personas de los distintos departamentos funcionales.

### **2.2.5 Estructura Organizativa de un Proyecto Eléctrico.**

Un proyecto típico eléctrico puede tener una estructura orientada a proyectos o matricial dependiendo de la compañía que presta los servicios. Un gerente de proyectos en el área eléctrica puede tener a su cargo muchos proyectos o uno solo si el alcance lo amerita. Como sea se debe basar en su grupo de interesados que usualmente se compone de un grupo de ingenieros que se encargan de hacer el diseño y los estudios eléctricos. Cuenta también con un gerente comercial que se encarga de estructurar el proyecto en cuanto al alcance monetario, facturación y sistema de compras externas. Los proveedores externos pueden ser manejados por el gerente del proyecto y por el gerente comercial. Si existe la puesta en servicio se subcontrata una empresa especializada en el ramo. En la figura No. 4 se muestra como ejemplo una estructura organizativa dedicada a un proyecto llave en mano.





**Figura 4. Estructura Organizativa de un proyecto eléctrico**

**Fuente: Propia (2015).**

## 2.2.6 Conceptos Administración de Riesgos

Es tratar con los riesgos antes de que se vuelvan problemas. Es preocuparse de ser proactivos en vez de reactivos. Incluye planificar la forma en que se van a gestionar los riesgos, identificar, documentar, y analizar los riesgos, planificar como enfrentarlos, implementar los planes, y luego supervisarlos. Busca aumentar la probabilidad y el impacto de los eventos positivos, y disminuir la probabilidad y el impacto de los eventos adversos al proyecto. (Buchtik, 2012, p.653)

La gestión de los riesgos es el proceso sistemático de planificar, identificar, analizar, responder y controlar los riesgos del proyecto. Este proceso trata de maximizar la probabilidad de ocurrencia de los sucesos positivos y minimizar la probabilidad de ocurrencia de los sucesos adversos. (Lledó, 2013, p.699).

Las organizaciones de todo tipo y tamaño enfrentan factores e influencias, internas y externas, que crean incertidumbre sobre si ellas lograrán o no sus objetivos. El

efecto que esta incertidumbre tiene en los objetivos de una organización es el riesgo.

Todas las actividades de una organización implican riesgo. Las organizaciones gestionan el riesgo mediante su identificación y análisis y luego evaluando si el riesgo se debería modificar por medio del tratamiento del riesgo con el fin de satisfacer los criterios del riesgo. A través de este proceso, las organizaciones se comunican y consultan con las partes involucradas, monitorean y revisan el riesgo y los controles que lo están modificando con el fin de garantizar que no se requiere tratamiento adicional del riesgo. Esta norma describe este proceso sistemático y lógico en detalle. (Instituto Colombiano de Normas Técnicas, 2012).

Los siguientes conceptos son básicos para el tema de riesgos que aborda esta tesina:

#### **2.2.6.1 Amenazas y Oportunidades**

“Los riesgos positivos y negativos se conocen normalmente como oportunidades y amenazas. Un proyecto puede aceptarse si los riesgos se encuentran dentro de las tolerancias y están en equilibrio con el beneficio que puede obtenerse al asumirlos. Los riesgos positivos que ofrecen oportunidades dentro de los límites de la tolerancia al riesgo se pueden emprender a fin de generar un mayor valor”. (PMI, 2013, p.311)

#### **2.2.6.2 Análisis de Sensibilidad**

“El análisis de sensibilidad ayuda a determinar qué riesgos tienen el mayor impacto potencial en el proyecto. Ayuda a comprender la correlación que existe entre las variaciones en los objetivos del proyecto y las variaciones en las diferentes incertidumbres”. (PMI, 2013, p.338)

### **2.2.6.3 Incertidumbre**

“La incertidumbre se da cuando no conocemos la probabilidad de ocurrencia de un evento, mientras que en una situación de riesgo podemos estimar cuál será su probabilidad de ocurrencia. Por ejemplo, incertidumbre sería si no tenemos la más mínima idea de que vaya a ocurrir una catástrofe climática en un proyecto. Mientras que si en ese mismo proyecto podemos estimar la probabilidad de mal clima en base a informes meteorológicos, estaríamos en una situación de riesgo”. (Lledó, 2013, p.287).

### **2.2.6.4 Probabilidad de Ocurrencia**

Cada evento riesgoso tiene alguna probabilidad de suceder. Por ejemplo, la probabilidad de que tengamos temblores en una Ciudad según estadísticas históricas es del 2%. Esto significa que en el largo plazo, si se mantienen las condiciones utilizadas en la estimación, temblará 2 de cada 100 días. Si la probabilidad de ocurrencia fuera del 4% se dice que el evento tiene el doble de posibilidades de ocurrir en relación a una probabilidad del 2%.

Un hecho improbable que ocurra tiene una probabilidad de ocurrencia cercana a cero. Por el contrario, un hecho que es casi seguro que ocurra posee una probabilidad de ocurrencia muy cercana a 100%. Por lo tanto, matemáticamente se suele representar a la probabilidad de ocurrencia en una escala que va del 0 al 1. Hay veces que no conocemos con precisión la probabilidad de ocurrencia de un evento riesgoso y lo único que tenemos es una percepción basada en una opinión o una investigación que probablemente no es del todo correcta. En estos casos, se puede utilizar un rango de probabilidad estimado y realizar un análisis de sensibilidad con el posible impacto de cada escenario sobre los objetivos del proyecto. (Lledó, 2013, p.287).

### **2.2.6.5 Impacto**

El riesgo no se cuantifica sólo por su probabilidad de ocurrencia, sino también por su impacto sobre los objetivos del proyecto (alcance, tiempo, costo, calidad, entre otros). Por ejemplo, si la probabilidad de mal clima es muy alta, pero los daños en

el proyecto son muy bajos, ese riesgo no debería preocuparnos demasiado. (Lledó, 2013, p.287).

#### **2.2.6.6 Modelado y Simulación**

“Una simulación de proyecto utiliza un modelo que traduce las incertidumbres detalladas especificadas para el proyecto en su impacto potencial sobre los objetivos del mismo. Las simulaciones se realizan habitualmente mediante el Análisis Monte Carlo. En una simulación, el modelo del proyecto se calcula muchas veces (mediante iteración) utilizando valores de entrada (p.ej., estimaciones de costos o duraciones de las actividades) seleccionados al azar para cada iteración a partir de las distribuciones de probabilidad para estas variables. A partir de las iteraciones se calcula un histograma (p.ej., costo total o fecha de finalización). Para un análisis de riesgos de costos, una simulación emplea estimaciones de costos. Para un análisis de los riesgos relativos al cronograma, se emplean el diagrama de red del cronograma y las estimaciones de la duración” (PMI, 2013, p.340).

#### **2.2.6.7 Tolerancia al Riesgo y Umbrales**

“La tolerancia al riesgo se refiere a una cantidad medible de riesgo aceptable. Un umbral de riesgo es el punto específico en el que el riesgo se vuelve inaceptable”. (Mulcahy, 2013, p.408).

#### **2.2.6.8 Planes de contingencias**

“Los planes de contingencia son planes que describen las acciones específicas que se llevarán a cabo si ocurre una oportunidad o amenaza”. (Mulcahy, 2010, p.428).

#### **2.2.6.9 Reservas de contingencias**

Es una cantidad adicional de dinero o de tiempo que intenta reducir el impacto de las variaciones en costos, tiempo o desempeño, facilitando el logro de las metas del proyecto. Para calcular las reservas de contingencias se puede utilizar dos criterios. El primero se basa en la experiencia, y consiste en estimar la reserva

contingente como un porcentaje del costo o del tiempo necesario para realizar una actividad. (Lledó, 2013, p.289). El segundo criterio reservas para contingencias consisten en la duración estimada dentro de la línea base del cronograma que se asigna a los riesgos identificados y asumidos por la organización, para los cuales se han desarrollado respuestas de contingencia o mitigación. Las reservas para contingencias se asocian a los “conocidos-desconocidos”, que se pueden estimar para tener en cuenta esta cantidad desconocida de retrabajo. (PMI, 2013, p.171).

#### **2.2.6.10 Valor monetario esperado**

“Es un concepto estadístico que calcula el resultado promedio cuando el futuro incluye escenarios que pueden o no ocurrir. El valor monetario esperado de las oportunidades se expresará por lo general con valores positivos, mientras que el de riesgos será negativo. El valor monetario esperado para un proyecto se obtiene multiplicando la probabilidad por el impacto, y sumando luego los resultados”. (PMI, 2013, p.339).

#### **2.2.6.11 Análisis de Monte Carlo**

“Técnica que calcula o itera el costo del proyecto o el cronograma del proyecto muchas veces utilizando valores de entrada seleccionados al azar a partir de distribuciones de probabilidad de costos o duraciones posibles, para calcular una distribución de los costos totales del proyecto o fechas de conclusión posibles”. (PMI, 2013, p.530).

### **2.2.7 ¿Qué es un Análisis Cualitativo de Riesgos?**

El análisis cualitativo de riesgos consiste en priorizar riesgos para análisis o posterior acción, evaluando y combinando la probabilidad de ocurrencia e impacto de dichos riesgos (PMI, 2013, p.328).

En este proyecto describimos dos herramientas típicas que se utilizan para realizar un análisis cualitativo de riesgos; el de Probabilidad e impacto de los riesgos y la matriz de probabilidad e impacto de los riesgos.

### 2.2.7.1 Probabilidad e impacto de los Riesgos (Lledó, 2013)

La probabilidad del riesgo es la posibilidad de la materialización de un peligro o factor de riesgo. Se puede expresar:

- Como un valor numérico entre 1 (certeza de ocurrencia) y 0 (imposibilidad), o
- Mediante un calificativo como alta, media o baja.

Por lo general los valores numéricos y los calificativos son intercambiables. El siguiente cuadro muestra un ejemplo de escala cualitativa y los valores del porcentaje asociado a cada calificativo.

**Cuadro 1. Probabilidad del riesgo: escala cualitativa y los valores cuantitativos equivalentes.**

**Fuente: Propia (2015).**

Cualitativo	Numérico
Bajo	0.00 a 0.20
Medio	0.21 a 0.50
Alto	0.51 a 1.00

La relación entre las escalas cualitativas y valores en particular es subjetiva y depende de la experiencia del equipo del proyecto y de la tolerancia al riesgo por parte del proyecto.

El impacto se refiere de qué modo va a impactar el proyecto si el riesgo ocurre. Por ejemplo en una multinacional alemana fabricante de celdas de media tensión existe el riesgo de demora en la entrega de productos a un cliente crítico como lo es una clínica de alto nivel. Si el riesgo se vuelve certero y finalmente se incumple con la entrega planeada desde un inicio seguramente el nombre de la empresa quedará en entre dicho por los diarios que atienden la noticia, se aumenta el presupuesto debido a los multas que pueden incurrir, los pacientes en espera serán unos involucrados demasiado críticos por su espera y seguramente el

ministerio de salud pensará dos veces en contratar a la multinacional en futuros proyectos.

El impacto del riesgo se puede expresar:

- Mediante una escala cualitativa de alto, medio o bajo, basada en el juicio de gerentes y expertos sobre la magnitud del impacto.
- Con un valor numérico entre 0 y 1 donde 0 es no importante y 1 es catastrófico.
- En términos de lo que tomaría la recuperación de, o la compensación por, los daños sufridos o los resultados insatisfactorios.

### 2.2.7.2 Matriz de probabilidad de Riesgos

Para evaluar la probabilidad y el impacto de los riesgos se usa una matriz como se muestra en la figura 4. Esta se construye usando una fórmula donde se indica que el riesgo es igual a la probabilidad de ocurrencia por el impacto del riesgo si éste ocurre.

IMPACTO		PROBABILIDAD DE OCURRENCIA						
		VALORACIÓN		REMOTO	IMPROBABLE	POSIBLE	PROBABLE	FRECUENTE
		A	B	C	D	E		
	1	1	2	3	4	5		
Crítico	5	Riesgo n		Riesgo n	Riesgo n	n		
Alto	4			n	n	n		
Moderado	3				n	n		
Menor	2				n			
Bajo	1							

Figura 5. Ejemplo Matriz de Probabilidad e impacto

Fuente: Propia (2015).

Un riesgo por ejemplo es contribuido a la mala calidad en los entregables de ingeniería en los proyectos de instalaciones eléctricas de baja tensión puede ser

estimada con baja probabilidad por un contratista que tiene bastante experticia en su campo. Pero puede tener alta probabilidad con un contratista de baja experiencia en este tipo de instalaciones. Entonces la matriz va a ser subjetiva dependiendo de la opinión de diferentes involucrados. Finalmente el director de proyecto con su equipo debe llegar a un acuerdo sobre cuál es la probabilidad y cual el impacto durante la planificación del proyecto.

Los valores tanto de la probabilidad como del impacto pueden ser numéricos o relativos. Por ejemplo tener la probabilidad de 80% y el impacto de 20%. O tener una probabilidad alta y un impacto bajo.

En la figura 4 se muestran 25 combinaciones posibles. Los rangos de probabilidad van de remoto a frecuente y el impacto de bajo a crítico. Cuadros identificados con color rojo muestra calificaciones de riesgo alto, cuadros identificados con color naranja en total 13 muestran calificación de riesgo medio, cuadros identificados con color amarillo en total 5 muestran calificación de riesgo bajo y 1 cuadro identificado con color verde muestra una calificación de riesgo insignificante.(Propia, 2015).

### **2.2.7.3 ¿Qué se obtiene al realizar un análisis cualitativo de riesgos?**

Al realizar un análisis cualitativo de riesgos se obtiene una lista priorizada de los riesgos identificados previamente. El equipo de trabajo del proyecto con esta lista que es más corta entonces tomará acciones para tratarlos y reducir los riesgos. Un registro que se obtiene de este análisis es el registro actualizado de riesgos. Igualmente se obtiene la probabilidad y el impacto de cada riesgo prioritario, y un valor que indica si el riesgo es alto, medio o bajo; esto según como se haya definido en la escala de la matriz de probabilidad e impacto. (Propia, 2016).



### 2.2.8 ¿Qué es un Análisis Cuantitativo de Riesgos?

“El análisis cuantitativo o numérico de riesgos es indagar, mediante algún modelo matemático el efecto de los riesgos y sus interacciones, sobre los objetivos del costo y del cronograma del proyecto” (Buchtik, 2012, p.2450). Se busca entonces luego de plantear una serie de riesgos típicos en los proyectos de instalaciones eléctricas de media y baja tensión realizar un análisis objetivo que no es muy típico en este tipo de proyectos. Generalmente se hacen más análisis subjetivos y a partir de la lista de riesgos que requieren mayor análisis se hace el análisis cuantitativo.

Este análisis puede dar al gerente de proyectos eléctricos una idea de la mejor decisión que debe tomar sobre los riesgos cuando hay incertidumbre. Cuantificar el riesgo significa determinar valores posibles que pueden tomar una variable de riesgo, así como la probabilidad de que ocurra cada uno de esos valores. Las variables pueden ser los costos de los materiales eléctricos, el costo de la instalación de un transformador, la duración del montaje de una red eléctrica, etc.

Las razones para hacer un análisis cuantitativo son:

- Determinar reservas de tiempo y costo.
- Crear objetivos realistas de tiempo, costo y alcance.
- Determinar en qué riesgos concentrarse y cuales influyen más.
- Determinar la probabilidad cuantificada de cumplir con un objetivo.

Al hacer un análisis numérico de riesgos se podría responder a preguntas como:

- ¿Cuánta reserva de tiempo o de costo se debe asignar a los proyectos de redes de distribución – o subestaciones de hasta 10 MVA? por ejemplo.

- ¿En cuáles riesgos de los proyectos de media o baja tensión hay que concentrarse?
- ¿Cuál es la probabilidad de terminar a tiempo los proyectos que tienen asociadas obras civiles para las subestaciones eléctricas?
- ¿Son realistas los objetivos de costo, tiempo y alcance en los proyectos de baja tensión?

Un ejemplo claro de la utilización del análisis numérico se aplica cuando un cliente requiere un 90% o 100% de certeza en las fechas o en el presupuesto, donde no permite excederse ni en el costo ni en el tiempo.

Cuando se termina de hacer el análisis numérico de riesgos se obtiene el registro de riesgos actualizado que incluye:

- Análisis probabilístico del proyecto. Esto es la probabilidad cuantificada de cumplir con el plazo estipulado y el costo establecido.
- Diferentes resultados del proyecto (fechas y costos finales), junto con su probabilidad de lograrlos.
- Los riesgos priorizados según el análisis numérico.
- Tendencias en los resultados del análisis numérico.

#### **2.2.8.1 @Risk.**

Es una herramienta que permite analizar los impactos de los riesgos en los costos y en el cronograma de un proyecto mediante análisis de probabilidad, la simulación de Monte Carlo, entre otros métodos. Existe una barra de tareas para Microsoft Project y otra para Excel. @Risk añade una serie de botones y

posibilidades que permite usar casi 40 distribuciones probabilísticas. Para crear un modelo y simular con *@Risk*, las incertidumbres se modelan como distribuciones de probabilidad. La distribución se puede asignar a todas las tareas, para grupos de ellas o tareas específicas. Diferentes tareas podrían tener distintas distribuciones asignadas. La distribución representará los valores posibles de duración o costo según lo que se vaya a simular. La herramienta muestra gráficamente los resultados de las simulaciones mediante histogramas, gráficos de dispersión, curvas de probabilidad etc. (Buchtik, 2012, p.7332).

#### **2.2.8.2 Ventajas de trabajar con *@RISK*. (Palisade, 2013).**

Trabajar con *@RISK* en el entorno de Microsoft Excel y *Project*® tiene muchas ventajas para los administradores de proyectos.

##### **2.2.8.2.1 Modelación de Riesgos de Calendarios y Costos Integrada.**

Los datos de calendario y costos suelen almacenarse y modelarse en entornos diferentes, lo que hace difícil o imposible evaluar con precisión los impactos de los cambios realizados en uno sobre el otro. Los datos de costos, normalmente modelados en Excel, pueden enlazarse ahora fácilmente mediante fórmulas a la vista en Excel del calendario del proyecto. Se pueden ver los impactos que tienen en el calendario el cambio de costos y viceversa. Es fácil modelar el impacto de riesgos potenciales de cualquier tipo en el resultado final.

##### **2.2.8.2.2 Registro de Riesgo**

Se pueden crear registros de riesgos en Excel y enlazarlos fácilmente a los calendarios de proyectos. Se utilizan las funciones *RiskProject* para añadir retrasos o costos a los modelos de proyectos cuando ocurran los eventos de riesgos.

### **2.2.8.2.3 Estandarización**

Se utiliza @RISK para Excel como estándar para satisfacer las necesidades de los administradores de proyectos, los responsables de estimar costos y los analistas financieros; es decir, de todas las personas que analizan el riesgo en su compañía. Una interfaz para todos ofrece curvas de aprendizaje más cortas para los usuarios.

### **2.2.8.2.4 Mayor Flexibilidad**

El acceso a los gráficos, funciones, fórmulas y otras características de Excel permite a los administradores de proyectos disponer de más opciones de modelación.

### **2.2.8.2.5 Combinación con otras herramientas de DecisionTools.**

Es posible combinar @RISK con otros productos de *DecisionTools Suite*, como optimizadores, para mejorar aún más sus análisis de proyectos. Por ejemplo, se puede aplicar técnicas sofisticadas de optimización para determinar el mejor orden en que deben llevarse a cabo las tareas o fases de un proyecto, o la mejor asignación de recursos limitados para minimizar los costos.

### **2.2.8.2.6 Funciones para administración de proyectos**

Además de las enormes ventajas relacionadas con la flexibilidad que supone el trabajo en Excel, @RISK proporciona muchas otras funciones específicas para los administradores de proyectos, entre ellas las opciones disponibles para el control y la ejecución de simulaciones a partir de los comandos con número ilimitado de iteraciones por simulación, la velocidad de ejecución y los gráficos de alta resolución.

#### **2.2.8.2.7 Funciones de *RiskProject***

@RISK para Excel incluye funciones específicas de proyectos que se pueden incluir en las fórmulas de Excel para realizar cambios en un calendario de proyecto durante una simulación. Resultan de especial utilidad cuando las fórmulas calculadas en Excel, como las de un registro de riesgo, deben enlazarse a la lógica de un calendario de Microsoft Project para modelar los efectos de los eventos de riesgo que ocurren. Este conjunto de funciones *RiskProject* incluye funciones para añadir retrasos o costos en ciertos puntos en un proyecto, eliminar tareas o recursos, añadir recursos o cambiar las unidades utilizadas de un recurso.

#### **2.2.8.2.8 Ramas de Probabilidad**

Permiten que un proyecto se pueda dividir de una tarea en cualquier número de otras tareas durante una simulación. Cada uno de los grupos de tareas en los que se puede dividir tiene un valor de probabilidad.

#### **2.2.8.2.9 Calendarios Probabilísticos**

Permiten introducir probabilidades de no poder trabajar en los calendarios para su uso en una simulación. De esta manera, es posible tener en cuenta eventos que pueden afectar al resultado del proyecto, como las condiciones climáticas durante ciertas estaciones.

#### **2.2.8.2.10 Categorías de Riesgos**

Permiten que las distribuciones se asignen rápidamente a un campo para grupos de tareas o recursos de un proyecto. Se puede aplicar rápidamente un rango de mín-máx a todas las estimaciones de un campo de una serie de tareas del proyecto y luego ejecutar una simulación de resultados del proyecto siguiendo esas presuposiciones.

### **2.2.8.2.11 Tablas de Introducción de Parámetros.**

Para facilitar la introducción de datos se puede crear una tabla en Excel para la introducción de valores posibles para un campo de tarea o recurso. Por ejemplo, puede tener tres columnas en las que escriba los posibles valores mínimo, más probable y máximo de la duración de cada tarea. Las funciones de introducción de parámetros crearán automáticamente estas columnas y generarán las funciones de distribución de @RISK que hacen referencia a los valores introducidos en estas columnas.

### **2.2.8.2.12 Auditoría de Calendario**

Muchos errores u omisiones en el calendario de un proyecto pueden afectar a los resultados de una simulación. La función Auditar Calendario comprueba el calendario de un proyecto para identificar elementos incorrectamente especificados o incompletos que pueden afectar a los resultados de un análisis de riesgo.

## **2.2.8.3 Interpretación de Resultados de Simulación**

### **2.2.8.3.1 Gráficos de Gantt Probabilísticos**

Muestra, de forma predeterminada, la fecha de inicio más temprana, la del percentil 10 (P10) y la esperada, así como la fecha final esperada, del percentil 90 (P90) y última de las tareas de un proyecto directamente en el gráfico de Gantt. Además, el informe ofrece el índice crítico de cada tarea, o el porcentaje de tiempo durante la simulación que la tarea estaba en la ruta crítica del proyecto. El índice crítico proporciona a los administradores la capacidad de valorar la importancia de una tarea. Es posible personalizar la información según sus necesidades.

### **2.2.8.3.2 Gráficos e Informes de Escalas de Tiempo.**

Muchos tipos de datos de escala de tiempo –como los costos, los costos acumulativos y el trabajo– están disponibles en Microsoft Project. @RISK puede obtener estos datos durante una simulación. Con los datos de escala de tiempo @RISK puede generar distribuciones de probabilidad que muestren un rango de posibles valores para cada periodo de tiempo de un proyecto. Por ejemplo, además de una sola distribución del Costo Total posible de un proyecto, tal vez quiera ver la distribución del Costo Total de cada mes o de cada año de un proyecto.

## MARCO METODOLOGICO

A continuación se hace la descripción detallada de la metodología a utilizar en este PFG.

### 3.1 Fuentes de información

“Existe una gran variedad de fuentes que pueden generar ideas de investigación, entre las cuales se encuentran experiencias individuales, materiales escritos (libros, revistas, periódicos y tesis), materiales audiovisuales (Internet en su amplia gama de posibilidades como páginas Web, foros de discusión, entre otros)” (Sampieri, 2003, p.56). Para este PFG las siguientes son las fuentes de información:

#### 3.1.1 Fuentes Primarias

Corresponde a aquella información que se ha desarrollado a través de la experiencia de ingenieros electricistas y que no se ha documentado formalmente en algún escrito. Para obtener la información en este PFG se utilizará el método de la entrevista.

Las fuentes primarias que se utilizan en este PFG y a partir de experiencias de colegas de la Universidad Distrital, Universidad Nacional y Siemens son:

- Gerentes de Proyectos de Instalaciones eléctricas en Colombia.
- Gerentes de Área.
- Jefes de Departamento.
- Ingenieros electricistas del gremio de proyectos en capítulo PMI.



### 3.1.2 Fuentes Secundarias

“Corresponde a la información que ha sido grabada por cualquier medio y está disponible para el investigador. Debido a que los libros no son la única fuente de información, y que además traen el inconveniente de los derechos de autor que protegen celosamente las editoriales, se puede obtener información de las siguientes fuentes” (Lara, 2011, p.93).

El resumen de las fuentes de información que se utilizarán en este proyecto se presenta en el Cuadro 2:

**Cuadro 2. Fuentes de información utilizadas en el proyecto**

**Fuente: Propia (2015).**

Objetivos	Fuentes de información	
	Primarias	Secundarias
1. Realizar estudio de situación sobre la gestión del riesgo en los proyectos de instalaciones eléctrica de media y baja tensión en Colombia.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Gerentes de Proyectos de Instalaciones eléctricas en Colombia.</li> <li>▪ Gerentes de Área.</li> <li>▪ Jefes de Departamento.</li> <li>▪ Ingenieros electricistas del gremio de proyectos en capítulo PMI.</li> <li>▪ Colegas que se desempeñan en el área.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Guía del PMBOK. (PMI, 2013).</li> <li>▪ PMP® Exam Preparation, (Mulcahy, 2013).</li> <li>▪ Director de Proyectos, (Lledó, 2013).</li> <li>▪ Practice Standard for Project Risk Management, (PMI, 2009).</li> <li>▪ NTC – ISO 31000, (Icontec, 2012).</li> <li>▪ Gestión Riesgos Proyectos, (Buchtik, 2013).</li> <li>▪ Palisade 2013.</li> </ul>
2. Proponer una metodología para el análisis cualitativo de riesgo de proyectos típicos de instalaciones eléctricas de media y baja tensión en Colombia con el uso de herramientas como la matriz de probabilidad impacto.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Listado de riesgos. De acuerdo a la información proporcionada de la encuesta donde se listan completamente todos los riesgos identificados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Guía del PMBOK. (PMI, 2013).</li> <li>▪ PMP® Exam Preparation, (Mulcahy, 2013).</li> <li>▪ Director de Proyectos, (Lledó, 2013).</li> <li>▪ Practice Standard for Project Risk Management, (PMI, 2009).</li> <li>▪ NTC – ISO 31000, (Icontec, 2012).</li> <li>▪ Gestión Riesgos Proyectos, (Buchtik, 2013).</li> <li>▪ Palisade 2013.</li> </ul>
3. Proponer una	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Listado de riesgos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Guía del PMBOK. (PMI,</li> </ul>

Objetivos	Fuentes de información	
<p>metodología para el análisis cuantitativo de riesgo de proyectos típicos de instalaciones eléctricas de media y baja tensión en Colombia con el uso de herramientas como el @Risk</p>	<p>priorizado y análisis numérico. Son la fuente de información ejemplo que se toman para realizar una metodología de análisis cuantitativo.</p>	<p>2013).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ PMP® Exam Preparation, (Mulcahy, 2013).</li> <li>▪ Director de Proyectos, (Lledó, 2013).</li> <li>▪ Practice Standard for Project Risk Management, (PMI, 2009).</li> <li>▪ NTC – ISO 31000, (Icontec, 2012).</li> <li>▪ Gestión Riesgos Proyectos, (Buchtik, 2013).</li> </ul> <p>Palisade 2013.</p>
<p>4. (Desarrollar una guía para el uso de @Risk en el análisis cuantitativo de riesgos para proyectos eléctricos de media y baja tensión</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Manual usuario @Risk.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Guía del PMBOK. (PMI, 2013).</li> <li>▪ PMP® Exam Preparation, (Mulcahy, 2013).</li> <li>▪ Director de Proyectos, (Lledó, 2013).</li> <li>▪ Practice Standard for Project Risk Management, (PMI, 2009).</li> <li>▪ NTC – ISO 31000, (Icontec, 2012).</li> <li>▪ Gestión Riesgos Proyectos, (Buchtik, 2013).</li> </ul> <p>Palisade 2013.</p>

### 3.2 Métodos de Investigación

Para el desarrollo del método debe presentarse un bosquejo de la manera en que se propone llevar a cabo la investigación. Cuanto más complejo sea el bosquejo más fácil se desarrollará el proceso de investigación.

Desde el punto de vista de la investigación, el método es el camino para llegar al conocimiento. Se puede definir la metodología como estudio del método. En consecuencia de estos conceptos se puede decir que: “el término método se utiliza para el procedimiento que se emplea para alcanzar los objetivos de un proyecto y la metodología es el estudio del método” (Lara, 2011, p.59).

#### 3.2.1 Método analítico

Este método es un proceso cognoscitivo, que consiste en descomponer un objeto de estudio separando cada una de las partes del todo para estudiarlas en forma individual (Lara, 2011, p.60).

### **3.2.2 Método sintético**

El método consiste en integrar los componentes dispersos de un objeto de estudio para estudiarlos en su totalidad (Lara, 2011, p.60).

### **3.2.3 Método inductivo-deductivo**

Este es el método de inferencia basado en la lógica y relacionado con el estudio de hechos particulares, aunque es deductivo en un sentido (parte de lo general a lo particular) es inductivo en sentido contrario (va de lo particular a lo general). (Lara, 2011, p.60).

### **3.2.4 Métodos particulares y específicos**

#### **3.2.4.1 Método experimental:**

Consiste en la manipulación de una o más variables experimentales no comprobadas, en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de describir de qué modo o por qué causa se produce una situación o acontecimiento particular (Lara, 2011, p.62).

#### **3.2.4.2 Método estadístico:**

Se utiliza para recopilar, elaborar e interpretar datos numéricos por medio de la búsqueda de los mismos, y de su posterior organización, análisis e interpretación. La utilidad de este método se concentra en el cálculo del muestreo y en la interpretación de los datos recopilados. (Lara, 2011, p.62).

### 3.2.4.3 Método de observación:

Consiste en mirar detenidamente el objeto de estudio, para asimilar en detalle la naturaleza investigada, su conjunto de datos, hechos y fenómenos. (Lara, 2011, p.57).

- **Observación directa:** Consiste en interrelaciones de manera directa con el medio y con la gente que lo forman para realizar los estudios de campo.
- **Observación indirecta:** Consiste en tomar nota de un hecho que sucede ante los ojos de un observador entrenado, midiendo el comportamiento externo del individuo en sociedad.
- **Observación por entrevista:** Intercambio conversacional en forma oral, entre dos personas, con la finalidad de obtener información, datos o hechos. El método de la entrevista puede ser informal, estructurado o no estructurado.
- **Observación por encuesta (método de encuesta):** Somete a un grupo de individuos a un interrogatorio, invitándoles a contestar una serie de preguntas que se encuentran estructuradas en un cuestionario escrito y previamente preparado.

En el cuadro N° 3 se puede apreciar los métodos de investigación que se van a emplear para el desarrollo de los objetivos definidos para este proyecto.

Para realizar el análisis cualitativo de este PFG se hizo necesario utilizar los resultados de la encuesta y también de la experiencia propia de los proyectos propios para realizar dicha ponderación.

Para realizar el análisis cuantitativo se adquirió una licencia académica del proveedor del software llamado Palisade®, luego se estudió el manejo del

software y a partir de allí creo ejemplos explicativos enfocados en las instalaciones eléctricas objetivo final de este PFG.

### Cuadro 3. Métodos de Investigación utilizados para el desarrollo del proyecto

**Fuente: Propia (2015).**

Objetivos	Métodos de Investigación		
	Analítico-Sintético	Inductivo-Deductivo	Particulares y Específicos
1. Realizar estudio de situación sobre la gestión del riesgo en los proyectos de instalaciones eléctrica de media y baja tensión en Colombia.	Al descomponer la situación sobre la gestión del riesgo en los proyectos eléctricos en Colombia y posterior presentar una síntesis en un diagnóstico.	A través de la investigación del material bibliográfico disponible. Se deduce de ella los riesgos más importantes que se pueden cuantificar.	Entrevistas a varios gerentes de proyectos según alcance.
2. Proponer una metodología para el análisis cualitativo de riesgo de proyectos típicos de instalaciones eléctricas de media y baja tensión en Colombia con el uso de herramientas como la matriz de probabilidad impacto.		A través de la investigación del material bibliográfico disponible y del desarrollo del objetivo número uno se realiza la metodología requerida-	
3. Proponer una metodología para el análisis cuantitativo de riesgo de proyectos típicos de instalaciones eléctricas de media y baja tensión en Colombia con el uso de herramientas como el @Risk		A través de la investigación del material bibliográfico disponible y del desarrollo del objetivo número uno se realiza la metodología requerida-	
4. Desarrollar una guía para el uso de @Risk en el análisis cuantitativo de riesgos para proyectos eléctricos de media y baja tensión		A través de la investigación del manejo de la herramienta y su aplicación exclusiva a riesgos del ámbito de instalaciones eléctricas.	

### **3.3 Herramientas.**

“Son elementos tangibles que se utilizan durante la ejecución de una actividad para producir un producto o resultado”. (PMI, 2013, p.548).

Las herramientas que se utilizan en este PFG son:

#### **3.3.1 Juicio de expertos**

“Un juicio que se brinda sobre la base de la experiencia de un área de aplicación, área de conocimiento, disciplina, industria, entre otras, según resulte apropiado para la actividad que se está ejecutando. Dicha experiencia puede ser proporcionada por cualquier grupo o persona con una educación, conocimiento, habilidad, experiencia o capacitación especializada”. (PMI, 2013, p.551).

#### **3.3.2 Plantillas**

“Documento parcialmente completo en un formato preestablecido, que proporciona una estructura definida para recopilar, organizar y presentar información y datos”. (PMI, 2013, p.556).

#### **3.3.3 Tecnología de la Comunicación.**

“Herramientas, sistemas, programas informáticos específicos, etc., utilizados para transferir información entre los interesados del proyecto”. (PMI, 2013, p.566).

#### **3.3.4 Entrevistas**

“Una manera formal o informal de obtener información de los interesados, a través de un diálogo directo con ellos”. (PMI, 2013, p.541).

#### **3.3.5 Estudios Comparativos**

“Los estudios comparativos cotejan las prácticas reales o planificadas, tales como procesos y operaciones, con las prácticas de organizaciones comparables a fin de identificar las mejores prácticas, generar ideas para mejorar y proporcionar una base para medir el desempeño”. (PMI, 2013, p.541).

### **3.3.6 Técnicas Analíticas**

“Diversas técnicas utilizadas para evaluar, analizar o pronosticar resultados potenciales en base a posibles modificaciones de variables del proyecto o variables ambientales y sus relaciones con otras variables”. (PMI, 2013, p.566).

### **3.3.7 Descomposición**

“Una técnica utilizada para dividir y subdividir el alcance del proyecto y los entregables del proyecto en partes más pequeñas y manejables”. (PMI, 2013, p.538).

### **3.3.8 Estimación Análoga**

“Es una técnica para estimar la duración o el costo de una actividad o de un proyecto mediante la utilización de datos históricos de una actividad o proyecto similar”. (PMI, 2013, p.542).

### **3.3.9 Estimación Paramétrica**

“Es una técnica de estimación en la que se utiliza un algoritmo para calcular el costo o la duración sobre la base de los datos históricos y los parámetros del proyecto. Utiliza una relación estadística entre datos históricos y otras variables”. (PMI, 2013, p.543).

### **3.3.10 Estimación por tres valores**

“Técnica utilizada para estimar el costo o la duración mediante la aplicación de un promedio de estimaciones optimistas, pesimistas y más probables, generalmente usado cuando existe incertidumbre con las estimaciones de las actividades individuales”. (PMI, 2013, p.543).

En el cuadro N° 4 se definen las herramientas a utilizar para cada objetivo propuesto.



### **3.4 Entregables**

Un entregable es cualquier producto, resultado o capacidad de prestar un servicio único y verificable que debe producirse para terminar un proceso, una fase o un proyecto (PMI, 2013, p.541). En el cuadro No. 3 se muestran los entregables de acuerdo a cada objetivo planteado.

### **3.5 Supuestos y Restricciones**

Un supuesto es un factor del proceso de planificación que se considera verdadero, real o cierto, sin prueba ni demostración (PMI, 2013, p.565).

Una restricción es un factor limitante que afecta la ejecución del proyecto, programa, portafolio o proceso (PMI, 2013, p.562)

En el cuadro No. 4 se muestran los supuestos y restricciones de acuerdo a cada objetivo planteado.

### Cuadro 4. Marco metodológico del proyecto

Fuente: Propia (2016)

Objetivos específicos	Herramientas	Supuestos	Restricciones	Entregables
<p>1. Realizar estudio de situación sobre la gestión del riesgo en los proyectos de instalaciones eléctricas de media y baja tensión en Colombia.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Entrevistas</li> <li>○ Estudios Comparativos</li> <li>○ Análisis de Documentos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Los expertos en proyectos de instalaciones eléctricas cuentan con la experiencia necesaria para evaluar el problema y exponer los riesgos típicos que se muestran en instalaciones eléctricas.</li> <li>- Se cuenta con bases de datos de riesgos reales ocurridos en proyectos de instalaciones de media y baja tensión.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Se cuenta con 28 días para realizar este objetivo.</li> <li>▪ El proyecto se ajusta a la legislación colombiana sobre instalaciones eléctricas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Diagnóstico de la situación.</li> </ul>

<p>2. Proponer una metodología para el análisis cualitativo de riesgo de proyectos típicos de instalaciones eléctricas de media y baja tensión en Colombia con el uso de herramientas como la matriz de probabilidad impacto.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Técnicas Analíticas</li> <li>▪ Juicio de Expertos</li> <li>▪ Revisiones a la documentación</li> <li>▪ Análisis FODA</li> <li>▪ Evaluación de probabilidad e impacto de los riesgos.</li> <li>▪ Técnicas de recopilación y representación de datos.</li> <li>▪ Técnicas de análisis cualitativo de riesgos y de modelado.</li> <li>▪ Estrategias para riesgos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Se cuenta con un listado filtrado de los riesgos más característicos o importantes de los proyectos de instalaciones eléctricas en Colombia.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Se cuenta con 19 días para cumplir este objetivo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Metodología de análisis cualitativo de riesgo.</li> </ul>
<p>3. Proponer una metodología para el análisis cuantitativo de riesgo de proyectos típicos de instalaciones eléctricas de media y baja tensión en Colombia con el uso de herramientas como el @Risk</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Técnicas Analíticas</li> <li>▪ Juicio de Expertos</li> <li>▪ Revisiones a la documentación</li> <li>▪ Análisis FODA</li> <li>▪ Evaluación de probabilidad e impacto de los riesgos.</li> <li>▪ Técnicas de recopilación y representación de datos.</li> <li>▪ Técnicas de análisis cuantitativo de riesgos y de modelado.</li> <li>▪ Estrategias para riesgos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ El software @Risk cumple con todos los requisitos para hacer un análisis cuantitativo de riesgos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Se cuenta con 19 días para cumplir este objetivo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Metodología de análisis cuantitativo de riesgo.</li> </ul>
<p>4. Desarrollar una guía para el uso de @Risk en el análisis cuantitativo de riesgos para proyectos eléctricos de media y baja tensión</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Programas de cómputo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Se cuenta con manuales de usuario de @Risk</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Se cuenta con 56 días para cumplir este objetivo.</li> <li>▪ El costo máximo de la herramienta para estudiantes es de U\$ 50.</li> <li>▪ El autor aprenderá por su propia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Guía práctica Análisis cuantitativo de riesgos.</li> </ul>

			cuenta el manejo detallado de la herramienta para hacer análisis cuantitativo de riesgos.	
--	--	--	---	--

## DESARROLLO

En este capítulo del PFG se desarrolló el paso a paso para realizar una gestión de riesgos para cualquier proyecto con una metodología propuesta por las buenas prácticas del PMI. Esta metodología puede ser tomada por el lector para desarrollar la gestión de riesgos en cualquier proyecto de ingeniería. Se hace énfasis en los proyectos de índole eléctrico pero todo basado en las buenas prácticas de PMI.

Antes de comenzar a elevar una estructura de un edificio se requiere poner a trabajar a un grupo interdisciplinario de profesionales para establecer los requerimientos del cliente en cuanto al edificio. Su estructura física para sostener el peso de las personas y equipos, sus acabados arquitectónicos, sus instalaciones civiles para el agua potable y aguas negras, así mismo sus instalaciones eléctricas para alimentar las cargas que los usuarios finales van a utilizar. La idea es planificar desde el requerimiento más mínimo como un tomacorriente o una luminaria hasta la subestación principal que toma corriente eléctrica de la empresa operadora local. Entonces desde la creación de la misma acta de constitución del proyecto se debe dar inicio a la planificación de riesgos que conlleva la instalación eléctrica de dicha vivienda. Allí se mencionan de forma general los grandes riesgos estimados por el director de proyecto asignado. Quizá el director general del proyecto sea un ingeniero civil o un arquitecto; pero este a su vez delega en directores secundarios de proyecto de cada especialidad la labor de crear riesgos macro para ir desglosándolos a medida que se clarifica los requerimientos del proyecto.

El tema de planificación de riesgos en realidad es nuevo para muchos de los ingenieros electricistas que manejan proyectos en Colombia. Se aconseja entonces antes de empezar a realizar un plan tener una capacitación efectiva del tema. No se debe enfocar la gestión de riesgos solo a una plantilla y su desarrollo

a través del proyecto. Identificar riesgos y analizarlos no es tarea fácil pero si ayuda muchísimo a lograr el éxito del proyecto.

#### **4.1 Planificación de Gestión de Riesgos en proyectos eléctricos (Buchtik, 2012).**

El objetivo de planificar la gestión de riesgos es crear el plan de gestión de riesgos del proyecto el cual cuenta típicamente con el contenido que indica en el cuadro No. 5.

#### **Cuadro 5. Principales elementos de un plan de gestión de riesgo**

**Fuente: Buchtik (2012).**

<b>PLAN DE GESTION DE RIESGOS</b>
Procesos y herramientas de Gestión
Roles y responsabilidades
Presupuesto y reservas para los riesgos
Momento y periodicidad de la gestión
Categorías de riesgo de la gestión
Dependencia del proyecto
Matriz de probabilidad e impacto
Probabilidad, impacto y escala
Tolerancias de los interesados
Plantillas e informes
Seguimiento, auditoría y métricas.

##### **4.1.1 Procesos y herramientas de Gestión.**

Depende del tipo de proyecto y de la experiencia de los involucrados elegir el proceso y la herramienta de gestión. Personalmente y basado en las conversaciones con los participantes de la encuesta todo se basa en juicio de expertos que hayan participado previamente en proyectos similares. Por ejemplo en proyectos de media tensión donde el producto final es una subestación compuesta por equipos que transforman energía eléctrica en energía mecánica

para mover motores que bombean crudo de una plataforma petrolera, la metodología más simple consiste en evaluar los riesgos de una manera cualitativa para entender las condiciones que afectan los ítems de cada riesgo. En el numeral 4.2 se muestran los resultados de la encuesta y más adelante se listan los riesgos que provienen del ejercicio en particular.

#### **4.1.2 Roles y responsabilidades**

Generalmente el director eléctrico de cada proyecto es el responsable de gestionar los riesgos y de crear el plan de gestión. El éxito del proyecto puede ser concebido desde la misma oferta comercial. El director de la oferta comercial fácilmente puede convocar en la mesa de reuniones a directores de obra con la experiencia del caso para que se anoten los diferentes riesgos asociados con lecciones aprendidas de proyectos pasados.

Como ejemplo específico por ejemplo para un proyecto de diseño construcción de una subestación de 15 kV para facilidades del sector petrolero se estructuraron los siguientes roles y responsabilidades.

Director del Proyecto: Ingeniero Electricista Jimmy Mariño.

Director de Riesgos: Ingeniera Industrial Diana Mejía.

Diana es la persona encargada de crear el plan de gestión de riesgos. Debe mantener actualizado el registro de riesgos y convocará a las reuniones de evaluación de estado de riesgos.

Para identificar los riesgos tanto Jimmy como Diana convocarán al personal involucrado desde la oferta comercial, pasando por el jefe de diseño eléctrico, el personal encargado de las compras, la fábrica de ensamble, el patrocinador que en este caso es el jefe de la división interna de Siemens llamada Distribución en media tensión, el cliente o su representante.

El análisis del riesgo y su respectiva planificación lo realiza el equipo de gerentes dentro del proyecto junto con Diana y Jimmy. Se deben consultar a los expertos y a otros interesados según sea el tema de riesgo. Todo el personal será parte del control de riesgo.

Para proyectos más pequeños del sector eléctrico generalmente el mismo director de proyecto es el mismo director de riesgos. Lo más importante es tener conciencia de la metodología que dicta el PMBok antes de iniciar con la planificación de riesgos de cualquier proyecto.

#### **4.1.3 Presupuesto y reservas para los riesgos**

Desde el momento en que se estructura una oferta comercial se debe tener previsto el presupuesto y la reserva para realizar una gestión de riesgos adecuada. Solo la experiencia en realidad hace al maestro. Entre más proyectos encima tenga el personal que labora en una empresa, mejor se conocen los problemas que se tuvieron en cierta categoría de proyectos.

Por ejemplo proyectos eléctricos que solo conllevan el suministro de transformadores o de motores sin necesidad de tener en el alcance del proyecto la respectiva instalación requerirá de un monto menor para los riesgos. En realidad es casi nulo dicho presupuesto. En lugar de ello se manejan costos asociados al transporte y se asegura que el valor del dólar esté en una franja que no afecte los costos directos de dicho suministro.

Un proyecto grande por ejemplo el diseño y construcción de una subestación tipo patio debe tener influencia de obras civiles, arquitectónicas y mecánicas asociadas a la parte eléctrica. Entonces cada especialidad debe tener identificados sus riesgos y así mismo el rubro de reserva para los riesgos asociados.

Un ejemplo típico es el análisis de distancias de seguridad que se deben dejar entre los equipos eléctricos y los muros de cada espacio arquitectónico. Si no hay un acuerdo previo de dichas distancias entonces existe el riesgo de tener que demoler alguna pared para evitar accidentes futuros.



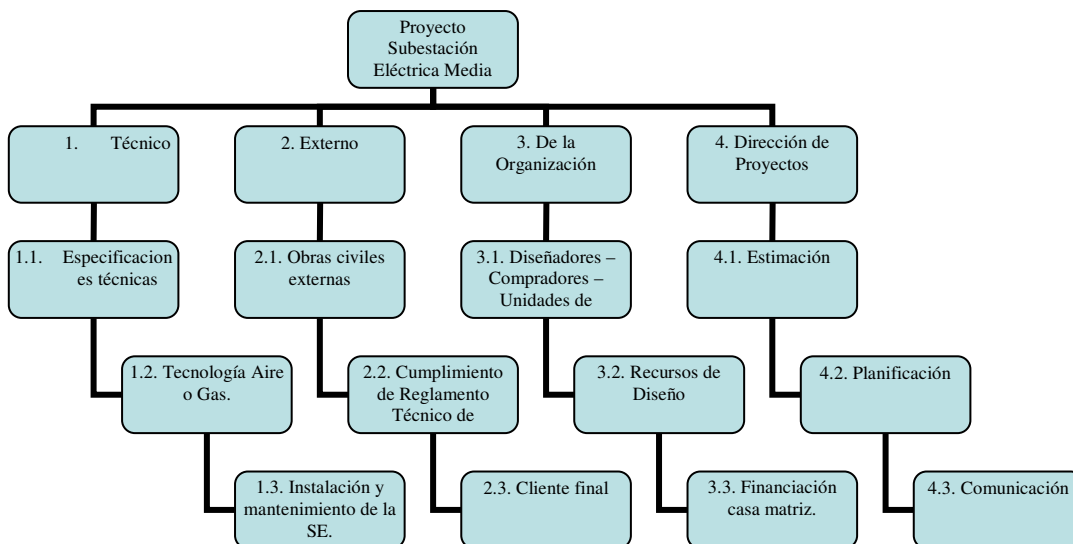
#### 4.1.4 Momento y periodicidad de la gestión

El cronograma del proyecto debe tener las actividades propias de la gestión de riesgos. En la fase inicial del proyecto es importante tocar el tema de riesgos en cada reunión. Los riesgos se identifican y gestionan por primera vez durante la iniciación. Se van actualizando o incorporando constantemente conforme se desenvuelve el proyecto. El director del proyecto y el equipo revisan lo que ha sucedido en el proyecto, el estado actual del mismo y lo que todavía debe realizarse, y reevalúan las potenciales amenazas y oportunidades.

#### 4.1.5 Categorías de riesgo de la gestión

Aquí se documenta si se va a utilizar una estructura de desglose de riesgos determinada para que facilite la identificación de riesgos. Por ejemplo se utilizará la estructura de desglose de riesgos creada en el proyecto eléctrico de una red de distribución rural aérea como base para identificar distintos tipos de riesgo.

Por favor ver la figura No. 6 donde se muestra este ejemplo.



**Figura 6. Ejemplo Estructura Desglose de Riesgos proyecto subestación eléctrica**

**Fuente: Propia (2016)**

#### 4.1.6 Dependencia del proyecto

Aquí se describen las dependencias que tiene el proyecto con respecto a otros. Pueden ser entes internos o externos. Internos por ejemplo cuando en una subestación eléctrica de media tensión se requiere de los servicios internos de la compañía para el suministro de relés o de sistemas de control de las celdas de media tensión. Igualmente si se requiere de grupos internos de trabajo expertos en el montaje de las celdas que son muy especializadas. Entes externos pueden ser los contratistas del área civil que realizan las facilidades de cuartos técnicos para alojar las celdas y equipos que controlan la energía eléctrica en la subestación.

#### 4.1.7 Probabilidad, impacto y escala

El cuadro No. 6 es un ejemplo de definiciones de escalas de impacto para seis objetivos de un proyecto típico de ingeniería eléctrica.

#### Cuadro 6. Ejemplo Impactos en la ocurrencia del riesgo en proyecto eléctrico

Fuente: Propia (2016)

IMPACTOS EN LA OCURRENCIA DEL RIESGO					
Objetivo del proyecto	Bajo (1)	Moderado (2)	Intermedio (5)	Alto (10)	Crítico (20)
Salud de Personas (S)	Lesiones menores	Restricciones para trabajar	Incapacidades temporales	Incapacidades permanentes	Fatalidades
Medio Ambiente (M)	Efecto confinado		Daño severo de corto plazo		Daño severo y prolongado
Activos Operacionales (A)	Daños menores	Parada de equipos de hasta 1 día	Parada de 1 día - 1 semana	Parada de 1 semana - 1 mes	Parada de un equipo > 1 mes
Imagen (I)	Local	Municipal	Departamental	País	Internacional
Financieros (F)	< 1000 KUS\$	1000 - 10.000 KUS\$	10.000 - 100.000 KUS\$	100.000 KUS\$ - 1 MUS\$	> 1 MUS\$
Retrasos en la ejecución (R)	< 1 día	1 día - 1 semana	1 semana - 1 mes	1 mes - 6 meses	> 6 meses

Siempre estos impactos deben adaptarse al proyecto individual y a los umbrales de riesgo de la organización durante el proceso de planificación de Gestión de los riesgos.

#### 4.1.7 Tolerancia de los interesados

Por ejemplo la casa matriz de Siemens no desea que un proyecto mal manejado implique el riesgo de dañar la imagen de la compañía. El Director de proyecto no desea tampoco que surjan cambios que afecten el alcance original. Los diseñadores de planos eléctricos no desean que sus diseños sean afectados por

cambios continuos en los planos civiles o arquitectónicos. El cliente finalmente puede ser tolerante a los riesgos dependiendo lograr su objetivo final.

#### **4.1.8 Plantillas e informes**

En la planificación se deben establecer los formatos que se deben seguir durante todo el proyecto. Por experiencia en proyectos del sector eléctrico es necesario contar con la plantilla de plan de gestión, definición del impacto del riesgo, plantilla de reporte de riesgos, herramientas de definición de riesgos, lista de riesgos identificados. Matriz de riesgos, hoja de información del riesgo y plantilla de registro de riesgos para el análisis cualitativo.

#### **4.1.8 Seguimiento, auditoría y métricas.**

Aquí se documentan cómo se van a controlar los riesgos durante el proyecto, y cómo y cuándo se auditarán. Por ejemplo en las reuniones semanales de avance del proyecto se puede dedicar media hora al tema de gestión de riesgos. Donde cada responsable comenta el estatus de avance de dicha planificación y así mismo todos los involucrados identifican y analizan posibles nuevos riesgos.

#### **4.2 Identificación de los Riesgos en Proyectos Eléctricos**

Para desarrollar este objetivo se inició clasificando las fuentes de información de acuerdo al alcance general de los proyectos de Media y Baja Tensión. Las fuentes de información se basan en entrevistas y encuestas a ingenieros electricistas que trabajan con proyectos de instalaciones eléctricas en Colombia. Luego se hace un listado general de los riesgos identificados según las fuentes de información consultadas. Por último se presenta una descripción más detallada de las estructuras de ejecución de los proyectos eléctricos y el riesgo asociado. Este riesgo se toma simplemente de los resultados de la encuesta y del punto de vista del autor.

Con el fin de conocer la situación sobre la gestión de riesgo en proyectos eléctricos se realizó una encuesta con las siguientes preguntas:

- ¿Usted o su compañía realiza planes de gestión de riesgo para los proyectos?
- ¿Cuáles son los riesgos más significativos que usted considera se deben tratar para que no se vuelvan un problema real?
- ¿Qué herramientas utiliza para realizar análisis de riesgos?
- ¿Cómo considera que una buena gestión de riesgos puede ayudar a mejorar la utilidad y el beneficio de su compañía?

Se hizo la encuesta a colegas de estudio de la Carrera de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Nacional y que actualmente trabajan de una u otra forma con instalaciones eléctricas en Colombia. Cabe mencionar que se les envió un título claro de la encuesta que dice “Encuesta Determinación Riesgos en Proyectos del Sector Eléctrico”.

El perfil de las personas que contestaron la encuesta se puede indicar así:

Ing. Manuel Moreno. Ingeniero Electricista profesor Instalaciones Eléctricas baja tensión por más de 25 años. Ingeniero Experto en redes de media Tensión.

Ing. Jair Jojoa. Ingeniero Electricista. Ingeniero de confiabilidad de pozos petroleros instalaciones media y baja tensión por más de 5 años.

Ing. Héctor Graffe. Ingeniero Electricista. Director de mantenimiento redes de media y alta tensión. Empresa de Energía de Bogotá. 10 años de experiencia.

Ing. Ferney Maldonado. Ingeniero Electricista. Gerente de proyectos de media y baja tensión. GC Ingeniería Eléctrica S.A.S. 10 años de experiencia.

Ing. Germán Gonzalez. Ingeniero Electricista. PMO de Siemens. Proyectos de Media y Alta Tensión. 20 años de experiencia.

Ing. Javier Espinosa. Ingeniero Electricista. Director de Proyectos de Media y Baja Tensión. Siemens. 10 años de experiencia.

Ing. Roberto Pérez. Ingeniero Electricista. Jefe mantenimiento instalaciones uso final Centro comercial. 12 años de experiencia.

Ing. Juan Carlos Osorio. Ingeniero Electricista. Ingeniero de diseño de redes eléctricas. CCE Contracting and Consulting Engineering. 20 años de experiencia.

Ing. Orlando Páez. Ingeniero Electricista. Director Técnico Calidad de Energía. Experiencia en planificación de redes de distribución de energía. 25 años de experiencia.

Ing. Francisco Vargas. Ingeniero en Distribución y redes. Ingeniero inspector de instalaciones eléctricas. 3 años de experiencia.

Ing. Juan Maldonado. Ingeniero eléctrico. Ingeniero con experiencia en montajes eléctricos. 15 años de experiencia.

Ing. Duvan Giraldo. Ingeniero Electricista. Ingeniero con experiencia en diseño y montaje de instalaciones eléctricas de media y baja tensión. 20 años de experiencia.

Ing. Héctor Montoya. Ingeniero electricista. Ingeniero con experiencia en montaje y en sistemas de gestión de calidad dirigida a empresas del sector eléctrico. 15 años de experiencia.

Ing. Juan Manuel Ramos. Ingeniero electricista. Gerente de empresa de servicios de calidad de energía y consultoría energética. 13 años de experiencia.

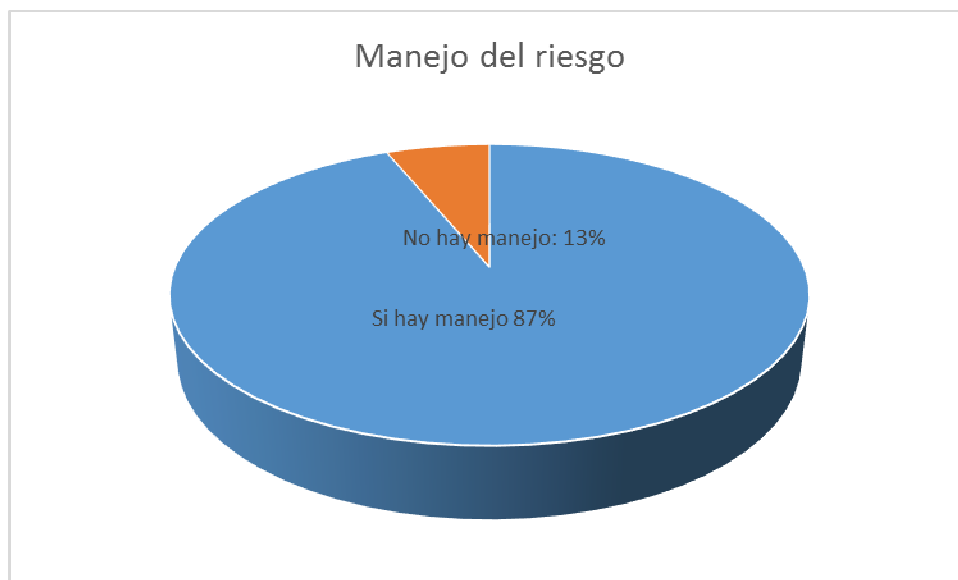
Ing. Diana Acevedo. Ingeniera en Distribución y redes. Experiencia en alumbrado público. 3 años de experiencia.

#### 4.2.1 Resultado de la Encuesta

Quince fueron los ingenieros o empresas que accedieron a responder la encuesta así:

- ¿Usted o su compañía realiza planes de gestión de riesgo para los proyectos?

Con un porcentaje 87% de respuestas afirmativas pero con un enfoque al tema de riesgos directos eléctricos que pueden afectar la preservación de la vida humana y el medio ambiente. Solo dos empresas contestaron sinceramente que no se lleva una metodología de riesgos para proyectos.



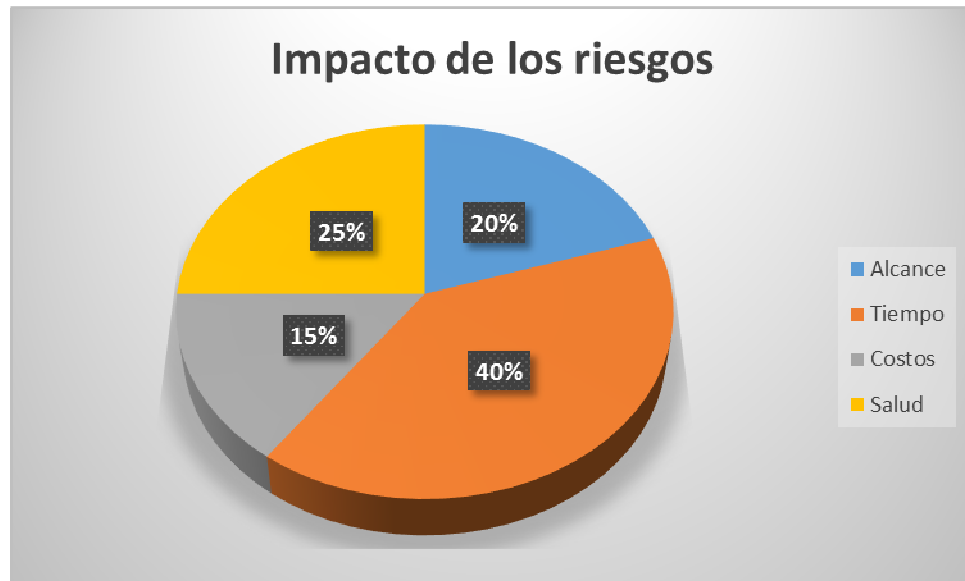
**Figura 7. Porcentaje de encuestados que si tienen manejo de riesgos en proyectos eléctricos**

**Fuente: Propia (2015).**

- ¿Cuáles son los riesgos más significativos que usted considera se deben tratar para que no se vuelvan un problema real?
  - Riesgo para el ser humano: Ausencia de electricidad

- Riesgo para el ser humano: Tensiones de paso y de contacto.
- Riesgo para el ser humano: Contacto directo
- Riesgo para el ser humano: Contacto indirecto
- Riesgo para el ser humano: Descargas atmosféricas
- Riesgo asociado al costo: Financiamiento
- Riesgo asociado a calidad: Competencias del personal
- Riesgo asociado al alcance: No estimar bien el alcance real del proyecto debido a presiones de tiempo para la realización y entrega de las ofertas comerciales a los clientes.
- Riesgo asociado a la calidad: No realizar bien los estimativos de alcance según las especificaciones del proyecto.
- Riesgo asociado al cronograma: No estimar bien las horas hombre de ingeniería según alcance del proyecto.
- Riesgo asociado al cronograma: No estimar bien las horas hombre de personal de puesta en marcha.
- Riesgo asociado al cronograma: No estimar bien la fecha de entrega del proyecto.
- Riesgo asociado al cronograma: No especificar al cliente las fechas de inicio y fin de la garantía de los equipos eléctricos.
- Riesgo asociado al costo: No estimar bien los costos de obras civiles asociadas a las instalaciones eléctricas.
- Riesgo asociado al cronograma: Atrasos en la ejecución de obra civil y estructural.
- Riesgo asociado al cronograma: Atrasos en la ejecución de servicios subcontratados.
- Riesgo asociado al cronograma: Demora en la entrega de materiales.
- Riesgo asociado al costo: Falta de recursos financieros para la compra de materiales especiales (pago de contado).
- Riesgo asociado al cronograma: Importación de Equipos.
- Riesgo asociado a la calidad: Baja calidad en los materiales solicitados.

- Riesgo asociado a la calidad: Baja calidad en los trabajos realizados por subcontratistas.

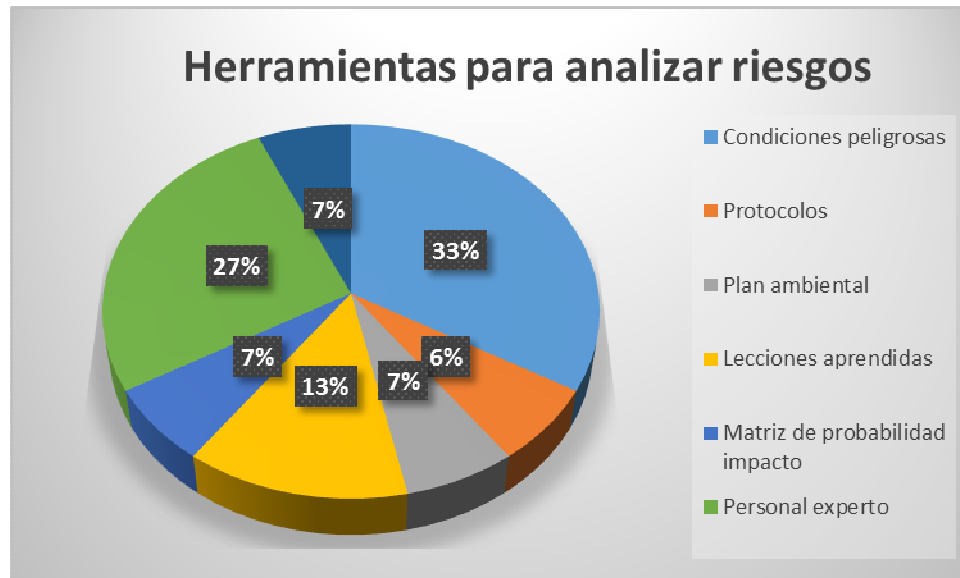


**Figura 8. Porcentaje de impacto de los riesgos en proyectos eléctrico**

**Fuente: Propia (2015).**

- ¿Qué herramientas utiliza para realizar análisis de riesgos?
  - Analizar condiciones peligrosas de acuerdo a la instalación eléctrica que se va a realizar. Si el trabajo es en línea viva o desenergizada.
  - Protocolo de instalación y maniobras debidamente analizado y validado.
  - Planes de gestión impacto ambiental.
  - Lecciones aprendidas de anteriores proyectos.
  - Matriz de probabilidad e impacto
  - Juicio de personal experto en la compañía.
  - Espinas de pescado.





**Figura 9. Herramientas que utilizan los gerentes de proyectos para analizar riesgos**

**Fuente: Propia (2015).**

- ¿Cómo considera que una buena gestión de riesgos puede ayudar a mejorar la utilidad y el beneficio de su compañía?
  - Cuando se pueda demostrar la minimización de accidentes y se coloquen metas de porcentajes de accidentalidad, es decir, llegar al 0,001 % o cualquier porcentaje cercano a cero accidentes.
  - Disminución de accidentes del personal incrementan las horas hombre para la producción.
  - Aplicándola antes de ejecutar los proyectos.
  - Al existir una gestión adecuada de riesgos se minimiza la probabilidad de ocurrencia y el personal involucrado en el proyecto está ejecutando a tiempo las obras.
  - Cuando se definen y analizan los riesgos que pueden amenazar el tiempo de entrega, calidad y presupuesto de los proyectos, se podría considerar la ejecución o no de un proyecto, si se pueden controlar o

disminuir los impactos de los riesgos y la toma de decisiones acertadas frente a medidas preventivas, sistemas de control y costear una acción correctiva.

#### **4.2.2. Interpretación de la Encuesta**

Según la figura No.7 vemos que los directores de proyecto estiman los riesgos que pueden afectar la vida humana adicional al criterio establecido por el PMBok. Todos los gerentes tienen en mente cumplir con la reglamentación actual RETIE respecto al cuidado de la vida humana, animal y vegetal. Personalmente considero que el recurso humano tiene que ver con los parámetros de calidad que debe cumplir un proyecto de instalaciones eléctricas. Si todos los materiales, herramientas, equipos y elementos de protección personal se eligen de acuerdo a cada labor adicionando una buena capacitación en cada tipo de labores los gerentes de proyecto pueden estar tranquilos de que se está haciendo una obra muy bien y con minimización de riesgos.

La figura 8 muestra una vez más la tendencia de adaptación al riesgo enfocado a la vida humana. Colombia es un país que apenas inicia su aprendizaje en metodologías de manejo de proyectos basado en estándares internacionales y eso mismo se ve reflejado en estas encuestas.

Luego de filtrar los resultados de la encuesta se procede a realizar un listado general de los riesgos que tienen que ver con proyectos de instalaciones eléctricas. En este listado no se pretende analizar ningún riesgo aún, solamente en una línea se identifican como tal. Por favor ver Cuadro No. 7. La descripción más detallada se expone a continuación mediante la explicación de cada riesgo.

## Cuadro 7. Listado de riesgos principales resultado interpretación encuesta

Fuente: Propia (2015).

REGISTRO DE RIESGOS PROYECTOS ELECTRICOS - indicando objetivo afectado		
No.	Evento o condición de Riesgo	Objetivo afectado
1	Si se presentan accidentes de los contratistas de la obra se pueden incurrir en costos no estimados para el proyecto.	Costos
2	Si no se controlan las actividades no planeadas se puede generar un retrasos en la entrega del proyecto	Tiempo
3	Si no se controlan las actividades no planeadas se puede generar un sobrecosto en el proyecto	Costos
4	Si no hay control sobre las restricciones durante el proyecto se pueden generar sobrecostos o afectar el cronograma del proyecto	Tiempo y costos
5	Si existe una baja calidad de ingeniería básica se puede incurrir en sobrecostos por falta de definición de equipos, retraso en cronograma por ausencia de requisitos claros a los involucrados y fallas en el alcance por no cumplir los requisitos del contrato.	Alcance, tiempo y costos.
6	Si hay una baja capacidad de atención al cliente, se pueden perder muchos contratos futuros.	Imagen
7	Si se presenta una baja experiencia en el área del personal de montaje y cableado se pueden incurrir en sobrecostos y retraso en el cronograma	Tiempo y costos
8	Si se presentan barreras en el lenguaje ya sea escrito o hablado en la ejecución del proyecto se pueden presentar malentendidos que pueden afectar el alcance del proyecto.	Alcance
9	Si no hay un control con los cambios en ingeniería por parte del cliente se pueden presentar retrasos en el cronograma	Tiempo
10	Si se presentan cambios en normatividad de contratación se pueden presentar sobrecostos derivado de los contratistas	Costos
11	Si no existe una adecuada coordinación en la puesta de órdenes de compra a tiempo se puede incurrir en retrasos en el cronograma	Tiempo
12	Si hay una deficiente calidad de las ingenierías conceptual y de detalle se pueden incurrir en retrasos y reprogramaciones del cronograma.	Tiempo
13	Si no hay una adecuada interrelación con otras áreas: civil, mecánica, etc. Se pueden incurrir en retrasos del cronograma del contratista civil, mecánico, electricista, etc.	Tiempo
14	Si se presenta una demora en aprobación de presupuestos es posible que se presenten retrasos en el proyecto por la llegada tardía de equipos.	Tiempo
15	Si se presenta una demora en fabricación de tableros y celdas se puede generar un retraso en el cronograma	Tiempo

16	Si se presenta una demora en fabricación de transformadores se puede generar un retraso en el cronograma	Tiempo
17	Si se presenta una demora con la aprobación por parte del cliente de los submittals se puede presentar retrasos en el proceso de compras.	Tiempo y costos
18	Si se presenta una demora en contratación de terceros se puede presentar un retraso en el cronograma.	Tiempo
19	Si se presentan demoras en la gestión de licencias o permisos de trabajo se pueden presentar sobrecostos por tiempos muertos del contratista	Costos
20	Si en la ejecución del proyecto hay diferentes culturas por ejemplo de religión con respecto a las fechas religiosas es posible que se presenten retrasos del cronograma	Tiempo
21	Si no hay una adecuada disponibilidad del equipo de soporte a proyectos se pueden presentar retrasos en el cronograma y sobrecostos asociados con contrataciones extras	Tiempo
22	Si no hay facilidades previas no disponibles para iniciar el proyecto, se pueden presentar retrasos en el cronograma	Tiempo
23	Si se presenta falta de apoyo al proyecto por parte de la gerencia, se puede incurrir en impactos tanto de alcance, costos y tiempo.	Alcance, tiempo y costos.
24	Si no se hace una adecuada capacitación al cliente al finalizar el proyecto, se pueden incurrir en sobrecostos en la etapa de garantía.	Costos
25	Si no hay personal capacitado en la puesta en marcha, se pueden presentar demoras en la instalación de los equipos	Tiempo
26	Si no se hace una adecuada previsión de garantías al finalizar el proyecto, se pueden presentar sobrecostos en el proyecto	Costos
27	Si no hay una adecuada gestión de compra de materiales se pueden presentar retrasos en la elaboración de equipos e instalación.	Tiempo
28	Si no hay una adecuada disponibilidad de equipos para el comisionamiento o puesta de arranque del proyecto en la zona se puede incurrir en sobrecostos y demoras en el cronograma	Tiempo y costos
29	Si no hay una buena experiencia de ingenieros de ofertas durante la etapa de la venta, se pueden generar sobrecostos en el inicio del proyecto	Alcance y costos
30	Si durante la puesta en marcha del proyecto, se evidencia una falta de experiencia de ingenieros de protección y control, se puede incurrir en fallas de puesta e arranque de los equipos, conllevando sobrecostos por posibles daños.	Alcance, costos, tiempo, calidad
31	Si se contrata un director inexperto para el proyecto se puede incurrir en toda clase de falencias en los objetivos del proyecto	Alcance, costos, tiempo, calidad
32	Si no hay una adecuada interpretación de requisitos de pliegos frente a la parte técnica, se puede incurrir en costos adicionales-	Costos

33	Si no hay Instalaciones sanitarias no disponibles en proyecto, se puede presentar enfermedades en el personal que labora en el proyecto	Relación con colaboradores
34	Si en la parte gerencial de la empresa, no hay una adecuada Interrelación con otros proyectos similares, no existirán lecciones aprendidas que sirvan como base para preparar futuros proyectos	Alcance
35	Si no hay una organización madura en dirección de proyectos, se pueden presentar falencias en todos los objetivos del proyectos	Alcance, costos, tiempo, calidad
36	Si hay mala calidad de los materiales eléctricos, se puede presentar sobrecostos debido a recompras y reingeniería del proceso	Alcance, tiempo, costo y calidad
37	Si hay mala calidad en trabajos de obras civiles asociadas, se pueden presentar fallas en los equipos instalados.	Calidad
38	Si no hay un manejo integrado de los proveedores de servicios, se pueden presentar retrasos en el cronograma por cruce de actividades paralelas.	Calidad y tiempo
39	Si no hay conocimiento de lecciones aprendidas de proyectos previos, se pueden volver realidad todas las lecciones aprendidas en el nuevo proyecto	Alcance, tiempo, costo y calidad
40	Si no hay disponibilidad de diseños de los equipos comprados en el exterior se pueden presentar fallas en la calidad de la celda finalmente ensamblada	Calidad
41	Si no disponibilidad de presupuesto para el proyecto se pueden presentar demandas por parte del cliente	Imagen
42	Si No hay cultura de calidad entre los involucrados del proyecto, se pueden presentar afectaciones en los objetivos del proyecto.	Alcance, tiempo, costo y calidad
43	Si no hay un proceso formal de control de cambios, se pueden presentar sobrecostos no estimados en el proyecto	Costos
44	Si se presenta un optimismo sin base en la estimación de tiempo y recursos de los trabajos se pueden afectar todos los objetivos del proyecto	Alcance, tiempo, costo y calidad
45	Si se presentan paradas de ejecución debido a requerimientos logísticos del cliente, se pueden presentar retrasos en el cronograma	Tiempo
46	Si hay un paro laboral y descontento entre los trabajadores, se pueden presentar retrasos en todos los objetivos del proyecto	Alcance, tiempo, costo y calidad
47	Si no hay un Plan de proyecto real, se pueden afectar todos los objetivos del proyecto	Alcance, tiempo, costo y calidad
49	Si hay problemas con las comunidades de influencia, se pueden afectar los tiempos de ejecución del proyecto	Alcance, tiempo, costo y calidad
50	Si se contratan proveedores sin experiencia en proyectos eléctricos, se pueden presentar sobrecostos debido a falta de cumplimiento de alcance	Alcance y calidad
51	Si hay gran resistencia al cambio por parte de los interesados, y una gerencia estratégica en pro del proyecto, se pueden presentar falencias en todos los objetivos del proyecto	Alcance, costos, tiempo, calidad

52	Si se presentan retrasos en compras de equipos importados, se pueden presentar retrasos en el ensamble de equipos de la fábrica	Tiempo
53	Si se presentan retrasos en los procesos de contratación y compras por parte de los ingenieros encargados de compras, se puede incurrir en retrasos del cronograma	Tiempo
54	Si no se estiman bien las horas hombre en elaboración de ingeniería se puede incurrir en fallas de calidad y retrasos en cronograma del proyecto	Tiempo y calidad
55	Si no se planifica un adecuado suministro de servicios provisionales requeridos para el trabajo, se pueden incurrir en fallas de calidad durante la instalación.	Tiempo y alcance
56	Si se presentan tecnologías recientes de equipos eléctricos y no existen adecuado personal para su instalación y puesta en marcha, se pueden incurrir en extra tiempo y sobrecostos.	Tiempo y costos

#### 4.2.3. Situación de Riesgos frente a Fases de Proyectos Eléctricos.

De acuerdo a las entrevistas presentadas se aprecia que no hay una cultura de gestión de riesgos de proyectos en general. Lo propuesto en este capítulo es identificar a partir de una estructura de proyecto grande de instalaciones eléctricas, llamando grande por ejemplo un centro comercial, una refinería, un hospital, una universidad o una subestación de distribución urbana.

En forma general los riesgos de los proyectos de instalaciones eléctricas se pueden dividir en las siguientes categorías: los de construcción e implementación, operacionales, de entorno, estratégicos y de toma de decisiones.

Cada vez que se tiene un posible cliente que requiere del desarrollo de un proyecto de instalaciones eléctricas la alta gerencia revisa el alcance del proyecto de forma macro y hace un análisis de decisión de inversión bajo condiciones de incertidumbre. Se espera siempre tener una utilidad positiva en cierto tiempo bajo condiciones controladas. Generalmente resulta que lo esperado inicialmente por la alta dirección no es el resultado entregado por los gerentes de proyecto ya sea por problemas durante la ejecución o porque se logran menores ingresos que los esperados.

Según algunos ingenieros colegas se estima que un 80% de los proyectos terminan tarde y con mayores costos que los inicialmente proyectados, pero independiente de esto se considera que lo más importante es la satisfacción del cliente para poder ganar nuevos negocios. Esta premisa es muy concurrente pues el riesgo de tener una cadena de errores debido a ofertar por debajo de un precio real con el fin de obtener los contratos promueve a que la tendencia se siga.

Los proyectos eléctricos se suelen organizar en estructuras de ejecución por actividades o programas de trabajo, los cuales permiten contar con equipos manejables o independientes que deben estar lo suficientemente responsabilizados por los resultados obtenidos, de tal manera que además puedan ser monitoreados y se pueda medir el desempeño por parte de la alta dirección y de la gerencia del proyecto. En el cuadro No. 8 se muestran las estructuras típicas.

#### **Cuadro 8. Estructuras Típicas de Ejecución Proyectos Eléctricos**

**Fuente: Propia (2015).**

<b>Estructuras lógicas de ejecución proyectos eléctricos</b>
Gestionar la oportunidad comercial con el cliente
Desarrollar la oportunidad comercial con el cliente
Preparación de la oferta comercial
Negociación del contrato
Traspaso del proyecto
Apertura y aclaración del proyecto
Planeación detallada
Compras y manufactura
Despacho de equipo
Construcción / Instalación
Puesta en funcionamiento
Cierre del proyecto
Fase de Garantía

A continuación se describe cada una de las subactividades que comprende cada estructura típica de ejecución. Esta información es tomada por el autor de esta tesina a partir del trabajo realizado como director de proyectos en los últimos 10 años de experiencia laboral de las empresas Siemens Colombia, CCE Contracting and Consulting Engineering y SGS Colombia S.A. Se pretende que el lector conozca los procesos que implican un proyecto de instalaciones eléctricas y a la vez vaya pensando en los posibles riesgos a tener en cuenta y que se analizarán en los próximos capítulos de esta tesina.

A partir de cada una de estas subactividades o paquetes de trabajo se identificarán los riesgos para luego clasificarlos y analizarlos de acuerdo a estándares y mejores prácticas de PMI y *@Risk*.

#### **4.2.3.1. Riesgos en Fase de Gestión de la oportunidad.**

Este proceso contiene todas las actividades para gestionar la oportunidad de acuerdo con los criterios definidos en el concepto de mercadeo del cliente y definir las acciones apropiadas para evaluar los requerimientos del cliente, desarrollar presentaciones y otras actividades de marketing.

##### **4.2.3.1.1 Preparar el contacto con el cliente.**

Este proceso incluye todas las actividades para acceder y obtener la información de contacto del cliente, preparar material de ventas, escoger el canal de comunicación, involucrar a las personas necesarias, preparar la información según el canal de comunicación, definir el target de contacto, definir el alcance del contacto y preparar el contenido, estudiar los datos históricos importantes del cliente (servicio, ventas, financiero, etc.).

El Gerente de Cuenta del Cliente o Experto en Ventas debe preparar el material de ventas, utilizar el canal de comunicación especificado en el plan de marketing e involucrar a los roles necesarios para ejecutar las actividades descritas en él, tales como visitas a clientes, con el fin de fortalecer el conocimiento de los clientes en los productos – servicios ofrecidos encontrar nuevas oportunidades de negocio.



Si no hay una preparación adecuada con un cliente nuevo se puede perder la oportunidad de negocio.

#### **4.2.3.1.2 Contactar al Cliente.**

Este proceso incluye todas las actividades para iniciar y realizar el contacto, por ejemplo: llamada telefónica, e-mail, visita, evento social, etc. Después del contacto se debe documentar el resultado.

El Gerente de Cuenta del Cliente o Experto en Ventas debe realizar el contacto con el cliente y documentar dichos contactos para un seguimiento posterior.

Si no hay registros documentados de visitas efectivas a los clientes, en caso de que el vendedor no esté disponible en futuras visitas se puede perder al cliente y la oportunidad de negocio.

#### **4.2.3.1.3 Validar la existencia del cliente.**

Incluye todas las actividades para obtener y evaluar toda la información disponible sobre la existencia del cliente. El Gerente de Cuenta del Cliente o Experto en Ventas verifica si el cliente está creado en las bases de datos de la empresa, de lo contrario realiza esta solicitud a quien corresponda en la compañía.

#### **4.2.3.1.4 Crear la oportunidad**

El Gerente de Cuenta del Cliente o Experto en Ventas registra la oportunidad en la base de datos de la empresa. Cuando una oportunidad es detectada por otra persona, debe informar al Gerente de Cuenta del Cliente-Experto en Ventas que corresponda para su registro y seguimiento. Se debe registrar una oportunidad por cada unidad de negocio interna de la compañía involucrada.

Si el grupo de ventas no está cohesionado pensando en el interés de toda la compañía se pueden perder oportunidades de negocio y dejar que la competencia tome dichos negocios.

#### **4.2.3.1.5 Documentar la decisión**

Cuando las oportunidades se convierten en posibles ventas el Gerente de Cuenta del Cliente Experto en Ventas debe registrar en la base de datos la oportunidad, garantizando que los requerimientos legales, técnicos y comerciales pueden ser cubiertos.

Cuando no se convierte en oportunidad el Gerente de Cuenta del Cliente-Experto en Venta debe informar que la oportunidad ha quedado cerrada.

#### **4.2.3.2. Riesgos en Fase de Desarrollo de la oportunidad**

Esta es la segunda fase del proceso de venta de proyectos. Este proceso detalla en profundidad las necesidades, requerimientos y aspectos asociados a la posible oferta para determinar la continuidad del proceso.

##### **4.2.3.2.1 Analizar la oportunidad**

El Gerente de Cuenta del Cliente-Experto en Ventas debe analizar, clarificar y de ser requerido, redefinir la necesidad y alcance del cliente, contando con el apoyo de los involucrados necesarios para este fin.

Adicionalmente, el Gerente de Cuenta del Cliente-Experto en Ventas evalúa qué tan atractiva es la idea de negocio, así como la solvencia, respaldo financiero, experiencia del cliente, entre otros. El registro y seguimiento de las visitas al cliente relacionadas con el análisis de la oportunidad deben estar documentadas.

El Gerente de Cuenta del Cliente-Experto en Ventas debe investigar que competidores potenciales se pueden tener en la oportunidad que la compañía está trabajando, con el fin de determinar cuáles deben ser los criterios a tener en cuenta para diseñar la estrategia de la oferta.

#### **4.2.3.2.2 Definir la estrategia de la oferta**

El Gerente de Cuenta del Cliente o Experto en Ventas según su conocimiento de la cuenta y el análisis desarrollado en las actividades anteriores, debe presentar los criterios necesarios a tener en cuenta para la estrategia de la posible oferta (alineada a los requisitos del cliente) tales como: precio de venta, tiempo de entrega, tecnología y valor agregado (como servicios de mantenimiento, accesorios, repuestos entre otros).

#### **4.2.3.2.3 Involucrar al Gerente de ofertas**

El Gerente de Cuenta del Cliente incluye en esta fase del proyecto al gerente de la oferta para que en conjunto se produzca la oferta final.

#### **4.2.3.2.4 Analizar recursos para la preparación de la oferta**

El Gerente de Cuenta del Cliente junto con el Gerente de la Oferta y el Gerente de la Unidad de Negocio deben analizar los recursos y elaborar el cronograma de elaboración de la posible oferta.

Se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Asignación de roles del equipo de la oferta (Gerente de la Oferta, Líder de Calidad del Proyecto, Jefe de Compras del Proyecto, entre otros).
- Costos estimados de infraestructura para la posible elaboración de la oferta.
- Cronograma de elaboración de la oferta.

Los anteriores aspectos deben quedar registrados.

Si no se cuenta con el apoyo de los patrocinadores del proyecto, se producirán demoras en la revisión de contratos, demorando la contratación por falta de aprobaciones.

#### **4.2.3.3. Riesgos en fase de Preparación de la Oferta**

Se pretende en esta etapa que se unan esfuerzos entre los involucrados de ventas, de ofertas, de ingeniería y de proyectos para definir un alcance completo

que lleve a realizar bien las ofertas hacia la alta dirección de la compañía y finalmente hacia el cliente.

#### **4.2.3.3.1 Involucrar tempranamente al Gerente de proyectos**

Con el objetivo de contribuir en la preparación de la oferta y negociación del contrato, el Gerente del Proyecto y el Jefe Comercial del Proyecto son involucrados tempranamente. El nombramiento oficial y la conclusión de los acuerdos de objetivos ocurren en una etapa posterior (es recomendable involucrarlos desde la fase de preparación de la oferta).

Los riesgos disminuyen a la medida que en esta etapa son involucrados personas con experiencia y lecciones aprendidas de proyectos previos.

#### **4.2.3.3.2 Análisis de información Gerente de Ofertas**

El gerente de ofertas hace una verificación de los documentos. Igualmente verifica si el cliente no está en alguna lista de posibles empresas fantasma o involucrada con negocios ilícitos en el mundo. Las entradas varían de acuerdo con la aplicación, por ejemplo: datos relacionados con el cliente se requieren para las verificaciones de los clientes, mientras que para la verificación de las personas se requieren datos personales.

Durante el procesamiento de las listas de chequeos de aduanas se determina si la transacción es posible bajo aspectos aduaneros, que ventajas arancelarias pueden ser aplicadas y que proceso aduanero se va a utilizar.

Igualmente se debe determinar cómo se puede ejecutar la transacción de negocios tanto técnica como económicamente desde la perspectiva de aduanas.

Si no hay una política aduanera clara antes de presentar la oferta final se pueden crear sobrecostos durante la ejecución del proyecto.

#### **4.2.3.3.3 Elaborar la Oferta parte Comercial**

El Jefe Comercial del Proyecto asignado para la oferta revisa los requerimientos comerciales y jurídicos. De ser necesario solicita el Concepto Jurídico al Área Legal.

El Jefe Comercial del Proyecto asignado para la oferta chequea con el área de cartera el cupo de crédito aprobado para definir la forma de pago. Se debe asegurar que esté incluida la cláusula de retención. Esto asegura que el producto ofrecido no pueda ser susceptible de requerir una licencia de exportación o que el cliente pueda llegar a ser incluido en una lista sancionable.

Si la cláusula de retención se incluye se elaboran los comentarios comerciales. Si no se incluye se debe tramitar la aprobación de la no inclusión. Luego se debe Gestionar la aprobación del Gerente Comercial del área para la no inclusión de dicha cláusula. Si todo está bien entonces el Gerente comercial envía la oferta firmada al jefe comercial.

Recibida la información legal y financiera el Jefe Comercial del Proyecto asignado para la oferta elabora las condiciones y/o comentarios comerciales y jurídicos de la oferta y se los envía al Gerente de la Oferta.

Si las condiciones comerciales y de tipo importación están totalmente definidas se puede esperar un éxito en la ejecución comercial del proyecto.

#### **4.2.3.3.4 Elaborar la Oferta parte Técnica**

El Gerente de la Oferta elabora como mínimo:

- WBS - Work Breakdown Structure (EDT - Estructura de Desglose de Trabajo).
- Cronograma de ejecución (diagrama de Gantt).
- Diagrama de redes - PERT.
- Organigrama del proyecto.
- Plan de Calidad preliminar.

En los proyectos más grandes (generalmente mayores a dos millones de dólares) se debe desarrollar la metodología de reunión gerencial tipo Workshop, la cual debe ser organizada por el Gerente de la Oferta y apoyado por un facilitador en su ejecución.

En los proyectos medianos y pequeños solamente se realizará la reunión de traspaso del proyecto al Gerente seleccionado.

Recibida la totalidad de la información por cada una de las áreas involucradas, se procede a generar el presupuesto oficial del proyecto la cual debe tener aprobación de alta gerencia.

Con la información técnica, contractual, comercial, jurídica y de ejecución, el Gerente de la Oferta encargado de consolidar la oferta organiza la propuesta que será entregada al cliente.

Si la persona que hace las estimaciones de las tareas nunca estimó algo similar y no sabe cuánto tiempo le pueden llevar todas las actividades del proyecto, se puede tener un cronograma riesgoso, lo que puede provocar que no se cumplan los plazos del contrato.

Un riesgo latente en todos los proyectos es el sobre costo por el alcance que sí estaba en los pliegos contractuales, pero no en la oferta realizada al cliente. Aunque se proceda a realizar cambios de orden, es probable que el cliente no los acepte y se materializa el riesgo de incurrir en extra costos y disminuir la utilidad del proyecto.

Al subestimar la cantidad de horas hombre que se requieren para elaborar los diseños de los proyectos de instalaciones eléctricas se puede materializar el hecho de tener sobrecostos que afectan la utilidad del proyecto.

#### **4.2.3.3.5 Revisión – Aprobación contra requisitos técnicos**

Esta actividad se debe realizar antes de enviar la oferta al cliente con el fin de asegurar que ésta cubra los requerimientos del mismo.

La revisión debe ser revisada por el gerente de ingeniería o similar.

Si una oferta no tiene revisión por parte del director técnico se pueden obviar requisitos técnicos que impactan el alcance, costo o calidad de la oferta final presentada.

#### **4.2.3.4. Riesgos en fase de Negociación del contrato**

##### **4.2.3.4.1 Entrega de Oferta al cliente**

La oferta se entrega/envía oficialmente al cliente. Si se acuerda con el cliente se prepara y mantiene una presentación de la oferta.

Si una oferta no se prepara dentro del cronograma estimado en la planificación de la oferta se puede retrasar la entrega y puede producir una descalificación inmediata del proceso de adjudicación del proyecto.

##### **4.2.3.4.2 Estrategia de negociación**

El Gerente de Cuenta del Cliente-Experto en Ventas realiza una reunión con el Gerente de la unidad de negocio, el Gerente de la Oferta y el Jefe Comercial del Proyecto donde se definen las premisas y estrategias que se deben tener durante la negociación tales como precio de venta y tiempo de entrega mínimo, valores agregados sin costo adicional, forma de pago, descuentos, entre otros; así como la asignación del rol Líder de Negociación.

En esta fase se preparan y llevan a cabo las rondas de negociación acordadas. Importante registrar sistemáticamente los resultados de la negociación con el cliente y documentar los puntos abiertos y los temas críticos de las rondas de la negociación.

Llevar a cabo constantemente análisis de riesgo después de cada ronda de la negociación define un alcance final de propuesta más estructurado. Siempre se recomienda actualizar la documentación de la oferta luego de cada negociación.

El Gerente de Cuenta del Cliente con apoyo del Gerente de la Oferta desarrolla las actividades necesarias para demostrar al cliente las ventajas competitivas que ofrece la compañía con la solución propuesta. El Gerente de Cuenta del Cliente debe tener contacto permanente con el cliente para conocer las inquietudes, aclaraciones y evaluación que el cliente tiene de la oferta. El registro y seguimiento de las visitas al cliente y acciones relacionadas con la negociación de la oferta deben estar documentadas.

Si el gerente de ventas negocia algún ítem del alcance y este no informa al gerente de la oferta se puede incurrir en un error del presupuesto final con consecuencias de reducción de utilidades.

#### **4.2.3.4.3 Control de exportaciones**

Aplica tanto para la materia prima que se importa para los equipos eléctricos como para los productos terminados que se exportan. Esta verificación cubre el que los datos estén completos, la preparación de los documentos de embarque, y la selección de procesos de aduanas.

Se debe determinar cómo se puede ejecutar la transacción de negocios tanto técnica como económicamente desde la perspectiva de aduanas.

Si no hay un control de exportaciones se puede incurrir en costos y tiempos no calculados sobre fletes, impuestos, transporte tanto de materia prima como de productos terminados.



#### **4.2.3.4.4 Firma del Contrato**

En esta fase se verifica que las condiciones incluidas en el contrato/orden de compra/oferta mercantil corresponden a la oferta entregada durante la última negociación.

Se debe obtener aprobación de la firma del contrato/orden de compra/oferta mercantil negociada y al cerrar la oferta el Gerente de Cuenta del Cliente-Experto en Ventas debe documentar las razones por las cuales el proyecto se ganó o perdió.

Si no se documentan las lecciones aprendidas de la preparación de las ofertas se puede perder mucho tiempo en la futura elaboración de ofertas que vayan para el mismo cliente o tengan alcances similares.

#### **4.2.3.5. Riesgos en fase de Traspaso del Proyecto**

##### **4.2.3.5.1 Nombrar director de proyecto**

En esta fase se nombra oficialmente al Gerente del Proyecto y al Jefe Comercial del Proyecto para el proyecto ganado.

Esta decisión debe tomarse tempranamente, para que el gerente del proyecto pueda contribuir en la preparación de la oferta y en las negociaciones del contrato. Si el director de proyecto no tiene mucha experiencia, el plan del proyecto puede ser irreal, impidiendo lograr en tiempo y forma los objetivos de tiempo, costo y calidad.

##### **4.2.3.5.2 Elaborar acta de inicio**

El Gerente de la Oferta debe entregar formalmente mediante documentos y/o reuniones la oferta ganada y durante esta fase se debe:

- Verificar la integridad y credibilidad de la documentación del proyecto.
- Se plantea una planificación del riesgo.

- Se planea la gestión de las órdenes de cambio y la estrategia de la demanda.
- Se entrega la documentación del proyecto y los documentos pertinentes de la oferta.
- Se documenta la entrega del proyecto.

Si durante esta fase no se entrega toda la documentación que compone una oferta ganada, es de esperar que el gerente del proyecto asuma muchas cosas que pueden propender por costos y tiempo adicionales que seguramente fueron analizados durante la oferta.

#### **4.2.3.5.3 Verificar cambios entre oferta y contrato**

En esta fase se verifica que las diferencias entre el contrato/orden de compra/oferta mercantil y la oferta fueron documentadas oportuna y adecuadamente. Con base en esto todos los datos/documentos internos importantes deben estar actualizados, especialmente:

- Las condiciones comerciales.
- La calculación del presupuesto de la oferta.
- La evaluación de riesgo.
- La descripción del pedido.

El Gerente de la Oferta debe dejar documentado cualquier cambio.

#### **4.2.3.5.4 Entrega del proyecto al Gerente**

El Gerente de la Oferta debe comunicar el alcance del proyecto y dar a conocer la documentación generada durante todo el proceso de venta a los roles involucrados por medio de una reunión formal de entrega del proyecto.

El objetivo de la reunión del traspaso, es:

- Designar formalmente al Gerente del Proyecto y su equipo.
- Presentar el proyecto por parte del equipo de ofertas.
- Entregar y verificar la documentación del proyecto.
- Concertar los riesgos encontrados y documentados.

- Concertar la estrategia de manejo de cambios/adicionales/no conformidades/reclamaciones.
- Aclarar dudas del proyecto.
- Definir actividades pendientes para comenzar el proyecto.

El Gerente del Proyecto debe dejar por escrito los puntos o actividades pendientes que salgan de la reunión. Finalmente se deja firmada el acta de entrega del proyecto. Cabe aclarar que esta no es el acta de inicio formal del proyecto, pues aún no se han reunido el gerente del proyecto y su equipo.

#### **4.2.3.6. Riesgos en fase de Apertura y Aclaración del proyecto**

Incluye la ejecución de un análisis técnico del contrato y la aclaración de puntos abiertos pendientes de la gerencia del proyecto y el equipo del proyecto.

Comprende básicamente:

- Revisión de la totalidad/veracidad de las especificaciones técnicas.
- Ejecución de un examen detallado del sitio de construcción / ambiente de instalación.
- Actualización de la lista de requerimientos del cliente y la lista de suministros y servicios.
- Actualización de la valoración de riesgos

Incluye la ejecución de un análisis comercial y legal del contrato y la aclaración de puntos abiertos pendientes por parte de la gerencia de proyecto y del equipo de proyecto.

También contiene:

- creación de un plan de facturación
- actualización de la estrategia de cambio en las órdenes y de la estrategia de reclamos en caso de necesidad

De acuerdo con los análisis del contrato y la aclaración de los puntos abiertos

- el plan del proyecto es actualizado

Otros asuntos que se considerarán son:

- cobertura del riesgo de divisa

De acuerdo con los análisis del contrato y la aclaración de los puntos abiertos

- el plan del proyecto es actualizado

Incluye todas las actividades para establecer la organización incluyendo la definición de roles y responsabilidades:

- La identificación y el compromiso de los miembros del proyecto (conformar el equipo del proyecto)
- Determinación de los roles y responsabilidades
- Establecimiento del manual del proyecto (documentos necesarios del proyecto)
- Actualizar la descripción del proyecto
- Realizar el acta de inicio interna del proyecto (presentar el cronograma y el plan, asignar tareas, asignar el presupuesto e informar sobre temas relevantes)

Una definición incompleta del alcance pone en riesgo implementar todo el alcance, impactando negativamente la satisfacción del cliente.

Una mala definición de los requerimientos del proyecto podría provocar que ciertos requerimientos se pasen de alto, entregando un producto deficiente.

Otras causas de riesgo: requerimientos no aprobados, cambios frecuentes al alcance, y redundancia en el alcance.

#### **4.2.3.7. Riesgos en fase de Planeación Detallada**

Comprende todas las actividades para crear y confirmar el concepto técnico general y el plan de realización técnica (diseño básico):

- solicitar el concepto de realización técnica del director de ingeniería.
- verificar y liberar los conceptos de realización técnica, concepto de calidad, cálculos económicos.
- finalizar el plan de realización técnica basado en los documentos.

En caso de necesidad, obtener la aprobación de cliente para el plan de realización técnica.

El diseño básico es sometido a aprobación por el cliente. Esta parte de la planeación asegura que no se tengan cambios de orden durante la ejecución de la

ingeniería de detalle y las compras que urgen para cumplir con el cronograma del proyecto.

Si la cantidad de requerimientos técnicos y funcionales a implementar y probar en el proyecto son demasiados considerando el tiempo disponible para ello, podrían no terminarse a tiempo provocando entregar el proyecto tarde.

Si se asume que el proyecto contará con los ingenieros suficientes de diseño mecánico, eléctricos, de protecciones, de control y comunicaciones desde el inicio y si el gerente del proyecto no los asigna a tiempo se puede producir retrasos en la ejecución del proyecto.

Si no hay una revisión detallada de ingeniería en esta fase de planeación se pueden incurrir en costos adicionales debido a órdenes de cambio no previstas. Esta responsabilidad cae directamente en el director del proyecto pues los filtros para verificar el total cumplimiento de la ingeniería no fueron realizados satisfactoriamente.

#### **4.2.3.8. Riesgos en fase de Compras y Manufactura**

##### **4.2.3.8.1 Colocar órdenes de compra**

De acuerdo con el plan detallado y autorizado del proyecto y los requerimientos derivados, las órdenes requeridas son preparadas, autorizadas y transmitidas a los proveedores/contratistas internos/externos (particularmente para desarrollos y producción específicos de la orden).

Ya que aún no han ocurrido, las decisiones necesarias de adjudicación/concesión se toman basadas en ofertas negociadas, justificadas y documentadas. Las provisiones acordadas de material etc. del cliente se solicitan.

Si no hay coordinación de todo lo que hay que comprar, si no hay estimación de fabricación de piezas, se pueden presentar demoras en las entregas y en tiempos del contrato.

#### **4.2.3.8.2 Asegurar cumplimiento de órdenes de compra**

Cubre todas las actividades de seguimiento a las órdenes puestas, con el objetivo de asegurar la entrega según lo estipulado en el contrato. Esto contiene:

- aceptación de desarrollos específicos de la orden
- aceptación interna de las mercancías de fábrica
- recibo de controles de mercancías
- declaración de reclamos a los proveedores
- declaración de las sanciones para los desfases del contrato. Por lo que se han realizado las entregas apropiadas, las facturas se autorizan para el pago de acuerdo con el plan de pagos. Se realiza la valoración del proveedor.

Si no hay un control de aseguramiento de las órdenes de compra tanto de materia prima como de servicios por parte de proveedores, el proyecto se puede retrasar considerablemente.

#### **4.2.3.8.3 Preparación productos para despacho**

La preparación y liberación técnica para el envío se realiza tan pronto como las mercancías entregadas estén disponibles. Esto puede particularmente entonces cubrir actividades más extensas, cuando las entregas parciales necesitan ser montadas/integradas/parametrizadas y probadas para la disposición de una solución técnica más compleja antes de que el envío al sitio de construcción / ambiente de instalación de la obra pueda ser realizado.

En el curso de estas actividades, los documentos necesarios relacionados con el producto y los certificados validadores, también se proporcionan así como los documentos de entrega elaborados para la evacuación del envío con las mercancías.

#### **4.2.3.9. Riesgos en fase de Despacho**

Cubre todas las actividades para realizar el envío de las mercancías/materiales preparados y la disposición en el sitio de construcción / ambiente de instalación.

Estas esencialmente son:

- preparar el envío / disposición de productos
- realizar y supervisar el transporte
- preparar la infraestructura/horario y solicitar recursos
- recibir y verificar las mercancías en el sitio

Si el proveedor del proyecto ha tenido problemas económicos recientes y existe el riesgo de que quiebre su compañía durante el proyecto, provocará retrasos en el proyecto en ejecución.

Si durante la fase de planificación no se tuvo en cuenta los tiempos muertos de la mercancía en las aduanas debido a retrasos de buques o aviones seguramente el despacho se verá muy atrasado.

#### **4.2.3.10. Riesgos en fase de Construcción e instalación**

##### **4.2.3.10.1 Preparar el sitio**

El sitio de construcción / ambiente de instalación se prepara para la construcción/instalación.

Dependiendo del proyecto esto contiene

- la toma de posesión del sitio de construcción / ambiente de instalación del cliente
- la toma de posesión en sitio de las provisiones del material etc. de cliente.
- la definición/determinación de las interfaces con el cliente
- la ejecución de la construcción
- o la ejecución de medidas estructurales más pequeñas para la preparación de la instalación
- la petición/aprovisionamiento del material necesario

- el lanzamiento de la instalación de la planta/del sistema.

Si un director de proyecto no tiene en cuenta toda la infraestructura preliminar o provisional de obra, se puede perder tiempo en la adquisición de servicios públicos que afectan la correcta ejecución de las obras en campo.

#### **4.2.3.10.2 Instalar planta o sistema**

Incluye todas las actividades para la instalación en sitio de la planta o sistema.

Un riesgo típico en esta fase del proyecto consiste en retrasos de la obra civil que generalmente es realizada por otros contratistas. Se debe buscar armonizar con otros involucrados externos del proyecto. Las reuniones semanales de obra deben poner sobre la mesa cualquier riesgo que pueda afectar a cualquier contratista.

Cuando una empresa que se dedica exclusivamente a realizar instalaciones eléctricas con el fin de ganar negocios ofrece el tema de obras civiles asociadas puede caer en el error de no estimar bien las cantidades de mano de obra y de materiales que conllevan las obras.

#### **4.2.3.10.3 Preparar puesta en servicio**

Cubre todas las actividades para preparar y liberar la puesta en servicio así como para completar y actualizar el plan de puesta en servicio y los planes de pruebas.

#### **4.2.3.11. Riesgos en fase de Puesta en Funcionamiento**

##### **4.2.3.11.1 Accionar planta solución**

Incluye todas las actividades para poner en servicio los componentes/sistemas/planta y para documentar los resultados.

Un riesgo típico en esta fase de ejecución de proyecto consiste en el tiempo adicional que requieren los especialistas de sistemas de protección y control electrónico para ajustar las funciones que deben tener los equipos adquiridos. Debido a la inexperiencia de profesionales con la marca o el tipo de tecnología de los equipos eléctricos de control tipo relés o accionamientos, se pueden presentar



retrasos en la puesta en funcionamiento lo que provocaría costos adicionales en este tipo de subcontratistas.

#### **4.2.3.11.2 Crear documentación según lo construido**

Comprende todas las actividades para documentar las desviaciones de la construcción real frente a los documentos de planeación.

Si durante la ejecución de la obra no se lleva un control de calidad sobre los planos, quiere decir que no se tendrá actualización y al final del proyecto será difícil tener unos planos record con los cuales verificar diseño frente a lo realmente construido o lo que es peor los cortes de obra para la facturación periódica.

#### **4.2.3.11.3 Realizar entrenamiento al cliente**

Incluye todas las actividades para realizar el entrenamiento al cliente como fue planeado y acordado en el contrato.

Si no hay una capacitación acorde con los alcances del proyecto, pueden ocurrir fallas de operación de los equipos lo que provocaría un daño en el sistema eléctrico y una posible reclamación por garantía.

#### **4.2.3.11.4 Revisión sistemas eléctricos**

Constatar que los equipos de servicios auxiliares, Equipos de Patio, Equipos de Control y Protección, Equipos de Comunicaciones y Celdas de Media / Alta Tensión han sido montados correctamente en lo referente a:

- Anclajes.
- Fijaciones, tornillería.
- Cableado.
- Conexionado.
- Ejecución limpia.

Si durante la revisión resultan labores pendientes, deben ser finalizadas. Si no resultan labores pendientes se realizan las pruebas de servicios auxiliares.

Cuando hay una tecnología que es bastante reciente se pueden incurrir en costos extras en cuanto a la puesta en marcha de los sistemas. Importante como cliente de esta nueva tecnología recibir todo el entrenamiento y soporte antes de comenzar a ofrecerla en nuevos proyectos.

#### **4.2.3.11.5 Terminar pendientes**

Cerrar los puntos abiertos que se hayan detectado durante la revisión de los servicios auxiliares.

#### **4.2.3.11.6 Realizar pruebas funcionales**

Constatar que el sistema de servicios auxiliares es confiable y cumple los requisitos necesarios para un funcionamiento seguro y operable.

Asegurar que todos los equipos primarios tales como celdas de Baja Tensión, Media Tensión, y equipos de patio (interruptores, seccionadores, Transformadores de corriente, Transformadores de Potencial, transformadores de potencia, etc.) estén funcionando correctamente y de acuerdo a los diseños del sistema.

Si las pruebas de los equipos de patio son exitosas se procede a la liberar la aceptación. Si no resultan exitosas se vuelve a iniciar el proceso.

Se asegura que todos los sistemas de protección están funcionando correctamente y actúan sobre los equipos asignados.

Se asegura que todos los sistemas de control digital están funcionando correctamente y actúan sobre los equipos asignados.

Se asegura que todos los sistemas de comunicaciones de voz y/o datos, están funcionando correctamente.

Si las pruebas de los equipos de comunicaciones son exitosas se procede a la liberar la aceptación. Si no resultan exitosas se vuelve a iniciar el proceso.

Si no se cuenta con un grupo experto de ingenieros en esta fase del proyecto se pueden provocar retrasos considerables en el arranque y puesta en marcha del sistema eléctrico.

#### **4.2.3.11.7 Liberar aceptación**

Todas las actividades para liberar e iniciar la aceptación formal por parte del cliente.

#### **4.2.3.12. Riesgos en fase de Aceptación del Cliente**

Esta fase incluye todas las actividades referentes a la ejecución de la aceptación preliminar del cliente de acuerdo a los siguientes procedimientos:

- Preparar pruebas de aceptación
- Realizar pruebas de aceptación
- Documentar pruebas de aceptación
- Documentar todos los puntos sin resolver y planear las soluciones.

La documentación preliminar del cliente es actualizada según los resultados de la fase de construcción / instalación y de las pruebas de aceptación.

Ejecución de la reunión de dudas del cliente:

- entrega de la documentación preliminar del cliente
- reconciliar la lista de puntos abiertos y el plan de trabajo
- determinar la satisfacción de cliente

Es la meta para preparar la recepción del certificado de aceptación.

#### **4.2.3.13. Riesgos en fase de Cierre del proyecto**

Se debe escribir el reporte de final del proyecto con el siguiente contenido:

Resultado del proyecto, análisis del proyecto.

Se lleva a cabo el informe del proyecto. Se documentan las lecciones aprendidas.

Se debe confirmar el cálculo presupuesto para la provisión de garantías, de riesgos abiertos y el presupuesto final del proyecto.

Se procede con la encuesta de Satisfacción al cliente y se archiva la documentación del proyecto de acuerdo a los requerimientos internos, legales, y contractuales.

Si no hay una retroalimentación del resultado del proyecto tanto por parte del Director del Proyecto como del cliente se perderá valiosa información para futuras propuestas y proyectos que tengan similar alcance.

#### **4.2.3.14. Riesgos en Fase de Garantía**

Comprende todas las actividades para la ejecución y conclusión de la fase de la garantía.

Estas esencialmente son:

- Realizar y concluir las actividades de garantía

Toda garantía implica un costo que debe ser previsto desde la concepción del proyecto. Si el tema de garantías no tiene un tiempo definido se pueden incurrir en extra costos.

### **4.3 Análisis Cualitativo de Riesgos en Proyectos Eléctricos.**

#### **4.3.1 ¿Cómo hacer un análisis cualitativo de Riesgos?**

Los siguientes son los pasos para realizar un análisis cualitativo de riesgos en proyectos en forma general. En el siguiente literal se explica mediante los riesgos identificados en el capítulo anterior como se hace el análisis cualitativo a riesgos de proyectos eléctricos.

##### **4.3.1.1 Paso 1. Tomar los riesgos identificados en fase uno.**

Una vez se ha realizado el plan de gestión de riesgos y se ha hecho la identificación de todos los riesgos asociados al proyecto, se toma la lista completa con el fin de empezar a ponderar uno a uno su importancia.

Para ello se utiliza entonces dos herramientas, el plan de gestión de riesgos y el registro de riesgos. Con el primero el grupo de trabajo que analiza los riesgos en el proyecto tiene la directriz de gestión de los riesgos y podrá realizar propuestas de cambio si hay una urgencia por algún riesgo crítico identificado. Igualmente el plan indica cómo se van a analizar dichos riesgos, que formatos o plantillas se van a utilizar, quienes participarán y con qué rol, las definiciones de probabilidad e impacto a utilizar, presupuesto asignado a la gestión de riesgos, categorías de riesgo y tolerancia de los interesados.

El registro de riesgos por su parte es el principio del análisis cualitativo, sobre esta tabla se incluyen columnas donde se estiman los valores de probabilidad, impacto, calificación del riesgo. En el siguiente capítulo se muestra el caso de análisis cualitativo de riesgos eléctricos basado en estas herramientas.

#### **4.3.1.2 Paso 2. Determinar cuáles riesgos son los más importantes.**

Solamente los riesgos dados como prioritarios se analizan. Pues como conlleva esfuerzo del grupo de trabajo este análisis, entonces se requiere de tiempo y de presupuesto para hacer bien dicha tarea.

Igualmente este proceso es obligatorio realizarlo para cualquier proyecto, si no se hace definitivamente existe una alta probabilidad del fracaso.

Los interesados son parte fundamental para determinar cuáles riesgos son importantes; sus actitudes frente al riesgo y la experiencia propia de cada uno de ellos a partir de proyectos anteriores ayudan a ponderar mejor la criticidad de cada riesgo seleccionado.

Los riesgos con criticidad amplia se pueden considerar para realizar un análisis numérico o cuantitativo y los otros van a estar continuamente en discusión por parte del grupo para tomar acciones y que no se vuelvan realidad.

Existen otras herramientas para analizar los riesgos de forma cualitativa, se puede utilizar la EDT junto con su diccionario y el enunciado del alcance del proyecto. Esta estructura detallada ayuda a los interesados a comprender mejor cuáles son los entregables del proyecto y así mismo ayuda a determinar el esfuerzo a dedicar en el análisis.

Igualmente ayuda mucho tener las lecciones aprendidas de proyectos anteriores y quizá un análisis de riesgo ya preparado puede indicar que acciones se tomaron con el fin de minimizar los impactos y obtener mejores indicadores.

Los factores que influyen en el proyecto, como la cultura y estructura de la empresa, recursos y condiciones del mercado ayudan a analizar cada riesgo y a determinar su probabilidad e impacto.

#### **4.3.1.3 Paso 3. Obtener el registro de riesgos actualizado.**

Cada riesgo se analiza evaluando su probabilidad de ocurrencia, y el impacto que podría tener sobre si el proyecto ocurre tal como se describió en el capítulo 2. Ver 2.2.7.1 y 2.2.7.2

Para ponderar cualitativamente los riesgos se debe calificar para cada uno cual es la probabilidad de ocurrencia, para ello se deben indicar valores por ejemplo entre 1 a 5 o 1 a 10 donde se indique que valor indica una probabilidad alta y otro la probabilidad baja. De igual manera se hace una ponderación del impacto para cada objetivo del proyecto y mediante la multiplicación de la probabilidad y el impacto se puede obtener la calificación del riesgo.

Se pueden utilizar otras herramientas como la matriz doble de probabilidad e impacto que es una matriz modificada simple. Esta matriz permite mostrar riesgos positivos y negativos en la misma matriz. Se pueden cuantificar los riesgos con valores relativos como alto, medio o bajo e igualmente con valores numéricos como se trató en el marco teórico.

Mediante el análisis realizado a los riesgos eléctricos este cálculo se puede ver ejemplificado en el cuadro No. 10.

#### **4.3.2 Análisis cualitativo de Riesgos en Proyectos eléctricos**

El propósito del desarrollo de este objetivo es estudiar cada uno de los riesgos identificados en el capítulo anterior de acuerdo con su probabilidad de ocurrencia y

con el impacto que pudieran tener sobre el cumplimiento de los objetivos. Antes de proceder con la valoración se deben revisar los controles o acciones que en el momento se encuentren vigentes para tratar los riesgos, y en el contexto de estas acciones realizar la evaluación. En muchos casos, se justifica diferenciar el riesgo puro, es decir, sin ningún tipo de intervención, y el riesgo actual, dada la gestión que ha adelantado para su control. Así mismo, conviene analizar la efectividad de los esquemas de control que se estén utilizando.

El análisis cualitativo se hace con el fin de obtener una lista priorizada de los riesgos identificados en la fase inicial. El equipo de trabajo del proyecto con esta lista que es más corta entonces tomará acciones para tratarlos y reducir los riesgos. Un registro que se obtiene de este análisis es el registro actualizado de riesgos. Igualmente se obtiene la probabilidad y el impacto de cada riesgo prioritario, y un valor que indica si el riesgo es alto, medio o bajo; esto según como se haya definido en la escala de la matriz de probabilidad e impacto.

Antes de empezar a realizar la matriz de riesgos es necesario identificar completamente los riesgos. Se puede entonces clasificar cada riesgo del cuadro No. 7 obtenido en el capítulo anterior y categorizarlo. Por favor ver cuadro No. 9 a continuación. La categoría de riesgos se puede agrupar así:

- Riesgos operacionales: Gobernabilidad, Personal, recursos humanos, corrupción, jurídico, seguridad industrial, salud ocupacional, medio ambiente, calidad, informático, proceso de contratación y compras, contratistas, producción.
- Riesgos de entorno: políticos, económicos, orden público, sociales, catástrofes naturales.
- Riesgos estratégicos: competidores, planeación, mercado.

- Riesgos toma de decisiones: información, financiero, proyectos.

### Cuadro 9. Listas de riesgos categorizadas para proyectos eléctricos

Fuente: Propia (2016)

REGISTRO DE RIESGOS CATEGORIZADA PROYECTOS ELECTRICOS			
No.	Riesgo	Categoría	Tipo
1	Si se presentan accidentes de los contratistas de la obra se pueden incurrir en costos no estimados para el proyecto.	Operacionales	Seguridad industrial
2	Si no se controlan las actividades no planeadas se puede generar un retrasos en la entrega del proyecto	Toma de decisión	Planeación
3	Si no se controlan las actividades no planeadas se puede generar un sobrecosto en el proyecto	Estratégicos	Planeación
4	Si no hay control sobre las restricciones durante el proyecto se pueden generar sobrecostos o afectar el cronograma del proyecto	Operacionales	Planeación
5	Si existe una baja calidad de ingeniería básica se puede incurrir en sobrecostos por falta de definición de equipos, retraso en cronograma por ausencia de requisitos claros a los involucrados y fallas en el alcance por no cumplir los requisitos del contrato.	Operacionales	Personal
6	Si hay una baja capacidad de atención al cliente, se pueden perder muchos contratos futuros.	Estratégicos	Gestión
7	Si se presenta una baja experiencia en el área del personal de montaje y cableado se pueden incurrir en sobrecostos y retraso en el cronograma	Operacionales	Personal
8	Si se presentan barreras en el lenguaje ya sea escrito o hablado en la ejecución del proyecto se pueden presentar malentendidos que pueden afectar el alcance del proyecto.	Entorno	Sociales
9	Si no hay un control con los cambios en ingeniería por parte del cliente se pueden presentar retrasos en el cronograma	Operacionales	Cliente
10	Si se presentan cambios en normatividad de contratación se pueden presentar sobrecostos derivado de los contratistas	Toma de decisión	Proceso contratación
11	Si no existe una adecuada coordinación en la puesta de órdenes de compra a tiempo se puede incurrir en retrasos en el cronograma	Estratégicos	Planeación
12	Si hay una deficiente calidad de las ingenierías conceptual y de detalle se pueden incurrir en retrasos y reprogramaciones del cronograma.	Operacionales	Calidad
13	Si no hay una adecuada interrelación con otras áreas: civil, mecánica, etc. Se pueden incurrir en retrasos del cronograma del contratista civil, mecánico, electricista, etc.	Operacionales	Planeación
14	Si se presenta una demora en aprobación de presupuestos es posible que se presenten retrasos en el proyecto por la llegada tardía de equipos.	Toma de decisión	Gobernabilidad



15	Si se presenta una demora en fabricación de tableros y celdas se puede generar un retraso en el cronograma	Operacionales	Personal
16	Si se presenta una demora en fabricación de transformadores se puede generar un retraso en el cronograma	Operacionales	Personal
17	Si se presenta una demora con la aprobación por parte del cliente de los submittals se puede presentar retrasos en el proceso de compras.	Operacionales	Gestión
18	Si se presenta una demora en contratación de terceros se puede presentar un retraso en el cronograma.	Operacionales	Gestión
19	Si se presentan demoras en la gestión de licencias o permisos de trabajo se pueden presentar sobrecostos por tiempos muertos del contratista	Operacionales	Gestión
20	Si en la ejecución del proyecto hay diferentes culturas por ejemplo de religión con respecto a las fechas religiosas es posible que se presenten retrasos del cronograma	Entorno	Sociales
21	Si no hay una adecuada disponibilidad del equipo de soporte a proyectos se pueden presentar retrasos en el cronograma y sobrecostos asociados con contrataciones extras	Operacionales	Personal
22	Si no hay facilidades previas no disponibles para iniciar el proyecto, se pueden presentar retrasos en el cronograma	Operacionales	Cliente
23	Si se presenta falta de apoyo al proyecto por parte de la gerencia, se puede incurrir en impactos tanto de alcance, costos y tiempo.	Estratégicos	Gestión
24	Si no se hace una adecuada capacitación al cliente al finalizar el proyecto, se pueden incurrir en sobrecostos en la etapa de garantía.	Operacionales	Planeación
25	Si no hay personal capacitado en la puesta en marcha, se pueden presentar demoras en la instalación de los equipos	Operacionales	Personal
26	Si no se hace una adecuada previsión de garantías al finalizar el proyecto, se pueden presentar sobrecostos en el proyecto	Estratégicos	Planeación
27	Si no hay una adecuada gestión de compra de materiales se pueden presentar retrasos en la elaboración de equipos e instalación.	Estratégicos	Proceso compras
28	Si no hay una adecuada disponibilidad de equipos para el comisionamiento o puesta de arranque del proyecto en la zona se puede incurrir en sobrecostos y demoras en el cronograma	Operacionales	Tecnología
29	Si no hay una buena experiencia de ingenieros de ofertas durante la etapa de la venta, se pueden generar sobrecostos en el inicio del proyecto	Operacionales	Personal
30	Si durante la puesta en marcha del proyecto, se evidencia una falta de experiencia de ingenieros de protección y control, se puede incurrir en fallas de puesta e arranque de los equipos, conllevando sobrecostos por posibles daños.	Operacionales	Personal
31	Si se contrata un director inexperto para el proyecto se puede incurrir en toda clase de falencias en los objetivos del proyecto	Operacionales	Personal

32	Si no hay una adecuada interpretación de requisitos de pliegos frente a la parte técnica, se puede incurrir en costos adicionales-	Operacionales	Personal
33	Si no hay Instalaciones sanitarias no disponibles en proyecto, se puede presentar enfermedades en el personal que labora en el proyecto	Operacionales	Seguridad industrial
34	Si en la parte gerencial de la empresa, no hay una adecuada Interrelación con otros proyectos similares, no existirán lecciones aprendidas que sirvan como base para preparar futuros proyectos	Toma de decisión	Planeación
35	Si no hay una organización madura en dirección de proyectos, se pueden presentar falencias en todos los objetivos del proyectos	Estratégicos	Gestión
36	Si hay mala calidad de los materiales eléctricos, se puede presentar sobrecostos debido a recompras y reingeniería del proceso	Operacionales	Calidad
37	Si hay mala calidad en trabajos de obras civiles asociadas, se pueden presentar fallas en los equipos instalados.	Operacionales	Calidad
38	Si no hay un manejo integrado de los proveedores de servicios, se pueden presentar retrasos en el cronograma por cruce de actividades paralelas.	Operacionales	Gestión
39	Si no hay conocimiento de lecciones aprendidas de proyectos previos, se pueden volver realidad todas las lecciones aprendidas en el nuevo proyecto	Operacionales	Gestión
40	Si no hay disponibilidad de diseños de los equipos comprados en el exterior se pueden presentar fallas en la calidad de la celda finalmente ensamblada	Operacionales	Tecnología
41	Si no disponibilidad de presupuesto para el proyecto se pueden presentar demandas por parte del cliente	Toma de decisión	Económicos
42	Si No hay cultura de calidad entre los involucrados del proyecto, se pueden presentar afectaciones en los objetivos del proyecto.	Operacionales	Personal
43	Si no hay un proceso formal de control de cambios, se pueden presentar sobrecostos no estimados en el proyecto	Estratégicos	Planeación
44	Si se presenta un optimismo sin base en la estimación de tiempo y recursos de los trabajos se pueden afectar todos los objetivos del proyecto	Operacionales	Planeación
45	Si se presentan paradas de ejecución debido a requerimientos logísticos del cliente, se pueden presentar retrasos en el cronograma	Operacionales	Cliente
46	Si hay un paro laboral y descontento entre los trabajadores, se pueden presentar retrasos en todos los objetivos del proyecto	Entorno	Orden Público
47	Si no hay un Plan de proyecto real, se pueden afectar todos los objetivos del proyecto	Estratégicos	Planeación
48	Si se presentan retrasos con documentación de la oferta se pueden presentar sobrecostos de administración inicial del proyecto	Operacionales	Proceso ofertas
49	Si hay problemas con las comunidades de influencia, se pueden afectar los tiempos de ejecución del proyecto	Entorno	Orden Público

50	Si se contratan proveedores sin experiencia en proyectos eléctricos, se pueden presentar sobrecostos debido a falta de cumplimiento de alcance	Operacionales	Proceso contratación
51	Si hay gran resistencia al cambio por parte de los interesados, y una gerencia estratégica en pro del proyecto, se pueden presentar falencias en todos los objetivos del proyecto	Estratégicos	Gestión
52	Si se presentan retrasos en compras de equipos importados, se pueden presentar retrasos en el ensamble de equipos de la fábrica	Operacionales	Proceso compras
53	Si se presentan retrasos en los procesos de contratación y compras por parte de los ingenieros encargados de compras, se puede incurrir en retrasos del cronograma	Toma de decisión	Proceso contratación
54	Si no se estiman bien las horas hombre en elaboración de ingeniería se puede incurrir en fallas de calidad y retrasos en cronograma del proyecto	Operacionales	Planeación
55	Si no se planifica un adecuado suministro de servicios provisionales requeridos para el trabajo, se pueden incurrir en fallas de calidad durante la instalación.	Operacionales	Gestión
56	Si se presentan tecnologías recientes de equipos eléctricos y no existen adecuado personal para su instalación y puesta en marcha, se pueden incurrir en extra tiempo y sobrecostos.	Operacionales	Tecnología

Luego de que se tiene la lista de riesgos completa es necesario mediante reuniones de expertos analizar cada uno de los riesgos y seleccionar los más críticos. Este paso seguramente va a necesitar de varias reuniones con los involucrados del proyecto pero este tiempo que se utiliza traerá beneficios a largo plazo. Este es un paso obligatorio, si no se hace se puede poner en peligro el éxito del proyecto.

Para ponderar cualitativamente los riesgos se debe calificar para cada uno cual es la probabilidad de ocurrencia, donde 5 indica una probabilidad alta y 1 una probabilidad baja, el impacto que puede tener cada riesgo en cuanto al alcance, costo, tiempo y calidad. Luego se hace la calificación del riesgo mediante la multiplicación de la probabilidad por el impacto. El cuadro No. 10 muestra estas ponderaciones.

El cuadro igualmente presenta el tipo de riesgo según la categoría. Se presenta una columna indicando el control y el plazo donde un valor de 1 significa mayor grado de control y plazo inmediato de acción para cada riesgo. Se pondera cada

riesgo mediante un valor de 1 a 5 según el impacto que tenga en los objetivos del proyecto. Finalmente la calificación del riesgo se hace multiplicando la probabilidad por el impacto sobre cada objetivo y se hace la sumatoria de dicha calificación. Este valor total nos indica la calificación final del riesgo.

Cuadro 10. Plantilla de registro de riesgos. Análisis cualitativo.

Fuente: Propia (2016)

PLANTILLA DE REGISTRO DE RIESGOS. ANALISIS CUALITATIVO																
No.	Riesgo	Tipo	Control	Plazo	Prob	Impacto					Calificación del riesgo=P*I					Categoría
						Alcance	Costo	Tiempo	Calidad	Máx	Alcance	Costo	Tiempo	Calidad	Total	
1	Accidentes de los contratistas de la obra	Seguridad industrial	1	1	5	4	5	4	2	5	20	25	20	25	90	Operacionales
2	Actividades no planeadas que generan retrasos en la entrega	Planeación	2	2	3	4	3	4	1	4	12	9	12	12	45	Toma de decisión
3	Actividades no planeadas que generan sobrecosto	Planeación	2	3	3	4	3	4	1	4	12	9	12	12	45	Estratégicos
4	Agregar o eliminar restricciones durante el proyecto	Planeación	2	4	3	3	2	1	1	3	9	6	3	9	27	Operacionales
5	Baja calidad de ingenierías básica	Personal	1	1	4	5	5	5	4	5	20	20	20	20	80	Operacionales
6	Baja capacidad de atención al cliente	Gestión	1	1	4	4	4	4	2	4	16	16	16	16	64	Estratégicos
7	Baja experiencia en el área del personal de montaje y cableado	Personal	4	4	3	1	1	3	2	3	3	3	9	9	24	Operacionales
8	Barreras en el lenguaje	Sociales	5	5	2	2	2	2	3	3	4	4	4	6	18	Entorno
9	Cambios en ingeniería por parte del cliente	Cliente	2	2	3	3	2	2	1	3	9	6	6	9	30	Operacionales
10	Cambios en normatividad de contrataci	Proceso contrataci	2	3	2	3	3	2	1	3	6	6	4	6	22	Toma de decisión

	contratación	ón														
11	Coordinación en la puesta de órdenes de compra a tiempo	Planeación	2	2	2	2	2	3	1	3	4	4	6	6	20	Estratégicos
12	Deficiente calidad de las ingenierías conceptual y de detalle	Calidad	2	2	3	2	2	2	3	3	6	6	6	9	27	Operacionales
13	Definición de interrelación con otras áreas: civil, mecánica, etc.	Planeación	3	3	3	2	2	2	3	3	6	6	6	9	27	Operacionales
14	Demora en aprobación de presupuestos	Gobernabilidad	3	3	2	2	2	3	1	3	4	4	6	6	20	Toma de decisión
15	Demora en fabricación de tableros y celdas	Personal	1	1	4	5	3	5	3	5	20	12	20	20	72	Operacionales
16	Demora en fabricación de transformadores	Personal	1	1	4	5	3	5	3	5	20	12	20	20	72	Operacionales
17	Demoras con la aprobación por parte del cliente	Gestión	4	3	2	2	2	3	1	3	4	4	6	6	20	Operacionales
18	Demoras en contratación	Gestión	1	1	4	3	4	5	2	5	12	16	20	20	68	Operacionales
19	Demoras en la gestión de licencias o permisos de trabajo	Gestión	4	1	1	2	1	3	1	3	2	1	3	3	9	Operacionales
20	Diferentes culturas en el mismo proyecto	Sociales	5	5	1	1	1	1	2	2	1	1	1	2	5	Entorno
21	Disponibilidad del equipo de soporte a proyectos	Personal	2	3	2	2	2	3	1	3	4	4	6	6	20	Operacionales
22	Facilidades previas no disponibles	Cliente	2	4	3	1	1	2	1	2	3	3	6	6	18	Operacionales
23	Falta de apoyo al proyecto por parte	Gestión	1	1	4	5	5	5	5	5	20	20	20	20	80	Estratégicos

	de la gerencia															
24	Falta de capacitación al cliente	Planeación	5	4	2	1	1	1	2	2	2	2	2	4	10	Operacionales
25	Falta de personal capacitado en la puesta en marcha	Personal	2	2	3	2	1	2	3	3	6	3	6	9	24	Operacionales
26	Falta de previsión de garantías al finalizar el proyecto	Planeación	4	3	3	1	1	1	3	3	3	3	3	9	18	Estratégicos
27	Gestión de compra de materiales	Proceso compras	1	1	5	3	4	5	3	5	15	20	25	25	85	Estratégicos
28	Indisponibilidad de equipos en la zona	Tecnología	2	3	2	2	2	3	2	3	4	4	6	6	20	Operacionales
29	Inexperiencia de ingenieros de ofertas	Personal	2	2	3	3	2	2	1	3	9	6	6	9	30	Operacionales
30	Inexperiencia de ingenieros de protección y control	Personal	2	3	1	3	2	2	1	3	3	2	2	3	10	Operacionales
31	Inexperiencia del director del proyecto con proyectos similares	Personal	1	1	4	5	3	3	4	5	20	12	12	20	64	Operacionales
32	Inexperiencia en interpretación de requisitos de pliegos	Personal	2	2	3	3	1	1	3	3	9	3	3	9	24	Operacionales
33	Instalaciones sanitarias no disponibles en proyecto	Seguridad industrial	5	5	1	1	1	1	2	2	1	1	1	2	5	Operacionales
34	Interrelación con otros proyectos	Planeación	2	4	2	2	2	2	2	2	4	4	4	4	16	Toma de decisión
35	La organización no es madura en dirección de proyectos	Gestión	1	1	4	3	3	3	3	3	12	12	12	12	48	Estratégicos
36	Mala calidad de los materiales eléctricos	Calidad	1	1	5	3	3	3	5	5	15	15	15	25	70	Operacionales

37	Mala calidad en trabajos de obras civiles asociadas	Calidad	1	1	5	4	4	4	5	5	20	20	20	25	85	Operacionales
38	Manejo integrado de los proveedores de servicios	Gestión	2	3	2	3	1	1	2	3	6	2	2	6	16	Operacionales
39	No conocer lecciones aprendidas de proyectos previos	Gestión	2	2	3	3	1	1	1	3	9	3	3	9	24	Operacionales
40	No disponibilidad de diseños de los equipos	Tecnología	2	4	2	1	1	1	3	3	2	2	2	6	12	Operacionales
41	No disponibilidad de presupuesto	Económicos	2	2	5	2	4	2	2	4	10	20	10	20	60	Toma de decisión
42	No hay cultura de calidad	Personal	1	1	4	3	3	3	5	5	12	12	12	20	56	Operacionales
43	No hay un proceso formal de control de cambios	Planeación	3	2	3	3	3	2	2	3	9	9	6	9	33	Estratégicos
44	Optimismo en la estimación de tiempo y recursos de los trabajos	Planeación	1	1	5	5	5	5	2	5	25	25	25	25	100	Operacionales
45	Paradas de ejecución debido a requerimientos logísticos del cliente	Cliente	3	4	2	1	1	2	1	2	2	2	4	4	12	Operacionales
46	Paro laboral y descontento entre los trabajadores	Orden Público	1	1	4	3	4	5	2	5	12	16	20	20	68	Entorno
47	Plan de proyecto irreal	Planeación	2	1	3	3	3	3	3	3	9	9	9	9	36	Estratégicos
48	Problemas con documentación de la oferta	Proceso ofertas	3	2	2	3	2	2	1	3	6	4	4	6	20	Operacionales
49	Problemas con las comunidades de influencia	Orden Público	5	5	1	1	1	2	1	2	1	1	2	2	6	Entorno
50	Proveedores sin experiencia en	Proceso contrataci	1	1	4	4	3	3	2	4	16	12	12	16	56	Operacionales



	proyectos eléctricos	ión														
51	Resistencia al cambio de los interesados	Gestión	1	1	5	5	3	3	3	5	25	15	15	25	80	Estratégicos
52	Retrasos en compras de equipos importados	Proceso compras	2	2	5	1	2	3	1	3	5	10	15	15	45	Operacionales
53	Retrasos en los procesos de contratación y compras	Proceso contratación	1	1	5	5	4	4	4	5	25	20	20	25	90	Toma de decisión
54	Subestimar horas hombre en elaboración de ingeniería	Planeación	4	2	3	1	1	3	1	3	3	3	9	9	24	Operacionales
55	Suministro servicios provisionales requeridos para el trabajo	Gestión	4	4	2	1	1	2	1	2	2	2	4	4	12	Operacionales
56	Tecnologías recientes de equipos eléctricos	Tecnología	5	5	2	1	1	1	2	2	2	2	2	4	10	Operacionales

De los 56 riesgos originales se cualifican 22 como prioritarios una vez realizado el cálculo de calificación de riesgos. Por favor ver el cuadro No. 11 con esta priorización de riesgos.

### Cuadro 11. Lista de riesgos priorizada

Fuente: Propia (2016)

<b>REGISTRO DE RIESGOS PRIORITARIOS</b>		
<b>No.</b>	<b>Riesgo</b>	<b>Calificación del riesgo=P*I</b>
		Total
44	Optimismo en la estimación de tiempo y recursos de los trabajos	100
53	Retrasos en los procesos de contratación y compras	90
1	Accidentes de los contratistas de la obra	90
37	Mala calidad en trabajos de obras civiles asociadas	85
27	Gestión de compra de materiales	85
51	Resistencia al cambio de los interesados	80
5	Baja calidad de ingenierías básica	80
23	Falta de apoyo al proyecto por parte de la gerencia	80
15	Demora en fabricación de tableros y celdas	72
16	Demora en fabricación de transformadores	72
36	Mala calidad de los materiales eléctricos	70
18	Demoras en contratación	68
46	Paro laboral y descontento entre los trabajadores	68
31	Inexperiencia del director del proyecto con proyectos similares	64
6	Baja capacidad de atención al cliente	64
41	No disponibilidad de presupuesto	60
50	Proveedores sin experiencia en proyectos eléctricos	56
42	No hay cultura de calidad	56
35	La organización no es madura en dirección de proyectos	48
2	Actividades no planeadas que generan retrasos en la entrega	45
3	Actividades no planeadas que generan sobrecosto	45
52	Retrasos en compras de equipos importados	45

#### **4.3.2.1 Descripción de los riesgos prioritarios en proyectos eléctricos.**

##### **4.3.2.1.1 Riesgo Optimismo en la estimación de tiempo y recursos de los trabajos.**

El riesgo indica que si hay demasiada confianza y alegría temporal por haber ganado una licitación o un proyecto y no hay manos a la obra de forma inmediata así como patrocinio de parte de la alta gerencia, entonces el riesgo más alto ocurre por no llevar a cabo una estrategia de planificación de proyectos. Aquí es cuando más debe existir trabajo por parte de la organización. El más alto número de horas se debe plasmar en este objetivo. Si el Director de proyecto no asume su responsabilidad llevando de la mano a todos los involucrados seguramente tendrá este como el padre de todos los riesgos en sus proyectos.

##### **4.3.2.1.2 Riesgo Retrasos en los procesos de contratación y compras. Gestión de compra de materiales.**

Los equipos eléctricos son muy sensibles para los proyectos. Generalmente no hay stock de ellos en las fábricas de proveedores. Cada necesidad de un cliente es generalmente particular y por ello es necesario dedicar un esfuerzo personal en cuanto al diseño para definir bien el requerimiento del cliente y así mismo obtener la especificación de cada equipo en particular. Una vez el diseño está completamente aprobado por el cliente se procede a poner al tanto al equipo de contratación y compras. Ellos usualmente hacen un requerimiento formal de propuestas y el proceso puede ser tan demorado como lo indiquen los procedimientos propios de la empresa. Solamente actúan de forma inmediata cuando el riesgo se ha materializado y las compras llevan sobrecostos que afectan los proyectos.

#### **4.3.2.1.3 Accidentes de los contratistas de la obra.**

Aquí caben en realidad todas las personas involucradas en los proyectos. El riesgo de origen eléctrico es uno de los más importantes en la ingeniería de proyectos actual. La corriente eléctrica afecta a miles de personas en el mundo y más a los trabajadores que involucran redes y equipos de media y baja tensión. El costo de mantener a salvo las personas es insignificante cuando se trata de multas o sanciones a empresas que han perdidos a uno solo de sus trabajadores por un accidente de índole eléctrico.

#### **4.3.2.1.4 Mala calidad de trabajos en obras civiles asociadas.**

Durante el diseño se deben interrelacionar los ingenieros electricistas con los de las otras disciplinas con el fin de obtener planos constructivos detallados de los requerimientos civiles y arquitectónicos de los edificios que van a alojar los equipos eléctricos de media y baja tensión. Así mismo es importante establecer especificaciones de construcción para estas obras. Las demoliciones cuando el riesgo se vuelve real son constantes en este tipo de obras debido a que no se respetan las distancias de seguridad entre los equipos eléctricos y las paredes o estructuras del edificio.

#### **4.3.2.1.5 Resistencia al cambio de los interesados.**

Cuando hay interesados negativos en el proyecto afecta de sobremanera los resultados del mismo. Si no hay un buen grupo de diseño motivado por ejemplo se van a tener retrasos en los planos constructivos. Si no hay un grupo de compras comprometido se van a tener sobrecostos. Si el Director de Proyecto no está totalmente consiente de sus obligaciones y apoyado fuertemente por la gerencia entonces se llegará al fracaso en algún momento. Igual pasa si un director de proyecto no motiva o convence de la responsabilidad de cada uno de los miembros de proyecto. Una compañía crece en realidad cuando cada uno de sus involucrados es consciente de su papel en la empresa, y como tal apoya y motiva a sus compañeros.

#### **4.3.2.1.6 Baja Calidad en ingeniería**

Si no hay especificaciones y planos eléctricos adecuados se tiene el riesgo de realizar mal las compras y mal las instalaciones del proyecto. Todos los requerimientos del cliente se plasman finalmente en los planos constructivos y cada nota explicativa de los planos debe llevar al contratista de la instalación a cumplir con dichos requisitos.

#### **4.3.2.1.7 Demora en fabricación de equipos.**

Sucede mucho que si hay una cadena de errores en la fábrica siempre se tendrá represado el producto final. Si una de las piezas de la cadena de fabricación falla de ahí en adelante fallará todo si no se tiene un plan de contingencias. Un director de fábrica es un involucrado del proyecto prioritario y debe estar al tanto de la demora en fabricación por ejemplo de celdas de media y baja tensión o de los transformadores. Estos equipos requieren de piezas generalmente importadas y de largo tiempo de fabricación y distribución. El control milimétrico de esta disponibilidad y así mismo de personal suficiente para el ensamble y las pruebas de fábrica pueden disminuir el riesgo.

#### **4.3.2.1.8 Baja capacidad de atención al cliente.**

Los clientes son la prioridad en el negocio de la electricidad. Si no hay una atención eficiente de acuerdo a los requerimientos entonces seguramente empiezan a indagar con la competencia sobre portafolio de servicios y calidad de sus productos. Este es el negocio en general de servicios de ingeniería. Las oportunidades están abiertas a todos pero solo las organizaciones bien preparadas y con personal idóneo se mantienen.

Otra herramienta que podemos utilizar en este caso para evaluar cualitativamente los riesgos es la matriz de probabilidad e impacto de los riesgos. Dado que el

análisis es subjetivo, para determinar la probabilidad y el impacto de un riesgo, el equipo discute cuál estima subjetivamente que es la probabilidad de que el riesgo ocurra, y luego estima cuál sería el impacto si el mismo ocurre. Dado que los interesados pueden opinar diferente, y tener distintas tolerancias y actitudes frente al riesgo, habrá diferentes estimaciones, pero se debe llegar a un acuerdo sobre cuál es la probabilidad y cuál el impacto. En la figura 10 se muestra la matriz de probabilidad impacto basado igualmente en las lecciones aprendidas del autor de este Proyecto final de grado.

El impacto en las finanzas es un estimado al igual que el impacto de retraso en la ejecución de un proyecto eléctrico de media o baja tensión.

		PROBABILIDAD DE OCURRENCIA							
IMPACTO	FINANZAS (\$)	RETRASO EN EJECUCIÓN	VALORACIÓN		REMOTO	IMPROBABLE	POSIBLE	PROBABLE	FRECUENTE
					A	B	C	D	E
					1	2	3	4	5
≥U\$100,000	>3 meses	Crítico	5				5 23 15 16 18 46 31 41	44 53 1 37 27 51 36	
<U\$100,000 y ≥U\$50,000	1 mes - 3 meses	Alto	4			2 3	6 50	41 42	
<U\$50,000 y ≥U\$20,000	1 semana - 1 mes	Moderado	3	30 19	38 40 10 11 14 17 21 28 8	47 43 3 29 4 12 13 32 39 25 7 54 26	35	52	
<U\$20,000 y ≥U\$10,000	1 día - 1 semana	Menor	2	49 20 30	24 56 34 456 55	22			
<U\$10,000	<1 día	Bajo	1						

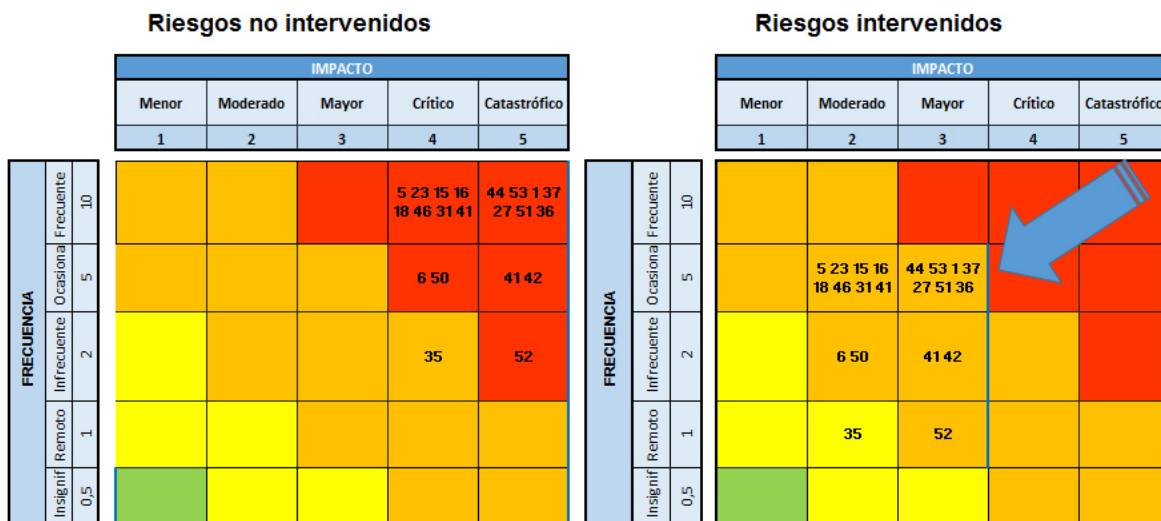
Convención	
	Insignificante
	Bajo
	Medio
	Alto

**Figura 10. Matriz de Probabilidad e impacto riesgos proyectos eléctricos**

**Fuente: Propia (2016)**

Para aquellos riesgos que en el análisis cualitativo resulten críticos, se deben establecer acciones de control y mitigación, para ser llevados a un nivel tolerable

para la organización, tal como se ilustra en la figura 11. Adicionalmente, conviene contar con un modelo que permita realizar un análisis cuantitativo, en la medida en que la naturaleza de riesgo y la información disponible lo permitan. Facilitando valorar la efectividad de las acciones de control, así como su seguimiento, además de que será posible medir la pérdida esperada y el impacto en el flujo de caja de la entidad, lo cual es de gran utilidad para definir su control efectivo.



**Figura 11. Ejemplo Análisis cualitativo**

**Fuente: Propia (2016)**

#### **4.4 Análisis Cuantitativo de Riesgos en Proyectos Eléctricos.**

Este capítulo tiene tres presentaciones. Primero se explicará brevemente como se hace el análisis cuantitativo con @Risk. Luego se presentan tres ejemplos basados en riesgos de proyectos eléctricos analizados con @Risk y por último se plantea en el Anexo 4 una guía de manejo paso a paso de @Risk tomado del manual que viene con la adquisición del software.

#### 4.4.1 Cómo hacer un análisis cuantitativo de riesgos

Realizar el análisis cuantitativo de riesgos es el proceso de analizar numéricamente el efecto de los riesgos identificados sobre los objetivos generales del proyecto. El beneficio es que genera información cuantitativa sobre los riesgos para apoyar la toma de decisiones a fin de reducir la incertidumbre del proyecto. (PMI, 2013).

Para determinar si se requiere o no realizar un análisis cuantitativo se deben tener en cuenta tres premisas básicas: Si el cliente lo exige, si hay tiempo y presupuesto para hacerlo y si hay gente capacitada para realizarlo. (Buchtik, 2012).

El análisis cuantitativo puede servir para:

- Determinar reservas de dinero y costos.
- Crear objetivos realistas de tiempo, costo y alcance.
- Determinar en qué riesgos concentrarse y cuales influyen más.
- Determinar la probabilidad cuantitativa de cumplir con el objetivo.

Por ejemplo para un proyecto de una línea de distribución eléctrica en media tensión para alimentar un barrio dentro de una gran ciudad se pueden responder a las siguientes preguntas mediante un análisis cuantitativo de riesgos:

- ¿En qué riesgos me debo concentrar: trazado de la línea, zonas de servidumbre, distancias eléctricas de seguridad, vías de acceso para la instalación de postes y cables, etc.?
- ¿Cuánta reserva de tiempo o de costo se debe asignar al proyecto?
- ¿Cuál es la probabilidad de terminar el proyecto en el mes 10, conociendo una tasa de rendimiento de 20 kilómetros de red por mes y cual el riesgo de no cumplir con esa meta?
- ¿Cuál es la probabilidad de terminar la línea de distribución con un costo de U\$ 2.5 millones?
- ¿Cuándo debe terminar el proyecto si se desea arriesgar un 10%?
- ¿Son realistas los objetivos de costo, tiempo y alcance propuestos?



- ¿El departamento de investigación y desarrollo podrá resolver los problemas técnicos a los que se enfrenta?
- ¿Las normas y regulaciones del gobierno retrasarán la introducción del producto?
- ¿Los costos de producción se mantendrán al nivel previsto?
- ¿Habrá que cambiar el precio de venta propuesto para hacer frente a los imprevistos niveles de demanda del producto?
- ¿Los límites de resistencia de un poste en el momento de carga máxima se mantendrán dentro de lo previsto?

Una vez se hace el trabajo de análisis cuantitativo se puede obtener:

- La probabilidad cuantificada de cumplir con el plazo estipulado y el costo establecido. Se presentan fechas y costos estimados con el nivel de confianza. Por ejemplo 80% de probabilidad de terminar la línea de distribución de energía en el mes 10, o el 60% de no exceder el presupuesto de U\$ 50.000.
- Fechas y costos estimados junto con la probabilidad de éxito.
- Lista de riesgos priorizados.
- Tendencias de los resultados del análisis numérico.

En este capítulo se presenta el manejo básico de @Risk cuyas bondades se mostraron en el capítulo 2. @Risk se puede utilizar para analizar los riesgos del costo y del cronograma del proyecto mediante la simulación de Monte Carlo.

Los riesgos se toman como situaciones que pueden ser modeladas. Cada riesgo está compuesto de diferentes factores que son inciertos y el programa lo que hace es hacer una simulación de todos estos factores.

Con @Risk se puede incluir la incertidumbre presente en las estimaciones para generar resultados que mostrarán todos los valores posibles.

El objetivo en una mesa de trabajo con los involucrados de un proyecto es mostrar gráficas que ilustren los resultados de dicha simulación. Esto lo hace @Risk al

ejecutar correctamente las simulaciones a partir de datos que se obtienen de las lecciones aprendidas y/o expertos de proyectos previos.

El análisis de riesgo de @RISK es un método de análisis cuantitativo diseñado para definir los resultados de una decisión en forma de distribución de probabilidad. En general, las técnicas de análisis de riesgo de @RISK comprenden cuatro pasos:

- **Desarrollo de un modelo** — mediante la definición del problema o situación en el formato de la hoja de cálculo de Excel
- **Identificación de la incertidumbre** — en las variables de la hoja de cálculo de Excel, especificación de los posibles valores con distribuciones de probabilidad, e identificación de los resultados inciertos que desea analizar
- **Análisis del modelo mediante simulación** — para determinar el rango y las probabilidades de todas las conclusiones posibles de los resultados de la hoja de trabajo
- **Toma de decisión** — basada en los resultados obtenidos y en las preferencias personales

### 1. Paso 1. Creación del Modelo

@RISK funciona con los modelos de Excel permitiendo hacer análisis de riesgo y manteniendo al mismo tiempo las funciones típicas de una hoja de cálculo. Los modelos de datos en Excel son métodos que se utilizan para integrar datos de varias tablas y generar de forma efectiva un origen de datos relacional en un libro de Excel.

#### Variables

Las variables son los elementos básicos de las hojas de cálculo de Excel que han sido identificados como de importancia para el análisis. Si se está modelando una situación económica las variables pueden ser elementos como ventas, costos, ingresos o utilidades; mientras que si lo que se modela es una instalación eléctrica las variables serán cosas como cantidad de celdas, cantidad de cable, cantidad de transformadores, tipo de terreno, etc. Cada situación tiene sus propias variables que se deben identificar. En una hoja de cálculo típica, una variable es definida en una columna o en una fila de la hoja. Por ejemplo: Tal vez conozca los valores que

las variables alcanzarán en el periodo de tiempo establecido en el modelo. Por lo tanto esas variables son ciertas o, en términos estadísticos, “determinadas”. Por otro lado, no conoce los valores que alcanzarán ciertas variables. Estas variables se denominan inciertas o “estocásticas”. Si las variables son inciertas se debe describir la naturaleza de la incertidumbre. Esta labor se lleva a cabo con las distribuciones de probabilidad, que establecen el rango que los valores de una variable pueden alcanzar (del máximo al mínimo), y la probabilidad de que cada valor del rango realmente se produzca. En @RISK, las variables inciertas y los valores de las celdas se introducen como funciones de distribución de probabilidad.

Por ejemplo:

*RiskNormal(100,10)*

*RiskUniform(20,30)*

*RiskExpon(A1+A2)*

Estas funciones de distribución se pueden colocar en las celdas de la hoja de cálculo y en las fórmulas como se hace con cualquier otra función de Excel. Además de inciertas o inciertas, las variables de un modelo de análisis de riesgo pueden ser independientes o dependientes. Una variable independiente no se ve afectada en absoluto por ninguna otra variable del modelo. Por ejemplo, si se está evaluando un modelo económico para analizar la viabilidad económica de una nueva subestación eléctrica, se puede introducir una variable incierta denominada Cantidad de crudo a extraer para interrelacionarlo con la cantidad de motores que se requieren para dicha extracción. Por el contrario, una variable dependiente se determina parcial o totalmente dependiendo de una o más variables del modelo. Cuando se identifiquen los valores inciertos en las hojas de cálculo de Excel, deberá decidir si las variables están relacionadas. La función Corrmat de @RISK se utiliza para identificar variables relacionadas. Es muy importante reconocer correctamente las relaciones entre las variables; de lo contrario un modelo puede dar resultados sin sentido.

Cualquier modelo requiere tanto los valores de entrada como los resultados de salida, y lo mismo ocurre con los modelos de análisis de riesgo. Un análisis de

riesgo de @RISK genera los resultados en las celdas de las hojas de cálculo de Excel. Los resultados son distribuciones de probabilidad de los valores posibles que se pueden alcanzar. Estos resultados aparecen en las mismas celdas en que aparecen los resultados de un análisis normal de Excel; por ejemplo, las celdas de Utilidades, Total y otras similares.

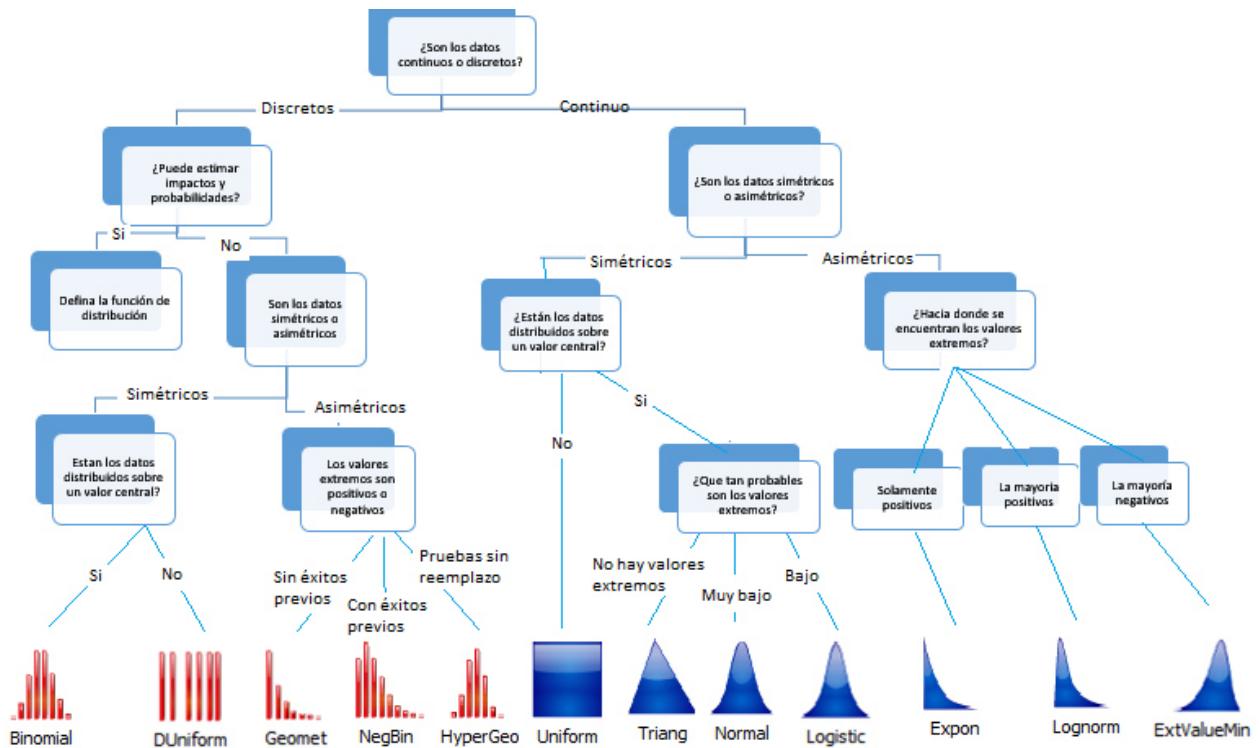
## **2. Paso 2. Descripción del riesgo a través de una Distribución de Probabilidad.**

Si ya se ha cuantificado el riesgo (o sea, ha determinado los posibles resultados y las probabilidades de que ocurran) podrá resumir este riesgo utilizando una distribución de probabilidad. Una distribución de probabilidad es una forma de presentar el riesgo cuantificado de una variable. @RISK utiliza distribuciones de probabilidad para describir valores inciertos en las hojas de cálculo de Excel y para presentar resultados. Existen muchas formas y tipos de distribuciones de probabilidad, cada una de las cuales describe el rango de valores posibles y, en cierta medida, la probabilidad de que ocurra cada valor posible.

Las funciones más usadas se pueden agrupar así:

1. Las más comunes: normal, lognormal, triangular, uniforme, distribución t.
2. Siguen procesos binomiales: binomial, binomial negativa, geométrica, Bernoulli y beta.
3. De los sucesos raros: Poisson, gamma y exponencial.
4. En espera de que ocurra un suceso: exponencial y Weibull.
5. Siguen un proceso hipergeométrico: hipergeometría, hipergeométrica inversa.
6. De valor extremo: Gumbel, Pareto y Frechet.
7. Otras: customizada, logística.

En la Figura No. 12 se presenta la forma en que se relacionan las principales familias de funciones de distribución.



**Figura 12. Guía para la selección de funciones de distribución de acuerdo a la naturaleza de la incertidumbre.**

**Fuente: Propia (2016)**

Todas las distribuciones utilizan una serie de argumentos para especificar un rango de valores reales y su distribución de probabilidad. La distribución normal, por ejemplo, utiliza como argumentos una media y una desviación estándar. La media define el valor alrededor del cual se centrará la curva de campana, y la desviación estándar define el rango de valores alrededor de la media. @RISK ofrece más de 30 tipos de distribuciones para describir distribuciones de valores inciertos en las hojas de cálculo de Excel. La ventana @RISK Definir distribución permite ver gráficamente las distribuciones y asignarlas a valores inciertos. Utilizando estos gráficos, podrá ver rápidamente el rango de posibles valores de una distribución.

### **3. Paso 3. Análisis de un modelo mediante simulación.**

Una vez colocados los valores inciertos en las celdas e identificadas las salidas del análisis, @RISK puede analizar esta hoja de cálculo de Excel.

@RISK utiliza la simulación de Monte Carlo para llevar a cabo el análisis de riesgo mediante el cálculo repetitivo de distribuciones de probabilidad. La computadora prueba todas las combinaciones válidas de valores de las variables de entrada para simular todos los posibles resultados.

Es como si llevara a cabo cientos de miles de análisis de escenarios de suposición “Y si...” al mismo tiempo en una hoja de cálculo.

Por ejemplo, si las variables de entrada ciertas son:

**Ingresos = 100**

**Costos = 90**

Entonces el resultado

**Utilidades = 10**

Será calculado por Excel siguiendo la fórmula

**Ingresos = 100 – 90.**

Sólo hay una posible combinación de los valores de las variables de entrada, porque sólo hay un valor posible para cada variable.

Ahora, consideremos un ejemplo en el que ambas variables de entrada son inciertas. Por ejemplo:

**Ingresos = 100 ó 120**

**Costos = 90 u 80**

En este ejemplo cada variable de entrada tiene dos valores posibles. En una simulación, @RISK considerará todas las combinaciones posibles de los valores de estas variables para calcular los posibles valores del resultado, en esta caso Utilidades. Por lo tanto habrá cuatro combinaciones posibles:

**Utilidades = Ingresos - Costos**

**10 = 100 - 90**

**20 = 100 - 80**

**30 = 120 - 90**

**40 = 120 - 80**

El resultado de Utilidades también es una variable incierta porque se ha calculado a partir de variables inciertas.

## **Cómo funcionan las simulaciones**

En @RISK, las simulaciones llevan a cabo dos operaciones distintas:

- Selección de una serie de valores para las funciones de distribución de probabilidad de las celdas y de las fórmulas de la hoja de cálculo y
- Recalculo de la hoja de cálculo de Excel utilizando los nuevos valores

La selección de los valores de las distribuciones de probabilidad se denomina recolectada de muestras, tomas de muestras o ‘muestreo’, y cada nuevo cálculo de la hoja se denomina iteración. @RISK genera distribuciones de salida consolidando los resultados singulares de todas las iteraciones realizadas.

### **4. Paso 4. Toma de decisiones: Interpretación de resultados**

Los resultados de los análisis de @RISK se presentan en forma de distribuciones de probabilidad. Quien vaya a tomar la decisión debe interpretar estas distribuciones de probabilidad y basar su decisión en esa interpretación.

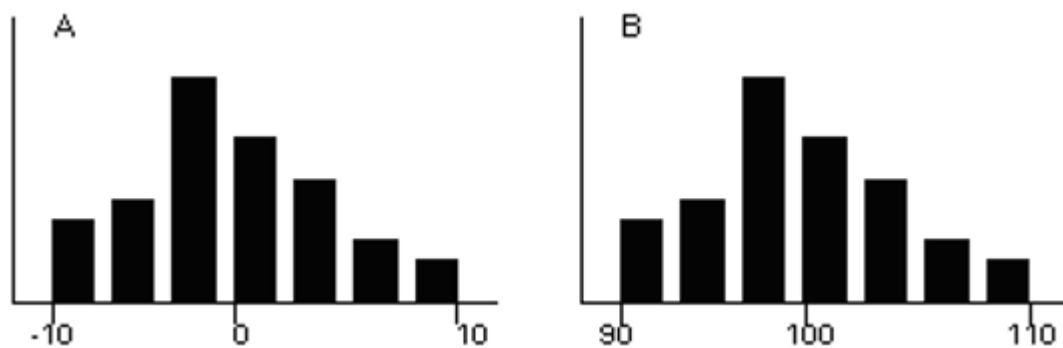
En un análisis de riesgo @RISK las distribuciones de probabilidad de salida ofrecen una imagen completa de todos los posibles resultados. Este método es mucho más elaborado y completo que el de “peor esperado-mejor de los casos”. Pero las distribuciones de probabilidad, además de rellenar los huecos que deja el sistema de análisis de tres posibles resultados, hacen muchas otras cosas:

- Determinan un rango “correcto” — Como este método define más rigurosamente la incertidumbre asociada con cada variable de entrada, el rango posible de resultados puede ser muy diferente del rango que presenta un análisis “peor de los casos-mejor de los casos”. Puede ser un rango diferente y más exacto.
- Muestran la probabilidad de que ocurra cada valor — Una distribución de probabilidad muestra la probabilidad relativa de que se produzca cada uno de los resultados posibles. Con este tipo de análisis no tendrá que limitarse a comparar los resultados deseables con los no deseables. Ahora podrá observar que ciertos resultados tienen más probabilidades de producirse que otros, y deben tener más peso en su evaluación de la situación. Este procedimiento es además mucho más sencillo de comprender que el análisis tradicional porque la distribución de

probabilidad se puede mostrar en forma de gráfico: las probabilidades se pueden ver y se tiene una mejor idea del riesgo que se corre.

Independientemente de su concepción personal del riesgo, existen ciertas conclusiones generales sobre las situaciones arriesgadas que se deben aplicar en todos los casos. Las siguientes distribuciones de probabilidad ilustran estas conclusiones:

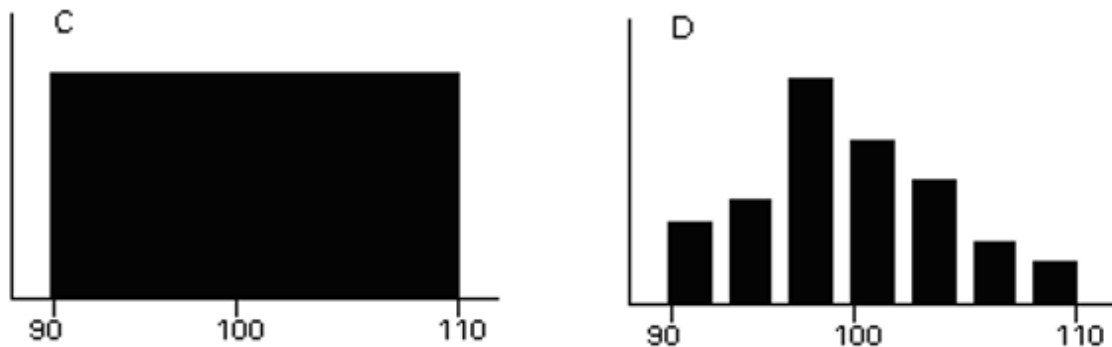
La distribución de probabilidad A representa un riesgo mayor que la distribución B a pesar de tener formas idénticas, porque el rango de A tiene menos resultados deseables. La distribución con respecto a la media es mayor en A que en B.



**Figura 13. Comparación Distribución de probabilidad 1.**

**Fuente: @Risk.**

La distribución de probabilidad C representa un riesgo mayor que la distribución D porque la probabilidad de que se produzca un valor es uniforme en todo el rango, mientras que en D la probabilidad se concentra entorno a 98.

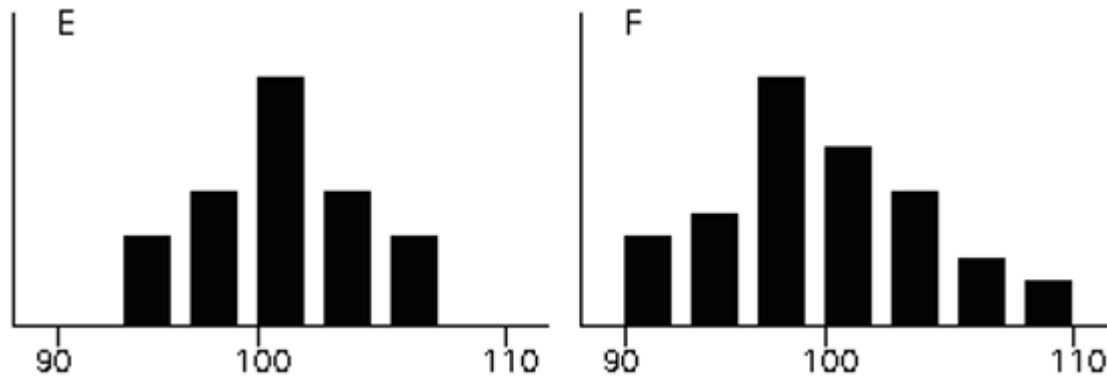


**Figura 14. Comparación Distribución de probabilidad 2.**

**Fuente: @Risk.**



La distribución de probabilidad F representa un riesgo mayor que la distribución E porque el rango es mayor y la probabilidad está ‘más distribuida’ que en E.



**Figura 15. Comparación Distribución de probabilidad 3.**

**Fuente: @Risk.**

#### **4.4.2 Análisis Proyectos Eléctricos con @Risk.**

En este apartado se muestran 3 ejemplos de simulación de análisis cuantitativo de riesgos para proyectos eléctricos de media y baja tensión.

##### **4.4.2.1 Ejemplo 1. Proyecto Celdas Media Tensión – Simulación Project.**

En la figura 16 se muestra un calendario para la actividad instalación de celdas de media tensión con una duración estimada de 36 días. Las celdas variables que se van a manejar corresponden a las tareas:

- Desahuacale. Duración original 5 días.
- Nivelación de celdas. Duración original 3 días.
- Instalación de cable en bandejas portacables. Duración original 10 días.

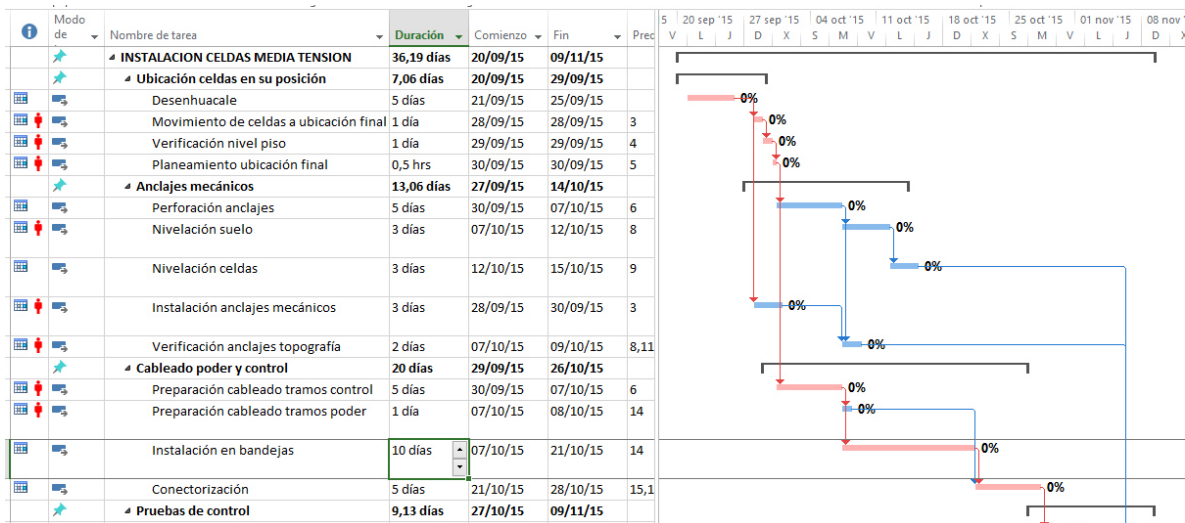


Figura 16. Cronograma trabajo proyecto ejemplo 1.

Fuente: Propia (2016).

@RISK puede importar calendarios de los archivos de Microsoft Project y mostrarlos en Excel. Una vez que se encuentran en Excel, es posible añadir fórmulas y distribuciones de @RISK a un calendario para poder realizar un análisis de riesgos. Para este libro de trabajo, se importó el archivo Tutorial .MPP de Microsoft Project a Excel utilizando el comando Importar archivo .MPP del menú Project de @RISK.

Al utilizar @RISK, el calendario original permanece "tal cual" en Microsoft Project y el modelo para el análisis de riesgos se crea en Excel. Se pueden añadir fórmulas y funciones a las celdas en Excel cuando se muestran los valores y las fechas de las tareas y los recursos. No es necesario volver a importar el archivo .MPP cada vez que se utiliza el libro de trabajo de Excel que contiene el proyecto. @RISK abre automáticamente el archivo .MPP enlazado cuando se abre el libro de trabajo de Excel.

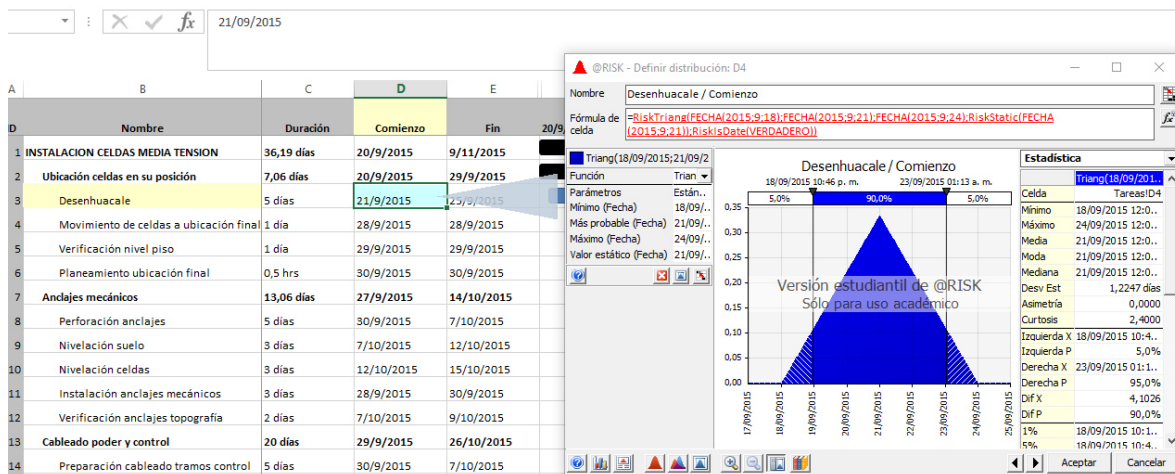
Las hojas Tareas y Recursos de este libro de trabajo muestran las tareas y los recursos incluidos en Tutorial.MPP. Se trata del calendario de un hipotético programa de capacitación, con tareas para planificar la capacitación, adquirir nuevos productos de software y hardware, y configurar y llevar a cabo la capacitación propiamente dicha.

El primer paso para configurar un análisis de riesgos en Excel consiste en introducir los rangos de valores posibles para las estimaciones del calendario. Se han añadido rangos de valores posibles a tres elementos del calendario:

- **Desenhuacale de celdas – Fecha de inicio (Tareas!D4)**
- **Nivelación de celdas – Duración (Tareas!C10) e**
- **Instalación de cableado en bandejas portacables – Duración (Tareas!C17).**

Se debe cambiar a la hoja Tareas y seleccionar una de estas celdas. Ahora se debe hacer clic en el botón **Definir distribución** de la cinta o la barra de herramientas de @RISK. Se verá el rango de valores posibles para el elemento, que se ha introducido en la fórmula de la celda utilizando una distribución de probabilidad de @RISK. Se trata de una función personalizada que describe el rango de valores posibles y la probabilidad relativa.

En la figura 17 se muestra como se selecciona la celda de fecha de inicio de la tarea Desenhuacale de celdas y se le asigna una distribución triangular ya que los valores extremos no son tan probables.



**Figura 17. Asignación de distribución triangular ejemplo 1.**

**Fuente: Propia (2016).**

En la figura 18 se repite el mismo procedimiento anterior pero esta vez se elige la celda de duración de la tarea nivelación de celdas. Aquí se hace una distribución uniforme estimando que los datos no están distribuidos en un valor central.

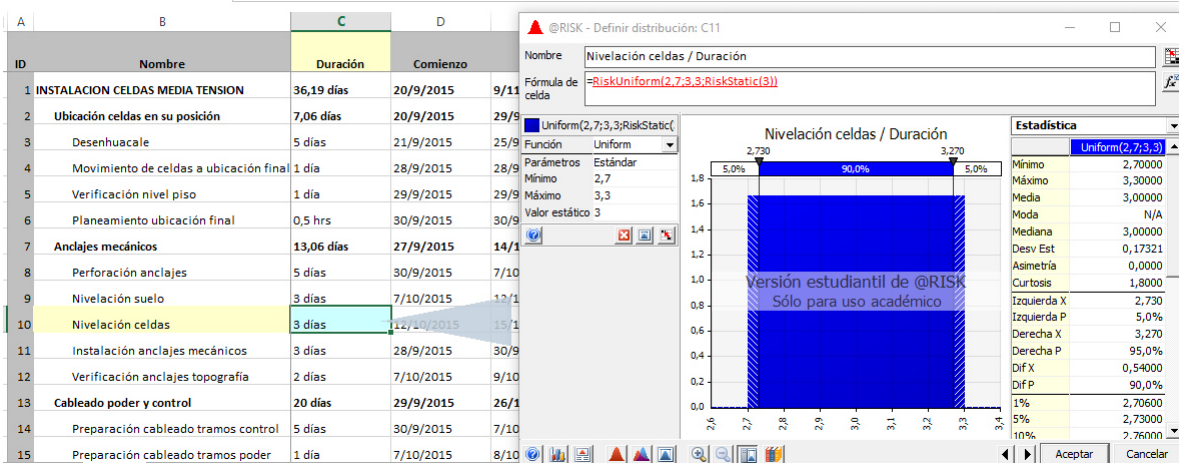


Figura 18. Asignación de distribución uniforme ejemplo 1.

Fuente: Propia (2016).

En la figura 19 le hacemos el mismo proceso a la celda duración de la tarea instalación de cable en bandejas portables. Se considera una distribución triangular conociendo los parámetros de fecha inferior y superior de dicha tarea.

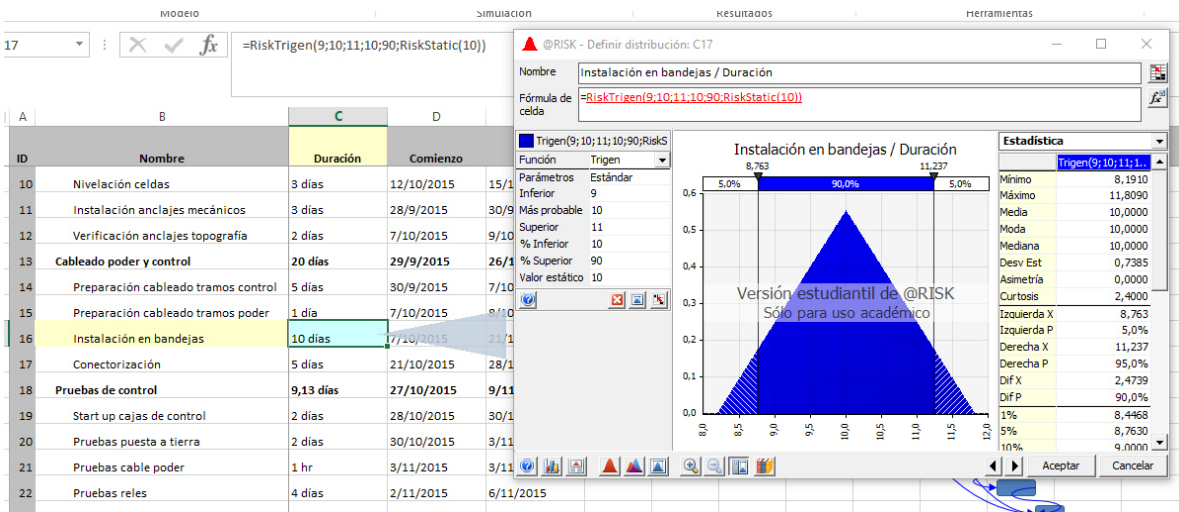


Figura 19. Asignación de distribución triangular celda ejemplo 1.

Fuente: Propia (2016).

El segundo paso consiste en definir una salida del análisis utilizando el botón **Añadir salida** de la cinta de @RISK. Normalmente, se trata de la fecha de

finalización del calendario y tal vez el costo total. La celda de salida E2 es la fecha de finalización del proyecto.

En la figura 20 se muestra como se define la celda fecha final como celda de salida de la simulación de @Risk. Dicha simulación nos permite conocer el rango de fechas en las que realmente terminará la instalación de celdas de media tensión sobre el tratamiento de variables dadas.

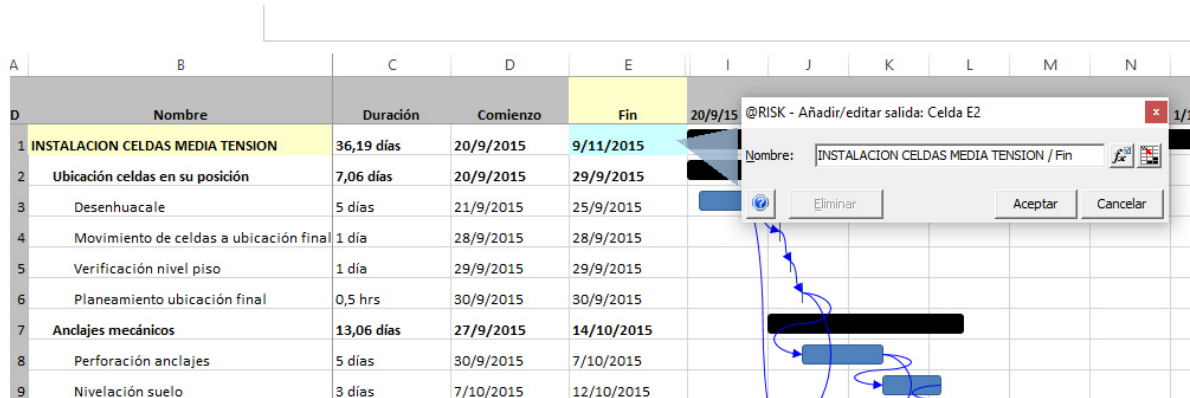


Figura 20. Asignación celda de salida ejemplo 1.

Fuente: Propia (2016).

La figura 21 muestra la simulación sobre la celda fin del proyecto. Y muestra gráficamente los resultados de dicha simulación.

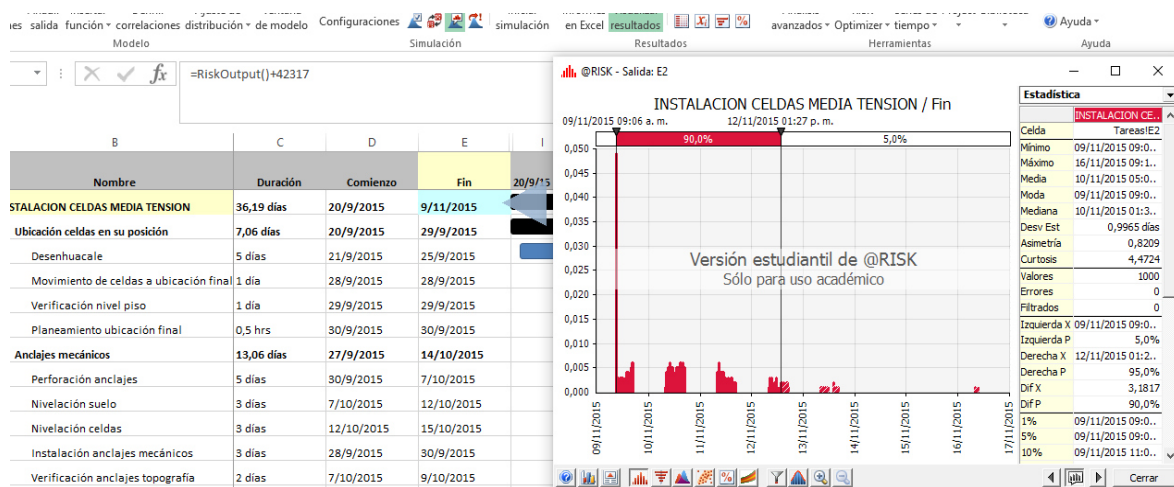


Figura 21. Simulación @Risk ejemplo 1.

Fuente: Propia (2016).

Los resultados indican que la fecha máxima en terminar este proyecto es el 16 de noviembre de 2015 y la fecha más óptima es 9 de noviembre de 2015 de acuerdo a los parámetros dados en dichas actividades.

<b>Estadística</b>	
INSTALACION CELDAS MEDIA TENSION / Fin	
Celda	Tareas!E2
Mínimo	09/11/2015 09:00 a. m.
Máximo	16/11/2015 09:18 a. m.
Media	10/11/2015 05:08 p. m.

**Figura 22. Estadística de salida simulación ejemplo 1.**

**Fuente: Propia (2016).**

Es a libre elección del Director de Riesgos del proyecto y basado en experiencias previas el tomar la decisión de escoger distribuciones de probabilidad en las variables que se elijan.

#### **4.4.2.2 Ejemplo 2. Línea de Distribución Aérea. Duración optimista.**

Para el diseño, suministro y montaje de un subestación de media tensión se tienen establecidas 17 actividades del proyecto y que han sido ordenadas de manera cronológica, estableciendo claramente su duración esperada, un estimado optimista y uno pesimista. La forma de incluir la incertidumbre es a partir de distribuciones triangulares y pert que permiten incluir valores mínimo, más probable y máximo.

El diagrama PERT desarrollado en Project se muestra a continuación:

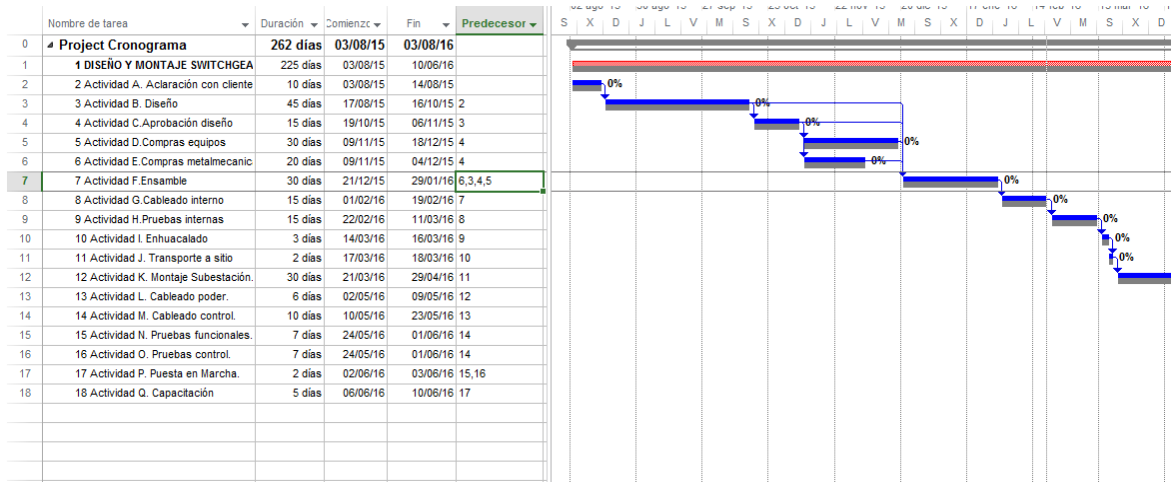


Figura 23. Cronograma actividades ejemplo 2.

Fuente: Propia (2016).

Las actividades pertenecientes a la ruta crítica no tienen holgura; es decir que no pueden retrasarse porque retrasan el desarrollo de todo el proyecto.

Luego de incluir las distribuciones de probabilidad para cada una de las actividades y tomar como variable de salida la Actividad Q o Final.

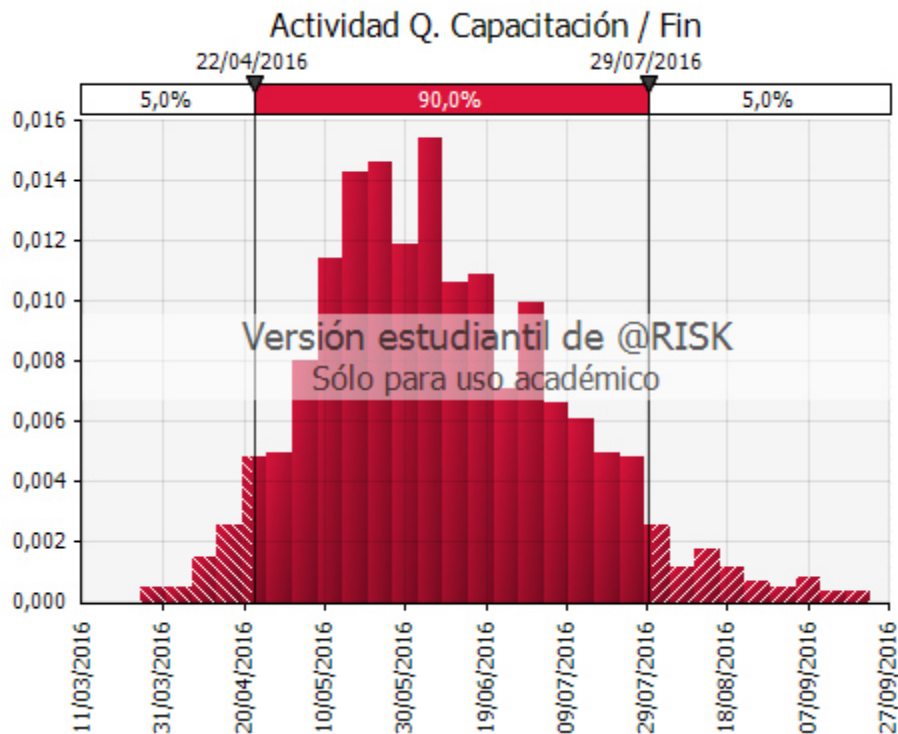
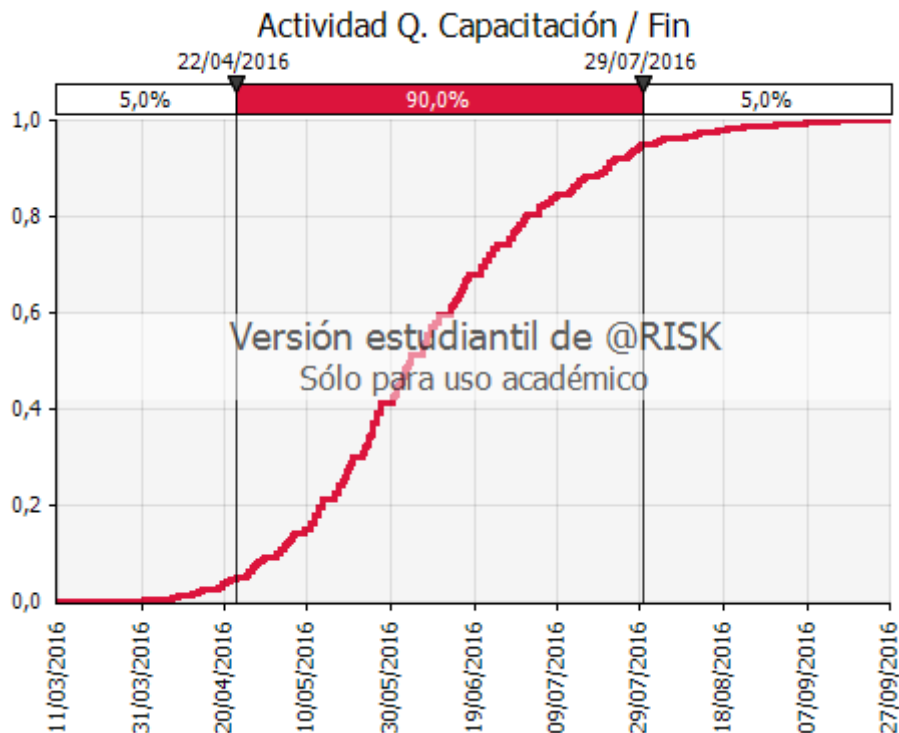


Figura 24. Probabilidad resultado ejemplo 2.

**Fuente: Propia (2016).**

Luego de realizar 10.000 iteraciones se obtiene la distribución de probabilidad para la duración de la Actividad Q del proyecto, de esta distribución se puede observar que con un comienzo esperado del proyecto para el 31/03/16, se espera que el proyecto tenga una finalización más probable para el 08/06/16.

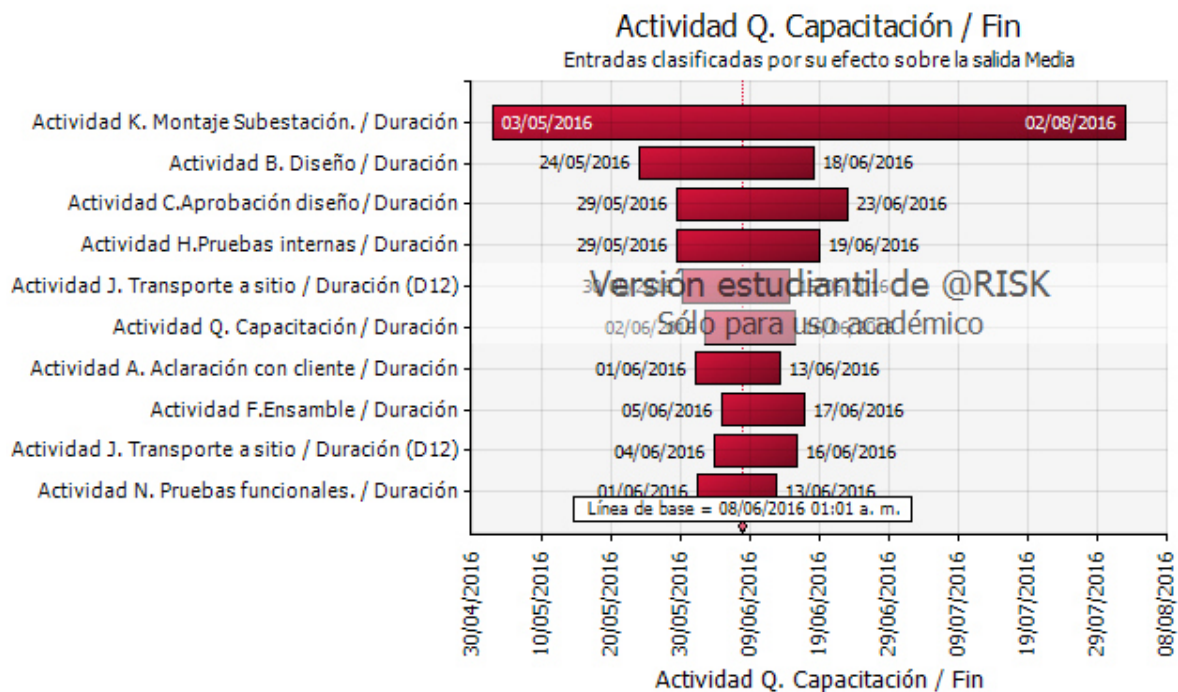


**Figura 25. Densidad de probabilidad acumulativa ascendente ejemplo 2.**

**Fuente: Propia (2016).**

El diagrama de tornado de la figura 26 muestra las variables o actividades que tienen más influencia en el resultado final de la duración del proyecto en este caso las Actividades K, B, C y H; son las actividades que representan más influencia en la duración de la Actividad Q; cabe anotar que estas actividades también pertenecen a la ruta crítica del proyecto por lo tanto es necesario realizar acciones con el fin de controlar que se desarrollen según lo previsto.





**Figura 26. Diagrama de tornado ejemplo 2.**

**Fuente: Propia (2016).**

#### 4.4.2.3 Ejemplo 3. Línea de Distribución. Manejo Riesgos Excel.

Este ejemplo ilustra un registro de riesgos de construcción de una línea de distribución eléctrica aérea simple en Excel y muestra el modo de enlazar dicho registro a una simulación de @RISK del calendario de un proyecto. Un registro de riesgos indica los posibles sucesos de riesgo que pueden afectar al calendario y los costos de un proyecto. Normalmente, cada suceso de riesgo tiene una probabilidad de que ocurra, ya que puede producirse o no. Si se produce un riesgo, la magnitud del impacto del riesgo también es incierta.

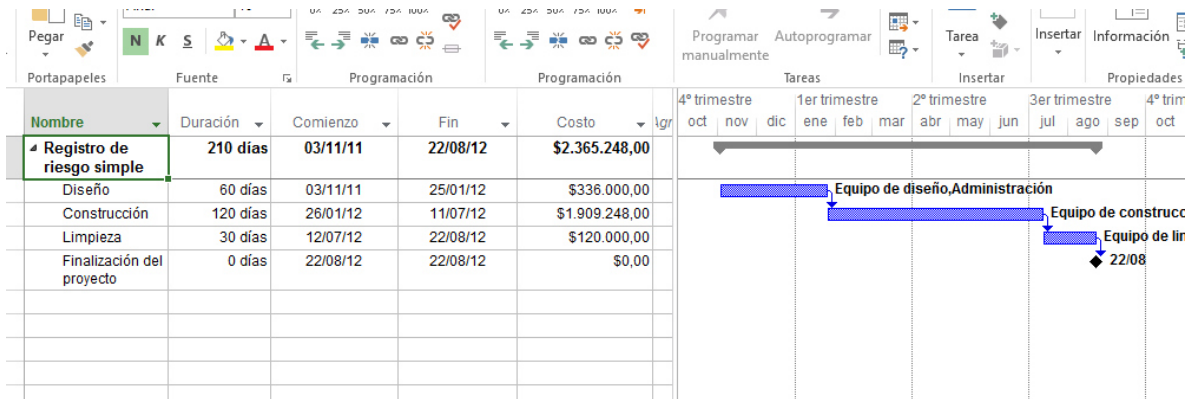


Figura 27. Cronograma ejemplo 3.

Fuente: Propia (2016).

Una hoja de cálculo de Excel es un buen lugar para crear un registro de riesgos. El formato de filas y columnas facilita la introducción de una tabla de riesgos. Se puede utilizar @RISK para definir distribuciones que calculen si se producirá un riesgo o no y la magnitud de su impacto.

**REGISTRO DE RIESGOS SIMPLE**

Riesgo	Probabilidad	Aparición simulada	¿Se produce?	Impactos sobre el calendario (en días)					
				Mín	Más probable	Máx	Media	Impacto simulado sobre el calendario	Días añadidos al plan
R1 - Riesgo de aprobación del diseño del cliente	40%	0	No	15	20	30	8	21	-
R2 - Riesgo medioambiental	20%	0	No	15	30	45	6	30	-
R3 - Riesgo del precio de los materiales	50%	0	No	-	-	-	-	-	-
				30	50	75	14		

Figura 28. Registro 1 de riesgos ejemplo 3.

Fuente: Propia (2016).

Impactos sobre los costos (en \$)							
Mín	Más probable	Máx	Media	Impacto simulado sobre los costos	Costos añadidos al plan	Fecha en la que se añaden los costos al plan	Funciones de riesgos para retrasos y costos
25.000	50.000	75.000	20.000	50.000	-	-	FALSO
-	-	-	-	-	-	-	
50.000	100.000	200.000	58.333	116.667	-	17/03/2012	0,00

Figura 29. Registro 2 de riesgos ejemplo 3.

Fuente: Propia (2016).

Los riesgos de un registro entran “en acción” durante una simulación. En cada iteración, @RISK toma una muestra para ver si se produce o no un determinado riesgo. También se toma una muestra para determinar la magnitud del riesgo.

Los impactos de los riesgos del registro se enlazan mediante fórmulas de Excel a las tareas y los recursos del proyecto. Por ejemplo, puede utilizar una fórmula de una celda que haga referencia a un valor de impacto del registro. En la hoja Tareas, observe la fórmula de la duración de Pruebas eléctricas en la celda C5,  $=RiskPert(25,30,35,RiskStatic(ProjectFieldVal))+'Registro de riesgos'!L6$ . Por favor ver figura 30.

=RiskPert(25;30;35;RiskStatic(ProjectFieldVal))+'Registro de riesgos'!L6						
A	B	C	D	E	F	J
	Nombre	Duración	Inicio	Final	Costo	nov-201
0	RegistroRiesgosSimple	210 days	3/11/2011	22/08/2012	\$2.365.248,00	
1	Diseño	60 days	3/11/2011	25/1/2012	\$336.000,00	
2	Construcción	120 days	26/1/2012	11/7/2012	\$1.909.248,00	
3	Pruebas	30 days	12/7/2012	22/8/2012	\$120.000,00	
4	Finalización del proyecto	0 days	22/8/2012	22/8/2012	\$0,00	

Figura 30. Asignación distribución pert celda pruebas ejemplo 3.

### Fuente: Propia (2016).

Durante una simulación, esta fórmula calcula la duración de la tarea de pruebas eléctricas sumando dos valores. El primero, una distribución de @RISK - RiskPert (25, 30,35), genera una duración base entre 25 y 35 días. A continuación, se suma el impacto de **Riesgo medioambiental** del registro (en términos de días adicionales para realizar las pruebas eléctricas a partir de la celda 'Registro de riesgos'! L6), en caso de que se produzca este riesgo.

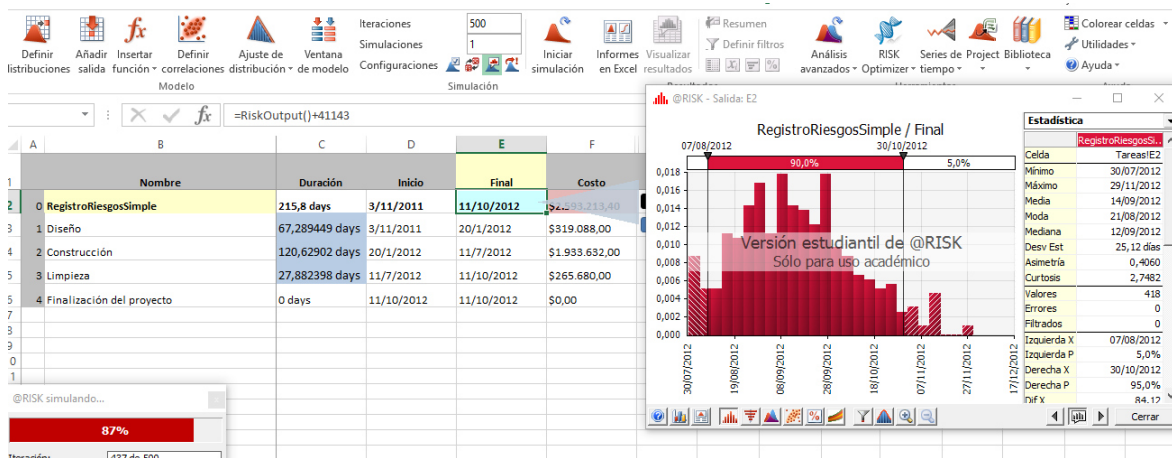


Figura 31. Simulación celda fecha final @Risk ejemplo 3.

### Fuente: Propia (2016).

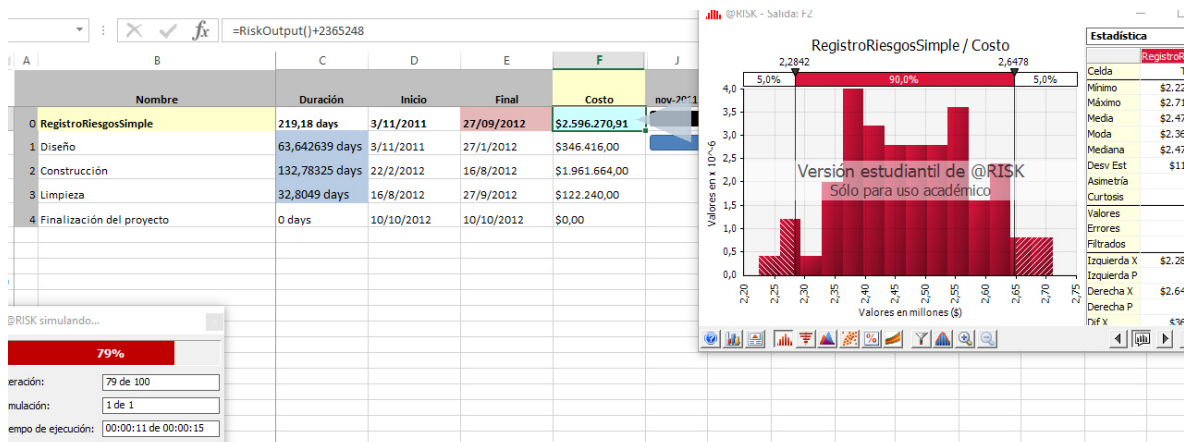


Figura 32. Simulación celda costo final @Risk ejemplo 4.

### Fuente: Propia (2016).

El registro contiene otros dos posibles riesgos. El **Riesgo de aprobación del diseño del cliente** puede ocasionar que se añada una tarea adicional (junto con sus costos asociados) al calendario cuando se produce este riesgo. Esta tarea se llevaría a cabo después de la tarea de diseño estándar, tal vez debido a las revisiones de diseño adicionales. La nueva tarea tiene una duración y un costo variables, según se calcula en el registro. Cuando es necesario durante la simulación, la función **RiskProjectAddDelay** de @RISK añade esta nueva tarea relacionada con el riesgo después de la tarea de diseño. Puede ver cómo se utiliza esta función examinando la fórmula de la celda V5 de la hoja del registro.

El **Riesgo del precio de los materiales** puede ocasionar que se añada un costo adicional al proyecto cuando se produce este riesgo. El riesgo puede consistir en unos costos de materias primas adicionales que deben abonarse en cualquier momento dentro de un periodo de tiempo especificado. Cuando es necesario durante la simulación, la función **RiskProjectAddCost** de @RISK añade este nuevo costo relacionado con el riesgo en un momento calculado. Puede ver cómo se utiliza esta función examinando la fórmula de la celda V7 de la hoja del registro.

La opción **Mostrar recálculos de Excel** de la configuración de la simulación de @RISK también actualiza Microsoft Project con cada iteración de una simulación. Si se cambia a la ventana de Project durante una simulación, verá que los costos y los retrasos del registro de riesgos se suman al calendario a medida que ocurren.

A	B	C	D	E	F	J
	Nombre	Duración	Inicio	Final	Costo	nov-201
0	Registro de riesgo simple	258,63	3/11/2011	30/10/2012	\$2.656.552,00	
1	Diseño	66,796008 days	3/11/2011	3/2/2012	374.080,00	
2	Construcción	135,34116 days	3/2/2012	13/8/2012	2.056.512,00	
3	Pruebas	56,486305 days	13/8/2012	30/10/2012	225.960,00	
4	Finalización del proyecto	0 días	30/10/2012	30/10/2012	0,00	

**Figura 33. Muestra de valores en celdas duración ejemplo 3.**

**Fuente: Propia (2016).**

## REGISTRO DE RIESGOS SIMPLE

Riesgo	Probabilidad	Aparición simulada	¿Se produce?	Impactos sobre el calendario (en días)					
				Mín	Más probable	Máx	Media	Impacto simulado sobre el calendario	Días añadidos al plan
R1 - Riesgo de aprobación del diseño del cliente	40%	0	No	15	20	30	8	19	-
R2 - Riesgo medioambiental	20%	1	Yes	15	30	45	6	29	29
R3 - Riesgo del precio de los materiales	50%	1	Yes	-	-	-	-	-	-
				30	50	75	14		
									29

Figura 34. Muestra de riesgos 1 en celdas de salida Excel ejemplo 3.

Fuente: Propia (2016).

Impactos sobre el calendario (en días)						Impactos sobre los costos (en \$)						Funciones de riesgos para retrasos y costos	
Mín	Más probable	Máx	Media	Impacto simulado sobre el calendario	Días añadidos al plan	Mín	Más probable	Máx	Media	Impacto simulado sobre los costos	Costos añadidos al plan		Fecha en la que se añaden los costos al plan
15	20	30	8	19	-	25.000	50.000	75.000	20.000	64.999	-	-	FALSO
15	30	45	6	29	29	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	50.000	100.000	200.000	58.333	162.730	162.730	18/05/2012	162.729,94
30	50	75	14										
											162.730		

Figura 35. Muestra de riesgos 2 en celdas de salida Excel ejemplo 3.

Fuente: Propia (2016).

## CONCLUSIONES

1. Los proyectos eléctricos en Colombia de acuerdo a la encuesta realizada a varios directores de proyectos de reconocidas empresas no tienen un manejo real de la gestión del riesgo. En su gran mayoría enfocan el riesgo solamente de índole de afectación de la corriente eléctrica por el cuerpo humano. Se hace necesario una adecuada capacitación en el manejo de riesgos con el fin de enfocarlos en procesos de optimización de recursos. Es necesario entonces planificar los riesgos antes de empezar a listarlos o analizarlos.
2. Un buen plan de gestión de riesgos es el paso inicial para planificar bien los riesgos. Nunca se debe pasar por alto este plan ni crear inmediatamente un listado de riesgos. Aún más importante que tener el plan es clave difundirlo entre los interesados y que el director de proyecto entienda los intereses de las persona y expertos en cada área. El plan realizado en este PFG puede ser utilizado como guía para cualquier proyecto del sector eléctrico.
3. Un plan de Gestión de Riesgos efectivamente aplicado en un proyecto de instalaciones eléctricas no solo permitirá la maximización de valor o utilidad neta:
  - Igualmente puede permitir un monitoreo de la competencia y del mercado nacional e internacional que solo garantizarán la supervivencia de la compañía.
  - Fortalecer las habilidades de Responsabilidad Social de la empresa en el momento en que trabaja para superar adversidades potenciales que se originan de las necesidades de los involucrados en los proyectos de instalaciones.

- Facilidad de control de la empresa por parte de la alta gerencia en el momento que identifica los riesgos y puede controlar los factores que los originan.
  - Estabilización de los flujos de caja al crear oportunidades de cambios de orden positivos que incrementan la utilidad.
  - Ampliación del portafolio de productos y servicios de la empresa.
4. Este PFG muestra cómo se lleva a la práctica un plan de gestión de riesgos basado en la metodología PMI. Es altamente recomendable seguir todos los pasos que se tuvieron en cuenta aquí. Se utilizaron muchas hojas de cálculo para poder realizar el análisis cualitativo e igualmente se realizaron muchas simulaciones para poder entender el manejo del software que se utilizó para realizar el análisis cuantitativo.
  5. El análisis cualitativo nunca puede ser opcional, siempre debe ser realizado y puede producir información clave para realizar un análisis cuantitativo si así se requiere. Las herramientas utilizadas en el PFG para realizar el análisis cualitativo son la matriz de probabilidad e impacto.
  6. En este PFG se logra realizar un análisis cualitativo del riesgo y como resultado final un listado de riesgos clasificados en operacionales, estratégicos, toma de decisión y del entorno. La mayor cantidad de riesgos se clasifican en la categoría de operacionales.
  7. El análisis cuantitativo no es obligatorio para todos los proyectos. Depende de la criticidad de las variables que se manejen. Los proyectos que demanden grandes recursos económicos o que sean críticos para la vida de las personas son altamente recomendables para dicho análisis.
  8. El análisis cuantitativo sirve para poder cuantificar la incertidumbre más objetivamente, para determinar el porcentaje de probabilidad de terminar el proyecto en ciertas fechas, considera el efecto combinado de los riesgos sobre las variables de salida, permite determinar cuánta reserva de tiempo



y de costo se requiere, se puede utilizar a lo largo del ciclo de vida del proyecto para comparar si los índices de riesgo bajan o suben y deben ser tratados por la alta gerencia como buen indicador del plan estratégico de cualquier compañía.

9. El programa @Risk para Project y Excel de Microsoft permite incorporar el análisis del riesgo a la planeación y control de cualquier proyecto, esto facilita la tarea de introducir las incertidumbres identificadas, para así poder reconocer los impactos generados para tenerlos en cuenta y realizar los ajustes necesarios. @Risk modela las incertidumbres como distribuciones de probabilidad para conocer el impacto sobre las variables de salida.
10. Siempre se deben realizar cuatro pasos para poder realizar una simulación con @Risk: Desarrollar un modelo, identificar las variables y asignar una distribución, realizar la simulación y por último analizar los resultados.
11. Los Directores de Proyectos eléctricos no se deben enfocar únicamente en identificar y medir los riesgos. Se debe buscar los mejores esquemas de manejo de acuerdo con el costo del tratamiento del riesgo con el fin de tomar la mejor estrategia de mitigación de riesgos.

## RECOMENDACIONES

1. Aunque el objetivo del PFG está centrado en proyectos de media y baja tensión en Colombia, luego de hacer las investigaciones se puede enfocar el mismo paso de la gestión de riesgos en proyectos de alta tensión o del sector de la construcción y las telecomunicaciones.
2. Existen muchas técnicas y herramientas para producir un listado consiente de riesgos, es válido utilizar otras técnicas de acuerdo a las especificaciones del proyecto. Entre las técnicas se cuentan: RBS y categorías de riesgos de proyectos previos, análisis de hipótesis, análisis de *check list* de riesgos, análisis de la EDT, técnica Delphi, análisis causal o de raíz, análisis DAFO, diagrama de flujo, árbol de fallas, análisis de campo de fuerzas, etc.
3. El análisis numérico no significa solamente realizar simulaciones, existen otras herramientas como el árbol de decisión o el cálculo de valor monetario esperado, que son igualmente fáciles de usar. Existe en el mercado una gran variedad de software que sirve para realizar el análisis numérico.
4. Se debe tratar cualquier riesgo en proyectos de instalaciones eléctricos de forma cuantitativa con el fin de poderlo tratar. Si se le hace solamente un análisis de forma cualitativa es posible que tienda a no ser tratado y pueda incurrir en amenazas reales.
5. En este PFG no se presentan recomendaciones para enfrentarse a los riesgos más significativos. Se sugiere al lector tomar las recomendaciones del PMI y la literatura indicada en la bibliografía.
6. Es necesario profundizar mucho más en las herramientas de distribución de probabilidades con el fin de interrelacionarla con las variables de entrada y salida en un proyecto. Si se hace una buena elección de dicha distribución se puede modelar mejor la situación de riesgo. Si no se hace se puede tender al error y estimar numéricamente mal cualquier riesgo.

## Bibliografía

- Buchtik, L. (2012). *Secretos para Dominar La Gestión de Riesgos en Proyectos: El enfoque más práctico para dirigir los riesgos del proyecto*. Project Management Institute Version Kindle.
- Cerda, H. (2011). *Los Elementos de la Investigación: Cómo reconocerlos, diseñarlos y construirlos*. Bogotá: Investigar Magisterio.
- Diez, C. (2014). *Instalaciones Eléctricas*. Medellín: L.Vieco S.A.S.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas. (2002). NTC 2050: Código Eléctrico Colombiano. Bogotá, Colombia: ICONTEC.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas. (2012). NTC-ISO 31000: Gestión del Riesgo. Principios y Directrices. Bogotá, Colombia: ICONTEC.
- Lara, E. (2011). *Fundamentos de Investigación: Un Enfoque por Competencias*. México: Alfa Omega.
- Lledó, P. (2013). *Director de Proyectos: Cómo aprobar el examen PMP sin morir en el intento*. Victoria: Lledó.
- Ministerio de Minas y Energía. (30 de Agosto de 2013). Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas. *RETIE*. Bogotá, Bogotá D.C., Colombia: AIEEUN.
- Mulcahy, R. (2013). *PMP Exam Preparation*. USA: RMC Publications, Inc.
- NFPA. (2011). National Electrical Code. En NFPA. NFPA.
- Palisade. (2013). *Guía para el uso de @Risk*. New York: Palisade.
- Palisade. (2015). *@Risk*. Obtenido de <http://www.palisade.com/risk/>
- Project Management Institute. (2009). *Practice Standard for Project Risk Management*. Project Management Institute.
- Project Management Institute. (2013). *Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía PMBok)*. Project Management Institute.
- Sampieri, R. H. (2003). *Metodología de la Investigación*. Mexico D.F.: Mc Graw-Hill Interamericana.
- Servicio Nacional de Aprendizaje. (2013). Caracterización del Sector Eléctrico Colombiano. Medellín, Antioquia, Colombia: SENA.

## **ANEXOS**

## Anexo 1: ACTA DEL PROYECTO METODOLOGIA DE RIESGOS EN PROYECTOS ELECTRICOS

<b>ACTA DEL PROYECTO METODOLOGIA RIESGOS EN PROYECTOS</b>	
<b>Fecha</b>	<b>Nombre del Proyecto</b>
Noviembre 10 de 2015	Creación de una Metodología de Gestión de Riesgos para proyectos eléctricos de Baja y Media Tensión en Colombia: Análisis de riesgos con @Risk®.
<b>Áreas de conocimiento / procesos</b>	<b>Área de aplicación (Sector / Actividad):</b>
Procesos: Planificación, Monitoreo y Control. Áreas: Riesgos.	Area: Energía Eléctrica Actividad: Instalaciones Eléctricas en Media y Baja Tensión.
<b>Fecha de inicio del proyecto</b>	<b>Fecha tentativa de finalización del proyecto</b>
10 de Noviembre de 2015	29 de marzo de 2016
<b>Objetivos del proyecto (general y específicos)</b>	
<p><b>Objetivo general</b></p> <p>Desarrollar una Metodología de Gestión de riesgos en los proyectos eléctricos de media y baja tensión en Colombia con un énfasis en el análisis cualitativo y cuantitativo del riesgo.</p> <p><b>Objetivos específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar la planificación de gestión de riesgos para proyectos eléctricos.</li> <li>• Realizar estudio de situación sobre la gestión del riesgo en los proyectos de instalaciones eléctrica de media y baja tensión en Colombia.</li> <li>• Proponer una metodología para el análisis cualitativo de riesgo como parte de la gestión de proyectos típicos de instalaciones eléctricas, con el fin de que cualquier ingeniero electricista pueda cuantificar los riesgos de sus proyectos con el uso de herramientas como la matriz probabilidades e impacto de riesgos y a partir de los resultados de las entrevistas realizadas a los ingenieros del objetivo inicial.</li> <li>• Proponer una metodología para el análisis cuantitativo de riesgo de proyectos típicos de instalaciones eléctricas de media y baja tensión en Colombia con el uso</li> </ul>	

<p>de herramientas como el @Risk</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollar una guía para el uso de @Risk en el análisis cuantitativo de riesgos para proyectos eléctricos de media y baja tensión.</li> </ul>		
<b>Descripción del producto o servicio que generará el proyecto – Entregables finales del proyecto</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Informe del diagnóstico de riesgos</li> <li>• Análisis cualitativo de riesgos</li> <li>• Análisis cuantitativo de riesgos</li> <li>• Guía de manejo de @Risk.</li> </ul>		
<b>Supuestos</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los expertos en el área de instalaciones eléctricas cuentan con la experiencia necesaria para identificar los riesgos típicos que se tienen en proyectos de instalaciones eléctricas.</li> <li>• Se cuentan con bases de datos de riesgos reales ocurridos en proyectos previos.</li> <li>• Se conocen los requisitos y la reglamentación en Colombia de las instalaciones eléctricas.</li> <li>• El alcance del plan es solamente para proyectos que tienen reglamentación en Colombia y cubre hasta instalaciones de 57.5 kV.</li> </ul>		
<b>Restricciones</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se cuenta con 3 meses para el desarrollo de todo el proyecto.</li> <li>• El PFG se enfoca solo en instalaciones de media y baja tensión.</li> <li>• El proyecto debe ajustarse a la normativa eléctrica colombiana.</li> </ul>		
<b>Riesgo</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Si no se seleccionan bien los riesgos asociados a los proyectos de instalaciones eléctricas de media y baja tensión, se podrían generar deficiencias en su definición y un resultado muy pobre del análisis objetivo.</li> </ul>		
<b>Principales Hitos y Fechas</b>		
Nombre hito	Fecha inicio	Fecha final
Seminario de Graduación		

Planificación Gestión Riesgos	10/11/2015	20/12/2015
Estudio Situación riesgos proyectos eléctricos.	21/12/2015	10/01/2016
Metodología Análisis cualitativo	11/01/2016	09/02/16
Metodología Análisis cuantitativo	10/02/16	20/02/16
Guía uso @Risk	10/02/16	20/02/16
Lectoría por parte de UCI y ajustes	20/12/2016	29/02/2016
Ajustes y Aprobación Final	20/02/16	29/02/16

### Información histórica relevante

Los proyectos eléctricos en media y baja tensión contienen un alto componente de riesgo que usualmente no es analizado. Estos proyectos se clasifican de acuerdo al nivel de tensión e instalación aplicada. Las empresas tienen una dedicación exclusiva ya sea al suministro de materiales o al manejo de proyectos como tal. Se pretende analizar el riesgo desde ambos tipos de vista para comprender la cadena de suministro del sector hasta la puesta en funcionamiento de dichos proyectos sin olvidar el riesgo de tipo humano.

La UCI cuenta con un módulo extenso de estudio de la Gestión de Riesgo. Es importante contar en la literatura de la Universidad con una guía paso a paso de un aplicativo que ayude a los estudiantes a comprender el análisis de los riesgos en los proyectos.

### Identificación de grupos de interés (Stakeholders)

Involucrados Directos:

El conjunto de compañías eléctricas en Colombia de baja y media tensión

Involucrados Indirectos:

Compañías de Seguros que operan en Colombia

Gestores de riesgos en Colombia

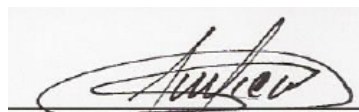
### Aprobado por:

Ing. Jorge Trejos Gutierrez, MAP, PMP, PMI-RMP. Profesor Tutor.

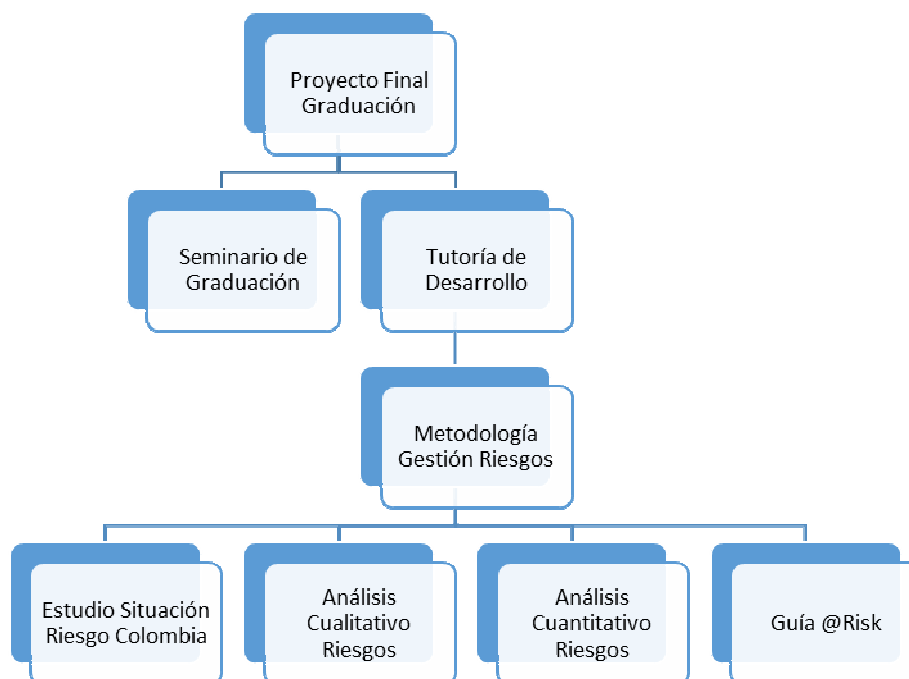


### Realizado por:

Ing. Jimmy Fernando Mariño Caro. Autor PFG.











## Anexo 2: EDT DEL PROYECTO FINAL DE GRADUACION





### Anexo 3: CRONOGRAMA

Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
1		<b>PRORROGA PROYECTO FINAL UCI</b>			
2		Redacción Objetivo 1	1 día	10/11/15	10/11/15
3		Envío Versión 01	1 día	11/11/15	11/11/15
4		Redacción Objetivo 2	10 días	12/11/15	25/11/15
5		Comentarios profesor V03	7 días	26/11/15	04/12/15
6		Solución comentarios V03 y envío V04	5 días	07/12/15	11/12/15
7		Redacción Objetivo 3	10 días	14/12/15	25/12/15
8		Comentarios profesor V04	1 día	28/12/15	28/12/15
9		Solución comentarios V04 y envío V05	5 días	29/12/15	04/01/16
10		Redacción Objetivo 4	6 días	05/01/16	12/01/16
11		Comentarios profesor V05	1 día	13/01/16	13/01/16
12		Solución comentarios V05 y Envío V06	5 días	14/01/16	20/01/16
13		Redacción Objetivo 5	6 días	21/01/16	28/01/16
14		Comentarios profesor V06	2 días	29/01/16	01/02/16
15		Solución comentarios V06 y Envío V07	12 días	01/02/16	16/02/16

## **Anexo 4. Guía de Manejo Básico @Risk.**

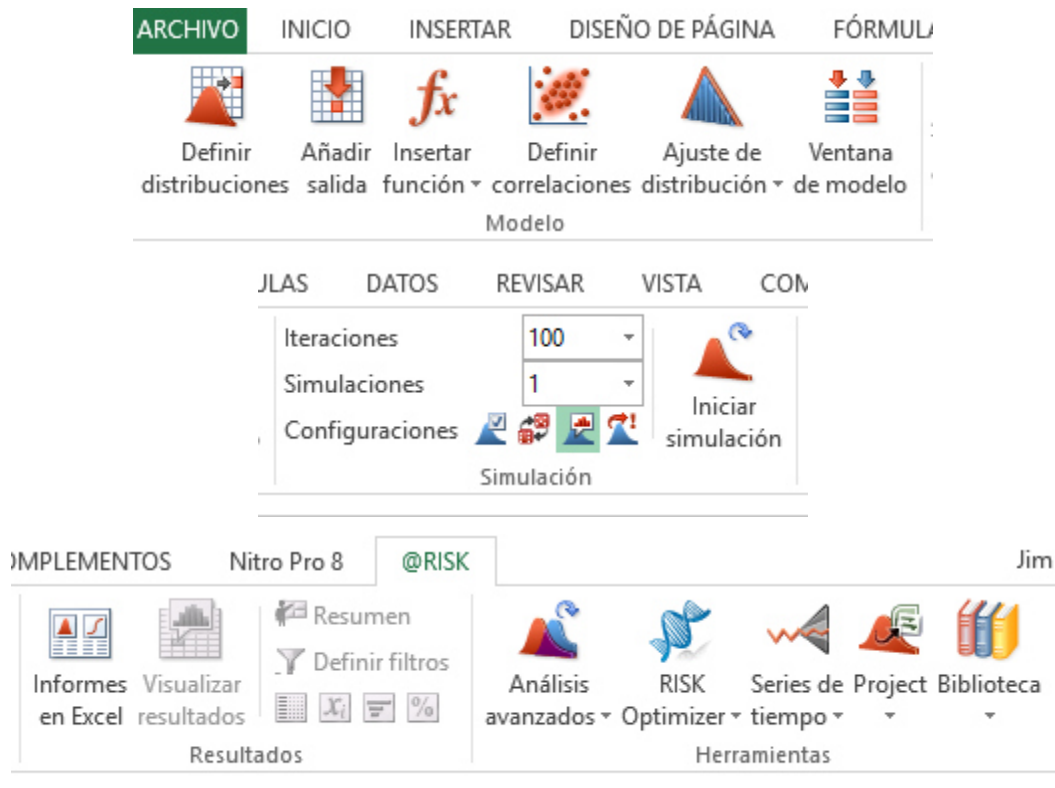
A continuación se describe una guía de manejo paso a paso del software @Risk. Este ha sido tomado del manual que viene con el software. El autor adquirió para este propósito la licencia de @Risk versión académica con un costo de U\$ 50 en el año 2015.

### **¿Cómo funciona el análisis de riesgo?**

El @RISK extiende las capacidades analíticas del Excel de Microsoft para incorporar el análisis de riesgos y la simulación. Estas técnicas le permiten analizar su hoja de cálculos en función de los riesgos. El análisis de riesgos identifica el rango de posibles resultados que usted podría esperar del resultado de una hoja de cálculo y su relativa probabilidad de ocurrencia. @RISK utiliza la técnica de simulación Monte Carlo para llevar a cabo sus análisis de riesgo. Con esta técnica, se expresan como distribuciones de probabilidad los valores de entrada inciertos de una hoja de cálculo. Un valor de entrada es un valor o fórmula de una celda de una hoja de cálculo que se utiliza para generar resultados en la hoja de cálculo. En @RISK, una distribución de probabilidad que describe el rango de posibles valores sustituye al típico valor singular fijo original. Para obtener más información sobre entradas y distribuciones de probabilidad, consulte Introducción al análisis de riesgo.

### **¿Cómo se vincula el @Risk con el Excel?**

Para añadir capacidades analíticas a su hoja de cálculo el @RISK utiliza menús, barras de herramientas y funciones de distribución personalizadas dentro de su hoja de cálculo. Se añade un menú de @RISK en Excel 2003, permitiéndole acceder a todos los comandos requeridos para configurar y ejecutar simulaciones. Se ha añadido una barra de herramientas de @RISK a Excel 2003 y una cinta de @RISK a Excel 2007 o superior. Los iconos y comandos de estas barras y cintas permiten acceder rápidamente a la mayoría de las opciones de @RISK.



**Figura 36. Definición de distribución @Risk.**

**Fuente: @Risk.**

En el @RISK, las funciones de probabilidad se introducen directamente dentro de las fórmulas de su hoja de cálculo utilizando funciones de distribución. Estas nuevas funciones, cada una de las cuales representa un tipo de distribución de probabilidad (tales como una NORMAL o una BETA), se insertan a sus funciones en la hoja de cálculo definidas por el @RISK. Al introducir una función de distribución usted introduce tanto el nombre de la función, tal como RiskTriang — una distribución triangular — como los argumentos que describen la forma y el rango de la distribución, tal como RiskTriang (10,20,30), en donde 10 es el valor mínimo, 20 es el valor más probable y 30 es el valor máximo. Las funciones de distribución pueden ser utilizadas en su hoja de cálculo para describir que existe incertidumbre por sobre el valor que está siendo utilizado. Las funciones del @RISK pueden ser usadas de la misma forma normal que usted utilizaría cualquier otra función dentro de su hoja de cálculo – incluyéndoles dentro de

expresiones matemáticas y teniendo referencias a celdas o a fórmulas en forma de argumentos.

Introduciendo distribuciones en fórmulas en su libro de trabajo El @RISK incluye la ventana desplegable Definir distribución que permite añadir fácilmente funciones de distribución de probabilidad a las fórmulas de una hoja de cálculo. Esta ventana se puede abrir pulsando el botón derecho del ratón sobre una celda de la hoja de cálculo (o haciendo clic en el ícono Definir distribución). La ventana de Definir distribución del @RISK muestra gráficamente las distribuciones de probabilidad que pueden ser sustituidas por valores en una fórmula de una hoja de cálculo. Al cambiar la distribución que se muestra puede ver cómo diferentes distribuciones describen el rango de valores posibles de una entrada incierta de un modelo. Las estadísticas muestran con mayor claridad cómo son definidas las entradas inciertas con las distribuciones. La expresión gráfica de una entrada incierta sirve para mostrar a otras personas su definición de una variable de entrada incierta. Muestra claramente el rango de valores posibles de una entrada y la probabilidad relativa de que se dé cualquier valor de este rango. Con los gráficos de distribución se puede incorporar fácilmente a sus modelos de análisis de riesgo las evaluaciones de situaciones de incertidumbre de los expertos. Cuando la ventana Definir distribución se despliega, pulse <Tab> para mover la ventana a lo largo de distintas celdas que contienen distribuciones en los libros de trabajo abiertos.

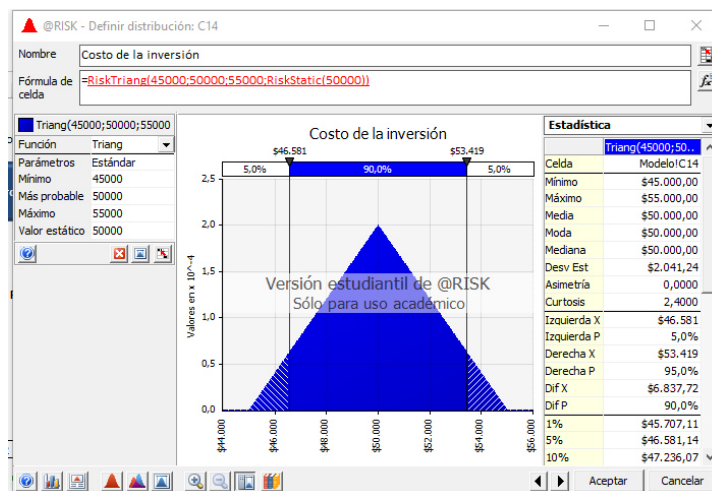


Figura 37. Definición de distribución @Risk.

Fuente: @Risk.

### VARIABLES DE SALIDA DE SIMULACIÓN

Una vez introducidas las funciones de distribución en la hoja de cálculo, usted deberá identificar aquellas celdas (o rangos de celdas) sobre las que le interesa obtener resultados de simulación. Normalmente, estas celdas de salida contienen los resultados del modelo de la hoja de cálculo (como, por ejemplo, “utilidades”), pero en realidad se puede seleccionar cualquier celda de la hoja de cálculo. Para seleccionar salidas sólo tiene que seleccionar la celda o rango de celdas que desea como salidas de la hoja de cálculo y luego hacer clic en el ícono Añadir salida (el ícono de la flecha roja hacia abajo).

10	Tasa de descuento	12%					
11	Límite de bonificación	\$30.000					
12							
13	<b>Entradas inciertas</b>						
14	Costo de la inversión	\$50.000					netro 3
15	Ingresos del año 1	\$100.000					90.000
16	Costo fijo anual	\$35.000					10.000
17	Porcentaje de crecimiento anual de los ingresos						38.000
18	Porcentaje anual de costo variable	50%	Normal	50%	2%		
19							
20	<b>Cálculos de flujos de caja descontados</b>						
21	Año	0	1	2	3	4	5
22	Costo de la inversión	(\$50.000)					
23	Ingresos		\$100.000	\$105.000	\$110.250	\$115.763	\$121.551
24	Costo fijo		\$35.000	\$35.000	\$35.000	\$35.000	\$35.000
25	Costo variable		\$50.000	\$52.500	\$55.125	\$57.881	\$60.775
26	Flujo de caja	(\$50.000)	\$15.000	\$17.500	\$20.125	\$22.881	\$25.775
27							
28	<b>Salidas</b>						
29	VNA	\$91.913					
30	Bonificación	\$61.913					

Figura 38. Edición de variable de salida @Risk.

Fuente: Manual @Risk.

### La ventana de modelo

La ventana Modelo de @RISK muestra todas las salidas y funciones de distribución seleccionadas en el modelo de la hoja de cálculo. Esta lista “estilo Explorador” situada en la parte izquierda de la ventana Modelo permite:

- Editar una distribución de entrada o salida simplemente haciendo clic en la salida o la entrada en el Explorador.
- Hacer rápidamente un gráfico de todas las entradas definidas.
- Introducir correlaciones entre distribuciones de entrada.

- Pulsar doble clic sobre cualquier entrada de la tabla para utilizar el Navegador gráfico para desplazarse a lo largo de las celdas en su libro de trabajo con variables de entrada de distribuciones.

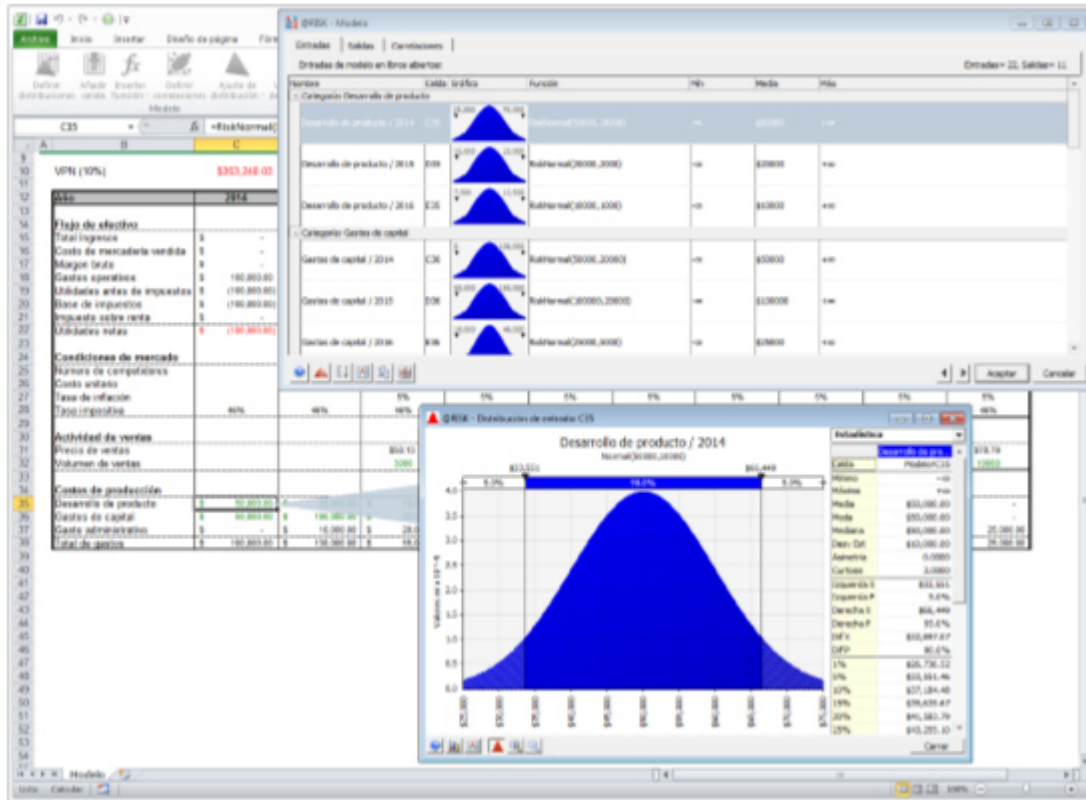


Figura 39. Ventana modelo de @Risk.

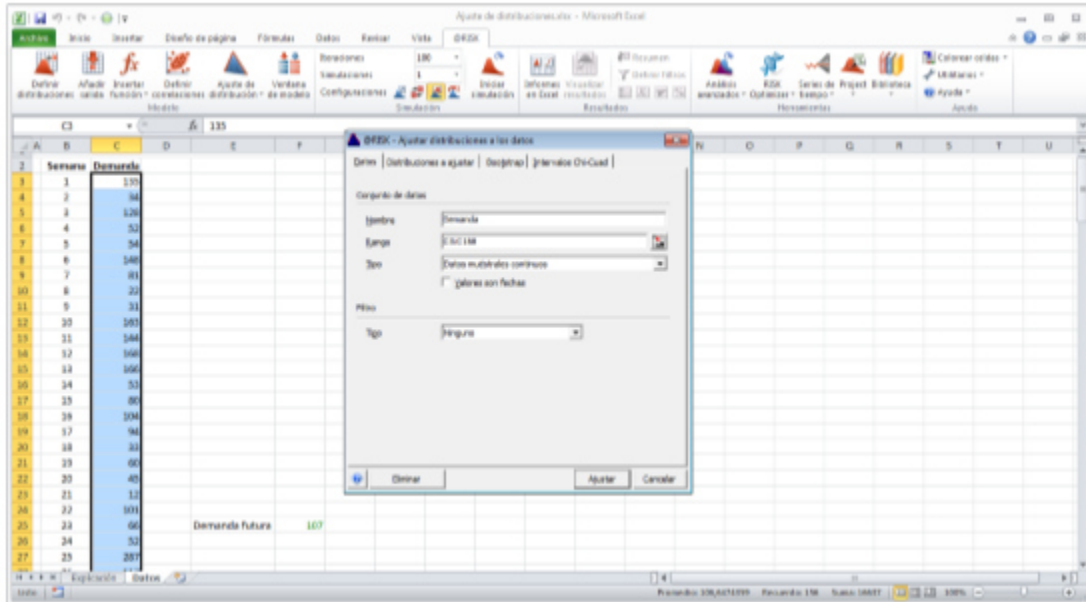
Fuente: Manual @Risk.

Las columnas de la ventana de Modelo pueden ser personalizadas para seleccionar cuáles estadísticos usted desea desplegar sobre las variables de entrada de distribución en su modelo.

### Usando datos para definir funciones de probabilidad

La barra de herramientas de ajuste de distribuciones del @RISK (en sus versiones Profesional e Industrial) le permite ajustar distribuciones de probabilidad sobre sus datos. Este ajuste se realiza cuando tiene un grupo de datos que quiere utilizar como base de una distribución de entrada de la hoja de cálculo. Por ejemplo, si ha recolectado datos históricos del precio de un producto y quiere crear una distribución de posibles precios futuros basada en estos datos. Si lo desea, las distribuciones resultado de un ajuste se pueden asignar a un valor incierto del

modelo de la hoja de cálculo. Además, si se utilizan datos de Excel en el ajuste, se pueden “enlazar en caliente” para que el ajuste se actualice automáticamente cada vez que cambien los datos.

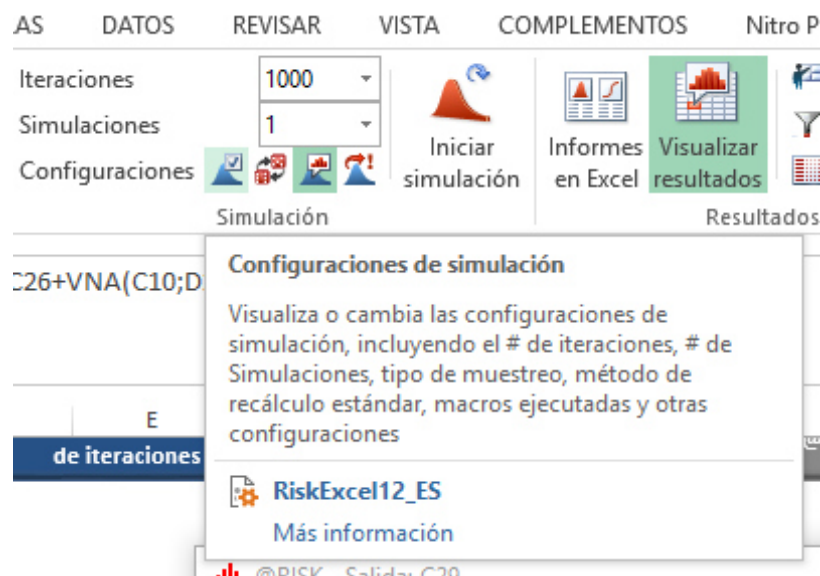


**Figura 40. Definición funciones de probabilidad.**

**Fuente: Manual @Risk.**

### Ejecutando una simulación

Una simulación se ejecuta haciendo clic en el icono Iniciar Simulación de la barra de herramientas o cinta de @RISK.



**Figura 41. Ejecución de una simulación 1.**

### Fuente: Manual @Risk.

Cuando se ejecuta una simulación, se lleva a cabo el cálculo de la hoja una y otra vez —denominándose a cada uno de los cálculos “iteraciones”—, cada vez con un grupo diferente de valores posibles muestreados de cada variable de distribución de entrada. En cada iteración se calcula totalmente la hoja de cálculo con los valores muestrales seleccionados, y se obtiene un nuevo resultado posible en las celdas que contienen sus variables de salida. A medida que progresa la simulación, se van generando una serie de resultados de cada iteración. @RISK recoge estos valores de salida. Luego, se crea una distribución de posibles resultados tomando todos los valores generados en la simulación, analizándolos y haciendo los cálculos estadísticos del rango de distribución del mínimo al máximo.

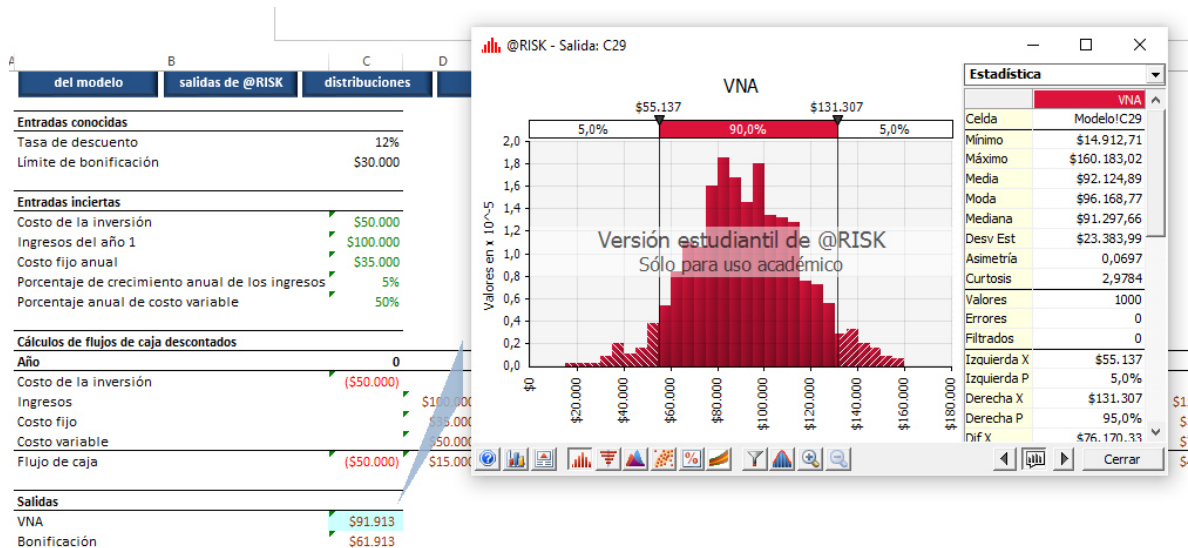


Figura 42. Ejecución de una simulación 2.

### Fuente: Manual @Risk.

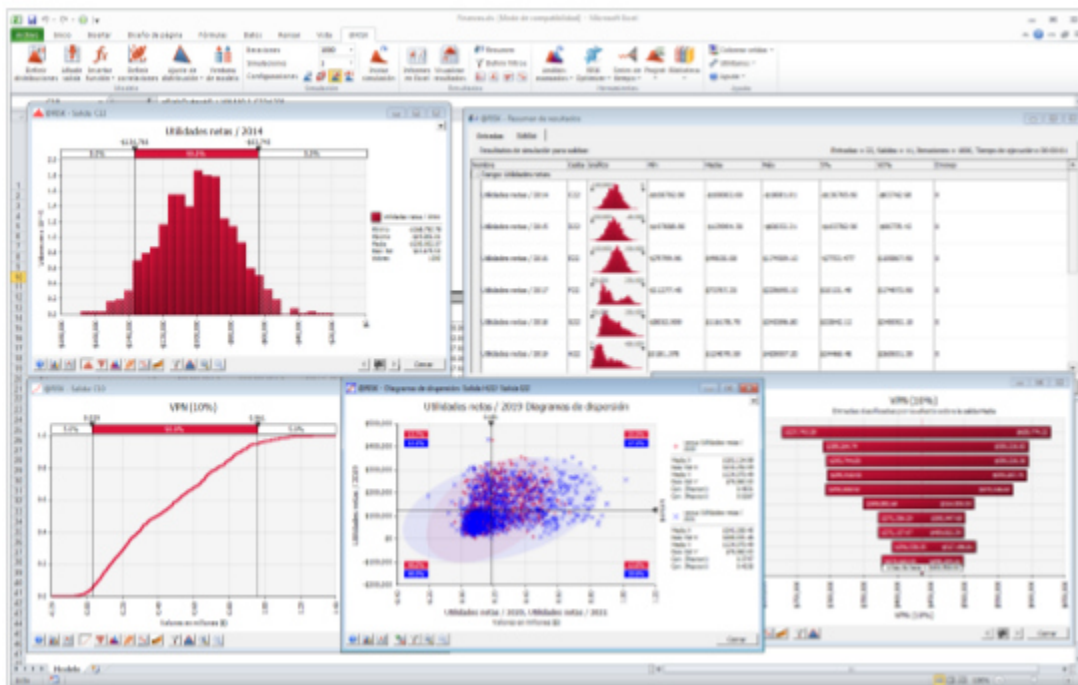
Este gráfico de la distribución de los posibles resultados se crea al tomar todas las posibles variables de salida generadas, analizándolas y calculando estadísticos de cómo se distribuyen a lo largo del rango entre el mínimo y el máximo.

### Resultados de simulación

Los resultados de simulación del @RISK incluyen distribuciones de los posibles resultados para sus variables de salida. Adicionalmente, el @RISK genera informes de sensibilidad y análisis de escenarios que identifican las variables de entrada de distribución más críticas de sus resultados. La mejor forma de



presentar estos resultados es de manera gráfica. Los gráficos disponibles incluyen las distribuciones de frecuencia de las posibles variables de salida, curvas de probabilidad acumulada, gráficos de tornado que muestran la sensibilidad de una variable de salida ante distintas variables de entrada y gráficos resumen que resumen los cambios a lo largo de un rango de celdas de variables de salida.



**Figura 43. Presentación resultados de una simulación en @Risk.**

**Fuente: Manual @Risk.**

El @RISK también ofrece un conjunto de informes estándar de Simulaciones que resumen sus resultados. Adicionalmente, los informes del @RISK generados en Excel pueden utilizar plantillas o machotes pre-diseñadas que contengan formato, títulos y logotipos personalizados.