

# ADMINISTRACIÓN DE RIESGOS EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN DE TÚNELES

JHON ESTEBAN CADAVID OSORNO

DIEGO LEÓN CARO LONDOÑO

UNIVERSIDAD EAFIT  
ESCUELA DE INGENIERÍA  
INGENIERÍA CIVIL  
MEDELLIN

2012

ADMINISTRACIÓN DE RIESGOS EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN DE  
TÚNELES

JHON ESTEBAN CADAVID OSORNO

DIEGO LEÓN CARO LONDOÑO

Proyecto de grado para optar al título de ingeniero civil

ASESOR

JOSÉ MANUEL MAYA GUALDRÓN

INGENIERO MECÁNICO

UNIVERSIDAD EAFIT

ESCUELA DE INGENIERÍA

INGENIERÍA CIVIL

MEDELLIN

2012

Nota de aceptación

---

---

---

---

---

Firma del presidente del Jurado

---

Firma del Jurado

---

Firma del Jurado

Medellín, 30 de abril de 2012

## AGRADECIMIENTOS

A José Manuel Maya Gualdrón, Ingeniero Mecánico, Director de administración de riesgos de Seguros Generales Suramericana S.A.

A Rodrigo Iván Osorio Mora, Ingeniero Civil, Coordinador proyectos de grados de ingeniería civil de la Universidad EAFIT.

A José Luis Mancipe, Ingeniero Civil, Director de construcción de la Concesión Túnel Aburrá Oriente.

## CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	8
RESUMEN.....	10
1. INFRAESTRUCTURA.....	11
1.1 TIPOS DE INFRAESTRUCTURA .....	11
1.2 LOCOMOTORA DE LA INFRAESTRUCTURA.....	13
1.3 CONTEXTO DE LA INFRAESTRUCTURA EN COLOMBIA.....	15
2. RIESGO .....	18
2.1 DEFINICIÓN .....	18
2.2 CARACTERÍSTICAS .....	19
2.3 TIPOS DE RIESGOS.....	20
2.4 SUJETOS DEL RIESGO.....	25
3. ADMINISTRACIÓN DE RIESGOS.....	28
3.1 DEFINICIÓN .....	28
3.2 NORMAS INTERNACIONALES PARA LA ADMINISTRACIÓN DE RIESGOS .....	28
3.3 ASPECTOS DE LA ADMINISTRACIÓN DE RIESGOS.....	29
3.4 PROCESO DE LA ADMINISTRACIÓN DE RIESGOS .....	31
4. ACERCA DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN DE TÚNELES .....	39

4.1. TÚNELES .....	39
4.2. PARTES QUE INTERVIENEN EN UN PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE UN TÚNEL .....	41
4.3. ETAPAS DE UN PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE TÚNELES .....	42
4.4. PROCESO CONSTRUCTIVO DE PERFORACIÓN Y VOLADURA .....	44
4.5. PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DE TÚNELES CON TUNELADORAS.....	47
4.6. PROYECTOS DE TÚNELES EN MEDELLÍN .....	51
5. PROPUESTA PARA LA ADMINISTRACIÓN DE RIESGOS EN UN PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE UN TUNEL.....	54
5.1 ESTABLECER EL CONTEXTO .....	54
5.2 IDENTIFICAR RIESGOS .....	56
5.3 ANALIZAR LOS RIESGOS.....	73
5.4 EVALUACIÓN DE RIESGOS.....	75
5.5 TRATAMIENTO DE RIESGOS .....	76
5.5.3. Proteger .....	79
5.6 COMUNICAR Y CONSULTAR .....	82
5.7 MONITOREAR Y REVISAR.....	82
5.8 DOCUMENTAR .....	83
6. IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO.....	89
6.1 ESTABLECER CONTEXTO .....	89
6.4 EVALUACIÓN DE RIESGOS.....	96

7. CONCLUSIONES .....113

BIBLIOGRAFÍA.....115

## INTRODUCCIÓN

En el país actualmente, no se tiene aún, la cultura de administrar los riesgos. Generalmente estos son atendidos al momento que se presentan. El único bien en el que se prevén los riesgos y los daños que se pueden presentar, es en los vehículos. Según datos del sector asegurador, en volumen, es el tipo de bien que mas se asegura, por encima de la vivienda e incluso la salud, ya que este último se deja en manos de una EPS debido que la ley lo exige en un contrato laboral.

Durante mucho tiempo la metodología de administración de riesgos, no ha sido aprovechada por la gran mayoría de las constructoras a pesar de los beneficios que ésta ofrece. La falta de conocimiento y los prejuicios sobre la aplicación de la misma que tiene la gran mayoría de las constructoras han hecho de la administración de riesgo una herramienta al alcance de pocos.

Paralelo a esta situación, la distribución de los riesgos de los proyectos de construcción entre el constructor y el cliente, es cada vez más justa pasando de una situación donde el cliente tenía la responsabilidad de la gran mayoría de los riesgos, a una situación donde los constructores, han aceptado una mayor responsabilidad sobre aquellos riesgos que antes no eran de su responsabilidad.

La industria de la construcción, cada vez más abierta a la competencia global, necesita incorporar las mejores prácticas internacionales para hacer frente a la apertura de los mercados internacionales de la industria de la construcción.

Es necesario entender que los riesgos se pueden prever, medir y lo más importante, se puede planificar su administración para reducir las afectaciones que, al materializarse, este puede ocasionar o incluso, según el análisis, la evaluación y el tratamiento dado, el riesgo puede ser evitado.

Es importante decir que la finalidad de la administración de riesgo no es eliminarlos, ya que en algunos casos esto seria imposible. Sin embargo, lo que se propone es administrarlos eficientemente de tal forma que se tenga una estrategia, un fondo monetario y tiempo asignado en el presupuesto y programa de obra



respectivamente, para hacer frente a sus efectos negativos y disminuir las probabilidades de tener costos extras y retrasos en el proyecto.

Este proyecto de grado, está enfocado en la administración de riesgos en la construcción de túneles. Debido a que los túneles, ya sean para la construcción de vías de comunicación (Conexión Vial Aburra-Oriente) o suministro de servicios (Interceptor Norte), son una solución cada vez más empleada por su escaso impacto paisajístico, aprovechamiento del espacio en núcleos urbanos y acortamiento de los trazados en los proyectos de la actualidad.

Teniendo en cuenta la complejidad técnica de la ejecución de túneles y dependiendo de la longitud, diámetro, finalidad, especificaciones técnicas necesarias y presupuesto, la escogencia del sistema de perforación o excavación del túnel, se convierte en un ítem muy importante para la ejecución de cualquier proyecto de esta índole. Los proyectos de construcción, en este caso los túneles, se desenvuelven bajo una incertidumbre considerable debido a que es muy difícil controlar algunas variables internas y externas que afectan el desempeño de los mismos en tiempo y costos. Actualmente muchos proyectos no se llevan a cabo exitosamente dentro de los costos y plazos estipulados inicialmente. Una de las causas de los retrasos y sobre los costos es provocado por la falta de prevención de riesgos durante la etapa de planeación de los proyectos.

En el presente trabajo se implementa la administración de riesgos adaptada a un proyecto ficticio de construcción de un túnel, haciendo especial énfasis en la identificación de riesgos, se darán a conocer posibles formas de tratamiento a los mismos, dependiendo de los resultados del análisis y la evaluación de los mismos.

Se espera que los riesgos identificados, sean la base para un proceso de identificación de riesgos un futuro proyecto de construcción de túneles y aunque el tratamiento de estos, no es algo muy genérico, las propuestas de tratamiento planteadas, también pueden servir como punto de inicio.

## RESUMEN

El presente trabajo de grado, tuvo como propósito identificar los riesgos presentes en la construcción de un proyecto de infraestructura, en este caso los túneles y realizar una matriz en la cual se les dio una calificación y un tratamiento. Para dar cumplimiento a estos objetivos se realizaron varias visitas a distintos proyectos en los cuales se tenían construcción de túneles. Se utilizó la entrevista como técnica de recolección de información para su posterior análisis. Los proyectos de muestra fueron el Túnel Aburra-Oriente y el Interceptor norte. Ambos proyectos contemplan la construcción de túneles pero con distintos métodos. EL túnel Aburra-Oriente se realizara por medio de perforación y voladura mientras que el interceptor norte será con micro tuneladora.

## ABSTRACT

This thesis, aimed to identify the risks involved in building an infrastructure project, in this case the tunnels, and a matrix in which they were given a score and treatment. To fulfill these objectives, several visits were done to various projects where there were building tunnels. The interview was used as a technique for collecting information for later analysis. The sample projects were el Tunel Aburrá-Oriente and el Interceptor Norte. Both projects include the construction of tunnels but with different methods. El Tunel Aburrá-Oriente will be constructed using drilling and blasting while el Interceptor Norte will be done by the micro tunneling method.

## 1. INFRAESTRUCTURA

Cuando se piensa en infraestructura, frecuentemente, solo se asocia este término a todo lo relacionado con el sistema carretero, pero la verdad es que el término infraestructura, abarca muchas áreas que son importantes para el desarrollo de un país. La infraestructura es un conjunto de elementos y servicios que se necesitan para que algo funcione.

El Banco Interamericano de Desarrollo BID, define la infraestructura como el conjunto de estructuras de ingeniería e instalaciones –por lo general, de larga vida útil- que constituyen la base sobre la cual se produce la prestación de servicios considerados necesarios para el desarrollo de fines productivos, políticos, sociales y personales.

La Cámara Colombiana de la Infraestructura respalda la definición elaborada por la banca multilateral.

### 1.1 TIPOS DE INFRAESTRUCTURA

A continuación se mencionan los sectores en que se desarrolla la infraestructura y los tipos de infraestructura pertenecientes a cada uno de ellos.

1.1.1 Infraestructura del transporte. A este sector pertenecen los equipamientos físicos y móviles necesarios para la conectividad entre dos lugares. Este es un sector muy importante para el crecimiento económico de un país. A este pertenecen:

- Vías terrestres: carreteras, túneles, líneas férreas, cables, etc.

- Vías fluviales: ríos y canales.
- Vías marítimas.
- Vías aéreas.
- Sistemas portuarios: está constituido por los puertos marítimos, fluviales y secos, aeropuertos y centros de transferencia.
- Sistemas especiales: se refiere a teleféricos, cables, polductos.

1.1.2 Infraestructura del sector social. Este sector contiene todos los elementos físicos que permiten desarrollar todas las actividades del sector social.

- Infraestructura Educativa: incluyen las instalaciones necesarias para todos los niveles de la educación.
- Edificaciones públicas: acá se refieren a las instalaciones para la administración pública, en general todos los ramos gubernamentales como los son el poder ejecutivo, el legislativo y el judicial.
- Infraestructura urbana: este tipo de infraestructura es la que aporta el amoblamiento para la ciudad al igual que la recreación y algunas vías.
- Vivienda: esto comprende todas las edificaciones destinadas para la vivienda urbana y rural.
- Saneamiento básico: esto es una parte vital, aquí se encuentra el acueducto, alcantarillado, recolección y disposición de residuos sólidos y algo muy importante como lo son las plantas de tratamiento de aguas residuales.
- Infraestructura de seguridad: en un país como el nuestro, hay momentos en que es necesario invertir más en esta sector que en otras. Esto se refiere a las instalaciones necesarias para la seguridad interna y externa del país o la región, incluye cuarteles, comandos, estaciones marítimas y terrestres, cárceles.

- Infraestructura hospitalaria: para suplir las necesidades del sector salud en todos los niveles.
- Infraestructura de telecomunicaciones: todo lo relacionado con el desarrollo de las conexiones de televisión, radio, telefonía y otros procesos que requieren conectividad por red o por ondas.

1.1.3. Infraestructura productiva. Este tipo de infraestructura requerida para todos los niveles de la producción.

- Infraestructura energética: Todo lo relacionado con la producción de energía eléctrica, incluye hidroeléctricas, termoeléctricas y otras formas no tan convencionales.
- Infraestructura Industrial: en este sector están las instalaciones de todos los sectores industriales.
- Infraestructura agropecuaria: se incluyen todas las ferias de ganado, centrales de abastos, centros de acopio, entre otras.
- Infraestructura minera: todas las instalaciones físicas para la explotación, procesamiento y comercialización de minerales.
- Infraestructura turística: el conjunto de todas las instalaciones necesarias para atender la demanda turística como hoteles, posadas, casinos, etc.

## 1.2 LOCOMOTORA DE LA INFRAESTRUCTURA

Desde que el actual presidente Juan Manuel Santos, era candidato presidencial, en su plan de gobierno habló de las “locomotoras económicas” o “locomotoras de crecimiento”, las cuales jalonarían el progreso del país, refiriéndose al agro, la vivienda, la minería, la innovación y la infraestructura.

Las locomotoras son sectores en los cuales se ha identificado, económicamente, un avance más rápido que en los otros. De las cinco locomotoras que se han planteado, las que presentan un avance más representativo en comparación a las otras, son el sector minero-energético, la vivienda y la infraestructura de transporte. Las otras dos locomotoras, el sector agropecuario y la innovación, son sectores en los cuales se ve un gran potencial, pero que primero se deben empezar a implementar con el uso de nuevas tecnologías y nuevos planes para su desarrollo, contrarios a los que se vienen utilizando actualmente. Ya sea en cualquiera de los campos de las locomotoras, lo que se busca es estar a la altura de los países mas desarrollados, por esto se quiere invertir gran parte en mejorar todo lo concerniente a la capacitación del personal humano, los cuales lideraran los grandes proyectos que mejoraran el país, de la mano con la tecnología de punta, la cual facilitara todo el trabajo.

En el Plan Nacional de Desarrollo (PND) para el periodo 2010-2014, hacen especial mención a la infraestructura del transporte de la siguiente manera:

“La identificación de la infraestructura de transporte como locomotora estratégica de crecimiento es un reflejo de nuestra obligación y deuda con la población y el sector productivo de unir el territorio y llevar, con mayor seguridad, prontitud y a menores costos, los productos y las ideas de los colombianos al resto del país y al mundo. El impulso a la locomotora de transporte no sólo genera empleo, dinamiza la economía y fortalece la competitividad del sector productivo en los mercados internacionales, sino también mejora la disponibilidad, calidad, y precio de los bienes y servicios que consume la población. Al disminuir los costos de transporte, se reducen los precios de los alimentos y bienes básicos, generando de esta manera un impacto social y regional de gran importancia.”

De todas las locomotoras mencionadas en el PND 2010-2014, la de infraestructura es la que requiere mayor inversión, ya que con ella se dinamiza sustancialmente la economía del país.

### 1.3 CONTEXTO DE LA INFRAESTRUCTURA EN COLOMBIA

El desarrollo del país, ha ido de la mano con el desarrollo de la construcción. Por esto se han venido presentando una serie de cambios y modernizaciones en las empresas dedicadas a esta actividad. Dichos cambios comprenden todos los sectores que puede envolver una compañía, con esto hablamos de personal mas capacitado para afrontar los nuevos proyectos que el país necesita, de igual forma se deben hacer cambios tecnológicos que acompañados del personal humano puedan facilitar los procesos de construcción. Se puede decir que teniendo una correcta explotación de los recursos locales, como se mencionó anteriormente, una incorporación de tecnologías avanzadas y la minimización del impacto ambiental, son algunos de los factores determinantes en el éxito de cualquier estrategia de desarrollo que se aplique a la industria.

Aprender de proyectos ejecutados en el exterior, esto puede servir como guía, mientras se adquiere todo el conocimiento requerido, esto con el fin que todos los megaproyectos que se quieran realizar en el país, no siempre se tenga que buscar las soluciones por fuera de este.

La industria de la construcción ha sido clave para el desarrollo económico del país en los últimos años, debido a su gran dinamismo, y se constituye como uno de los sectores más importantes y de mayor incidencia por su estrecha vinculación con la creación de infraestructuras básicas como: puentes, carreteras, puertos, vías férreas, túneles, plantas de energía eléctrica, hidroeléctricas y termoeléctricas, así como sus correspondientes líneas de transmisión y distribución, presas, obras de irrigación, construcciones industriales y comerciales, instalaciones telefónicas y telegráficas, perforación de pozos, plantas petroquímicas e instalaciones de refinación y obras de edificación no residencial, entre otras. La mitad de los sectores productivos de la economía nacional se relacionan en mayor o menor grado con el sector de la construcción como proveedores directos.

El sector de la construcción es, por lo tanto, un elemento primordial en el desarrollo o crecimiento del entorno económico de la Nación, el cual proporciona soluciones para el diseño de estructuras sólidas, las cuales garantizan una optima

utilización y aprovechamiento de los recursos, para que las compañías cumplan con éxito todas las actividades económicas, ya que con una buena infraestructura no solo se beneficia el sector de la construcción, si no todos los sectores al tener mejores condiciones de trabajo.

En cuestión de infraestructura, al país le hacen falta muchas obras para poder competir en los nuevos Tratados de Libre Comercio aprobados en el año 2011. Con estos TLC se espera que aumente la cantidad de transporte de mercancía, tanto en exportaciones como en importaciones. Aproximadamente el 90% de la mercancía transportada en Colombia, se hace por carretera. Lo que implica la necesidad de mejorar algunas vías existentes y de construir nuevas. Un buen ejemplo son las Autopistas de la Prosperidad y la Ruta del Sol.

La gran mayoría de ciudades principales en Colombia están ubicadas en la zona montañosa, lo que implica que para trasladarse de un lugar a otro, deben recorrerse grandes trayectos. La adecuación de algunas vías existentes y la construcción de algunas nuevas, contienen en sus diseños la construcción de túneles, con esto se disminuyen los trayectos y se reducen las pendientes longitudinales, ahorrando tiempo, dinero y desgaste de los vehículos. De ahí a la importancia que están tomando en el ámbito de la infraestructura nacional.

Un solo proyecto, como lo es las Autopistas de la Prosperidad, tiene en sus diseños aproximadamente noventa kilómetros de túneles, otro megaproyecto, La Ruta del Sol, contiene en sus diseños la construcción de tres túneles que suman 3.5 kilómetros de longitud aproximadamente. Por otra parte están los túneles que se construyen para la construcción de las hidroeléctricas, por ejemplo Hidroituango, consta de dos túneles paralelos para la desviación del río Cauca y para el acceso a la casa de máquinas. La longitud de estos tres túneles suman tres kilómetros aproximadamente. De ahí la importancia de este tipo de obras en la infraestructura.

Otras obras de gran magnitud y que se deben tener en cuenta son la adecuación de los puertos existentes y la construcción de uno nuevo, como el proyectado en el Urabá. De esta manera, el trayecto al mar se acorta considerablemente, disminuyendo costos a las mercancías para ser más competitivos.



La infraestructura siempre estará expuesta a diferentes tipos de riesgos como: naturales, humanos, inherentes, logísticos y patrimoniales. Por tal motivo esa gran inversión, que se tiene planeado para este sector, aproximadamente 35 billones de pesos, no se puede dejar expuesta a la afectación de dichos riesgos. Por tal motivo, esos riesgos deben ser administrados de tal manera que, en caso de materializarse, no afecte el proyecto de manera catastrófica.

Una de las herramientas en la administración de riesgos, es la de transferirlos y el sector asegurador, ve como un mercado objetivo todas estas obras de infraestructura necesarias para el buen progreso del país.

## 2. RIESGO

### 2.1 DEFINICIÓN

La palabra riesgo tiene diferentes significados, depende del contexto en que se evalúe, pero por lo general esta palabra se asocia a la incertidumbre y a eventos negativos.

A continuación se presentan cuatro definiciones disponibles de la palabra riesgo, las cuales tienen en común lo mencionado anteriormente:

Real Academia Española. “Contingencia o proximidad de un daño”.

Diccionario MAPFRE Seguros. “Combinación de la probabilidad de ocurrencia de un suceso y sus consecuencias... posible ocurrencia por azar de un acontecimiento que produce una necesidad económica...”.

Código de Comercio. “ARTÍCULO 1054. <DEFINICIÓN DE RIESGO>. Denominase riesgo el suceso incierto que no depende exclusivamente de la voluntad del tomador, del asegurado o del beneficiario, y cuya realización da origen a la obligación del asegurador...”

GTC 137 (ISO Guía 73:2009, definición 1.1). “Efecto de la incertidumbre sobre los objetivos.”

“Incertidumbre es el estado, así sea este parcial, de deficiencia de información relacionada con la comprensión o el conocimiento de un evento, su consecuencia o probabilidad.”

Las definiciones de riesgo en el Diccionario MAPFRE Seguros y en el Código de Comercio, son más extensas y enfocadas al contexto de los seguros, por tal motivo solo se toman fragmentos para mostrar lo común en estas definiciones y es que se refieren a algo incierto, porque no se conoce exactamente el cómo, el

cuándo ni el dónde va a ocurrir el evento que se determinó que era un riesgo. Otro punto común es que hablan de pérdida o daño que se genera al materializarse dicho evento.

Luego de ver varias definiciones de la palabra riesgo, se puede decir de una forma genérica que riesgo es la probabilidad de ocurrencia un suceso incierto genere una pérdida, impida cumplir objetivos u ocasione resultados diferentes a los esperados.

Existe una diferencia entre la palabra amenaza y riesgo. Una situación que pudiera generar daños es tomada como una amenaza. Cuando esa amenaza es evaluada, se determina su probabilidad de ocurrencia, frecuencia y el daño que puede generar en caso de materializarse, se le denomina riesgo.

## 2.2 CARACTERÍSTICAS

Algunos de los aspectos que caracterizan a un riesgo son los siguientes:

2.2.1 Incierto y aleatorio. Debe existir cierta incertidumbre de ocurrencia del riesgo, ya que de saber el cuándo, el cómo o el dónde, deja de ser riesgo para convertirse en un hecho. De esta manera la probabilidad de ocurrencia debe ser diferente de 0% o 100%. En el primer caso, si no hay posibilidad que se presente un riesgo, este no existe. Ejemplo: La probabilidad de ser afectados por un Tsunami en Medellín es casi nula. Por tal motivo ese riesgo, para esta ciudad, no existe. En el segundo caso, cuando sabemos que la probabilidad de ocurrencia es 100%, ya es un hecho cierto y allí no hay riesgo.

Existen situaciones riesgo que sabemos que tiene que ocurrir en algún momento, como es el caso de la muerte, pero lo que no sabemos es el cuándo, especialmente en personas sanas, jóvenes y en unas condiciones normales de

vida, sería la única excepción de un riesgo cierto y que aun así tiene cobertura por una póliza de seguros.

2.2.2 Fortuito. Debe ser un evento donde no intervenga la voluntad propia, un evento súbito e imprevisto no predecible al cual se está expuesto.. Esta característica se enfoca mas a la parte de riesgos asegurables, tema que se detallará mas adelante.

## 2.3 TIPOS DE RIESGOS

La clasificación de los riesgos también depende del contexto que se analice.

Las clasificaciones descritas a continuación no son una camisa de fuerza a seguir, son ejemplos. La clasificación de los riesgos puede ser realizada propiamente por el equipo de la administración de riesgos. La idea es separarlos para hacer posible una mejor identificación.

2.3.1 Según sus resultados. Este tipo de riesgos son catalogados como los especulativos y los puros.

2.3.1.1. Riesgo de doble vía o riesgo especulativo. Es propio de un negocio e implica que se pueda tener mayores o menores beneficios e incluso pérdidas. Se presentan en los juegos de azar y en el sector financiero.

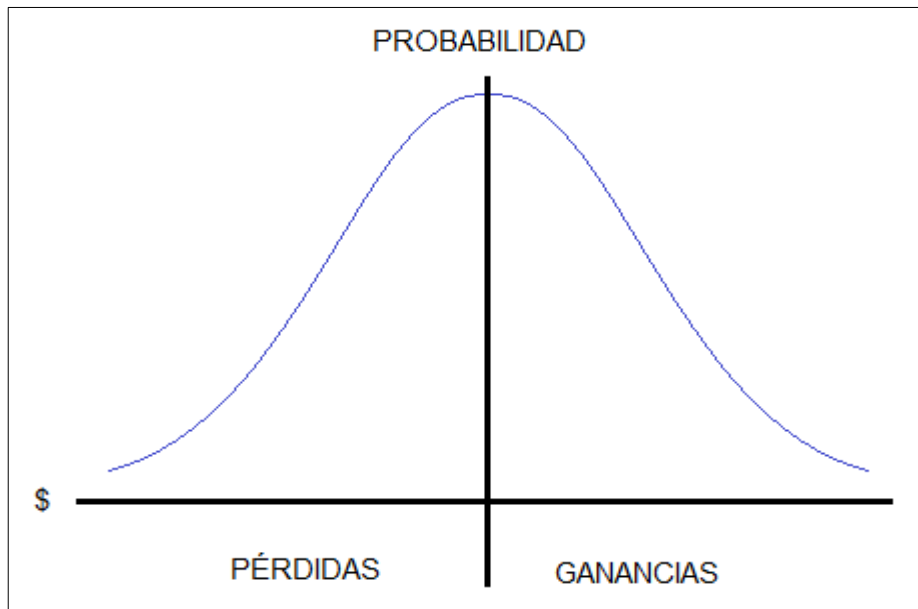


Figura 1. Riesgos de doble vía

2.3.1.2 Riesgo de una vía o riesgo puro. En este riesgo en caso de materializarse, solo genera la posibilidad de pérdida. Incendio, hurto, daño material.

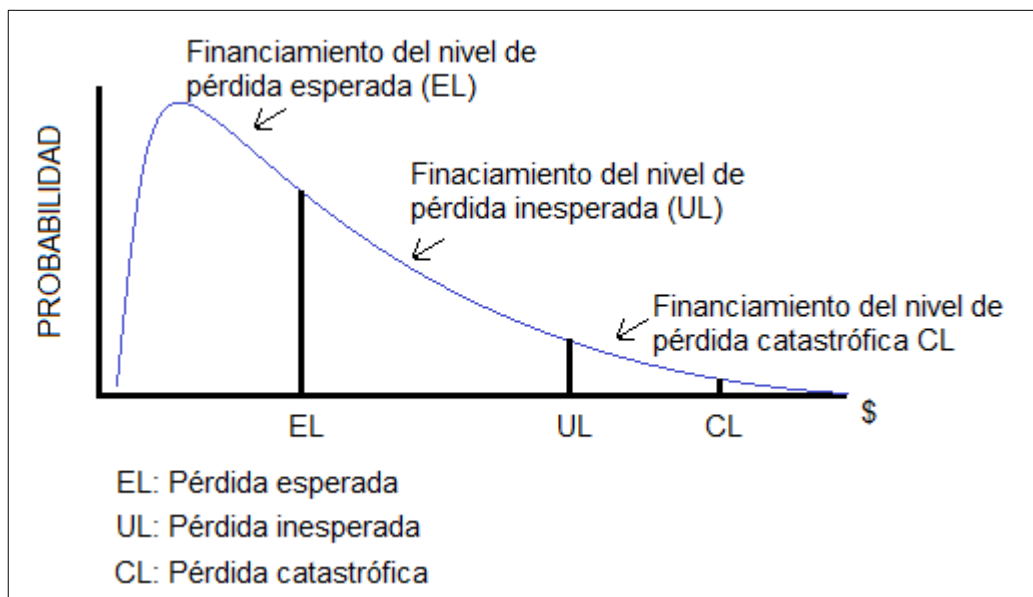


Figura 2. Riesgos de una sola vía.

### 2.3.2 Según lo afectado.

2.3.2.1 Riesgos personales. Como su nombre lo dice, afecta el estado de las personas tales como la salud, integridad física o disminución de capacidades. A estos pertenecen la muerte, invalidez y enfermedad.

2.3.2.2 Riesgo real. Afecta los bienes muebles o inmuebles. De este tipo de riesgos son los daños materiales, hurto, incendio, choque, entre otros.

2.3.2.3 Riesgos patrimoniales. Con estos riesgos no existe un daño en un bien o en las personas, pero si se afecta el patrimonio de las mismas, implica una pérdida económica dada como por ejemplo por una responsabilidad civil, multa, pérdida de imagen o lucro cesante.

2.3.3 Según su origen, existen riesgos internos y externos. Los riesgos están en todas partes y existen en todas las empresas, dependiendo de la actividad a la que se dedique la empresa, ciertos riesgos requieren de mayor atención que otros, al igual que la ubicación geográfica, agrava o disminuye la probabilidad de pérdida por cierto tipo de riesgo. A continuación se dividen los riesgos según su origen:

2.3.3.1 Riesgos internos o generados en la empresa. Estos son los riesgos que se generan según el tipo de empresa, los objetivos que la direccionan y los procesos que se llevan a cabo.

- Estratégico: son las pérdidas generadas por la implementación de una mala estrategia o hacerlo de una forma inadecuada, o por el ingreso de nueva competencia al mercado, falta de investigación, nuevos productos, cambios de tecnología, fallas en las redes de distribución, cambio o pérdida de imagen, la falta de adaptación a los constantes cambios del entorno empresarial.

- Operativos: es la posibilidad de pérdidas ocasionadas por un mal abastecimiento, producción y distribución. Fallas en el recurso humano o en los sistemas de control.
- Mercado: este es un riesgo especulativo, puede generar pérdidas o ganancias. Este riesgo puede ser afectado por la tasa de cambio, en caso tal que los insumos sean importados o porque el producto terminado sea exportado. Los insumos, así no sean importados, también pueden aumentar el valor, ya sea por el aumento o escasez de los combustibles o servicios públicos.
- Crédito: el aumento en las tasas de interés, puede llevar a que la empresa no pueda hacer nuevas compras de maquinaria u otras inversiones. Este riesgo se puede presentar mas en las entidades financieras, cuando hacen préstamos que posiblemente no puedan ser pagados por los deudores. Las ventas a crédito ya son muy comunes, generando la posibilidad de no ser pagadas sea pagado en las fechas establecidas o peor aún que estas cuentas no puedan ser reembolsadas por iliquidez del cliente.
- Tecnológico: en la actualidad, el uso de la tecnología por parte de las empresas es indispensable, especialmente en las telecomunicaciones. Pero esta puede ser vulnerable a los “hackers” o los virus. El colapso en las telecomunicaciones, puede llevar a parar una empresa o poner en riesgo la vida de personas. También existe el riesgo de la dependencia tecnológica, donde las empresas pueden entrar en la quiebra o salir del mercado por no estar a la vanguardia en este aspecto.
- Del personal: el recurso más importante de una empresa puede ser el personal. Los accidentes laborales o enfermedades profesionales, pueden generar lesiones leves, graves e incluso mortales que pueden ser causa de demandas. En caso tal que la lesión sea en uno de los empleados clave, la producción e incluso la imagen de la empresa podría ser afectada. La infidelidad de los empleados, también es otro riesgo que afecta las empresas.

2.3.3.2 Riesgos externos o generados por el entorno de la empresa. Estos riesgos son generados según el entorno en que se mueva la empresa.

- Políticos: los cambios de legislación nacional o internacional, la forma de manejo político que se dé por parte del gobierno, la calidad de sus gobernantes, la estabilidad del poder, los planes de gobierno entre otras, pueden afectar las empresas.
- Social: la ubicación geográfica de la empresa, puede generar o incrementar la posibilidad de ocurrencia de otros riesgos. La cultura de la región donde está instalada, las condiciones de seguridad, de vida y desarrollo, pueden alterar el proceso normal de las actividades de la compañía, ya que dependiendo de las condiciones antes mencionadas, el riesgo de hurto, terrorismo, vandalismo, extorsiones entre otras, aumenta o disminuye.
- Legal: el desconocimiento de las normas, no exime de su cumplimiento. Por este motivo, la omisión, desacato o una mala interpretación jurídica de normas legales o reglamentarias, pueden generar demandas o sanciones a la empresa.
- Naturales: los riesgos de la naturaleza están presentes en todas partes, también dependiendo de la ubicación geográfica, unos en mayor medida. Estos riesgos son: terremoto, maremotos, huracán, inundación, deslizamiento, descargas eléctricas, entre otras.
- Industria o sector: según el tamaño de la compañía y el sector al que pertenezca, las empresas tienen riesgos propios como lo son la corrupción, competencia desleal, actividades públicas peligrosas, responsabilidad por contratos en ejecución, enfermedades profesionales, tráfico de información, entre otras.
- Mercado: cambios en los hábitos de consumos, nuevas competencias.
- Demográficos: políticas migratorias, emigración, tasa de crecimiento poblacional.



## 2.4 SUJETOS DEL RIESGO

Ya que los riesgos están presentes en todas partes, las personas y las cosas materiales están expuestas a ellos. A continuación se clasificarán de una manera muy general, pero conveniente para este proyecto, todo lo que está expuesto a un riesgo desde el punto de vista de una empresa.

2.4.1 Personal. Todas las personas están expuestas a los riesgos, dependiendo del tipo de empresa en mayor o menor medida. Si fuese una empresa que manipula químicos el personal estaría mas expuesto que en una empresa de intermediación de seguros.

Partiendo de la ética y la moral, todas las personas son iguales, ninguna tiene más valor que otra. Pero, para el funcionamiento de una compañía, si existe personal clave, ya que de materializarse un riesgo en estas personas, puede generar efectos negativos en los resultados esperados de una empresa. Por tal motivo, el personal se puede diferenciar en general y directivos o claves.

2.4.2 Activos materiales. Para la contabilidad, los activos son los bienes que hacen parte del patrimonio de una empresa. Aunque estos pueden ser muebles e inmuebles, en esta ocasión sólo mencionaremos los activos inmuebles más representativos y que tienen mayor afectación en caso de materializarse un riesgo.

2.4.2.1 Edificios. Son las estructuras o instalaciones donde la empresa ejecuta su actividad económica. Pueden ser locaciones independientes o en una sola llevarse a cabo la producción, el almacenamiento y parte administrativa. Estas estructuras, dependiendo su ubicación, están expuestas en mayor o menor medida a terremotos, tsunamis, huracanes, deslizamientos y riesgos de la naturaleza en general. Según su actividad económica, se debe considerar en mayor medida los

riesgos de incendio, actos mal intencionados de terceros o hasta de los mismos empleados.

2.4.2.2 Maquinaria y equipos. La maquinaria es parte fundamental en las empresas. En algunas este es su mayor activo. En las empresas que tienen planta de producción, un fallo en alguna de sus máquinas puede parar la producción completa o disminuirla en forma considerable. Las máquinas y los equipos están expuestos a los mismos riesgos que están expuestos los edificios, lo cuales ocasionarían daños externos a las máquinas, pero adicional a estos están expuestas a otro tipo de riesgos como la impericia de los operarios, al daño interno, explosión. Para el caso de una empresa constructora, la falla de una torre grúa en la construcción de un edificio o de una cargadora en la remoción de tierra, puede ocasionar un retraso de varios días, en los cuales se ven afectadas colateralmente, varias actividades del proyecto.

2.4.2.3 Equipos electrónicos. En la actualidad los equipos electrónicos son fundamentales en todas las empresas. Un informe escrito en máquina de escribir, con la tecnología existente actualmente, se ve mal presentado. Todos estos equipos, por lo general, son frágiles y afectados gravemente por un corto circuito, rayo y el hurto. En una empresa de diseño, gran parte de sus activos pueden estar invertidos en este tipo de bienes.

2.4.2.4 Materia prima e insumos. La materia prima y los insumos son parte fundamental para las empresas, ya que sin estas no pueden generar un producto. Los riesgos a los que se puede estar expuesto es la falta de materia prima por aumento en valor, difícil consecución o escasez en el mercado. Por parte de los insumos, en algunos casos, los servicios públicos como la electricidad o el agua, son insumos de gran importancia. En algunas zonas del país, las generadoras de energía o las torres para su transporte, pueden ser afectadas por actos terroristas. En el caso del agua, las plantas de tratamiento pueden ser afectadas por

contaminación en las fuentes de agua o deslizamientos que pueden generar daños a los tubos de conducción del líquido.

2.4.2.5 Otros activos. Algunos activos como el buen nombre de una compañía o la información que esta maneja, pueden ser de lo más importante de una compañía. En caso tal que el buen nombre de una empresa sea afectado, y si esta tiene acciones en la bolsa de valores, el valor de estas puede afectarla de tal manera que puede salir del negocio. Y para el caso de la información, como bases de datos, manuales, procedimientos, entre otros, del buen almacenamiento de esta, de manera que se pueda acceder a ella en caso de ocurrir de un evento catastrófico, puede depender la continuidad de la compañía en el mercado.

2.4.2.6 Activos de terceros. Existen empresas que su actividad principal es cuidar activos de terceros como lo son los parqueaderos o las bodegas de almacenamiento, la empresa es responsable por dichos activos. Pero incluso, no siendo esta la actividad principal de la empresa, también se puede ser responsable de los activos de los visitantes pero lo más importante, es la responsabilidad por la integridad física de los mismos dentro de las instalaciones. Las afectaciones que puedan tener los vecinos y sus activos, por el transcurso normal de las actividades de la compañía, también son riesgos que deben ser tenidos en cuenta por la empresa.

### **3. ADMINISTRACIÓN DE RIESGOS**

#### **3.1 DEFINICIÓN**

La administración de riesgos es la aplicación de los procesos y actividades de forma sistemática en un contexto, para identificar, evaluar, intervenir, prevenir y proteger las situaciones de riesgo que pueden afectar la ejecución de una actividad. Con esto se pretende evitar o mitigar las pérdidas.

En la norma ISO NTC 31000, definen la gestión de riesgos como las “actividades coordinadas para dirigir y controlar una organización con respecto al riesgo”.

#### **3.2 NORMAS INTERNACIONALES PARA LA ADMINISTRACIÓN DE RIESGOS**

La norma más utilizada en los últimos diez años para la administración de riesgos fue la Norma Estandar de Australia y Nueva Zelanda de Administración de Riesgos AN/NZS 4360:2004 (Australian and New Zealand Standard on Risk Management). Basados en esta norma, el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC), creó la NTC 5254:2004 Norma Técnica Colombiana de Gestión de Riesgos. Luego en el año 2009, la ISO (The International Organization for Standardization), escribió la ISO 31000:2009 (Risk management – Principles and guidelines). En el 2011, el ICONTEC, saca la norma NTC 31000: 2011 (Gestión del riesgo. Principios y directrices), una traducción idéntica de la norma ISO 31000:2009.

### 3.3 ASPECTOS DE LA ADMINISTRACIÓN DE RIESGOS

De la administración de riesgos debe ser responsable todo el personal de la empresa, ya que todos los que intervienen en ella están expuestos a algún tipo de riesgo. Esto implica que la administración de riesgos sea aplicada en todas las áreas y procesos, para esto puede ser necesario entrenar a algunas personas que asuman roles determinados en algunos casos, como por ejemplo brigadas de emergencia, primeros auxilios, sistema de evacuación, entre otros. A estas personas se les debe instruir en el paso a paso a seguir en cada una de las actividades que debe cumplir al momento de materializarse el riesgo y para prevenir el mismo. A los demás, indicarles a quien o quienes deben acudir en momentos de materialización del riesgo. Se debe recordar, que el objetivo principal de la administración de riesgos es prevenir la ocurrencia de los mismos, pero en caso tal de presentarse dicha ocurrencia, el objetivo es hacer que la afectación sea la menor posible, y para esta última idea está el personal entrenado y los recursos disponibles.

La administración de riesgos no debe ser entendida o tratada como unas actividades aisladas a la empresa, por el contrario debe ser incorporada en todos los procesos de la empresa, ya que de implementarse de una buena manera, debe apoyar la toma de decisiones para los aspectos inciertos y determinar como se trata dicha incertidumbre.

A la administración de riesgos también se le conoce como gestión de riesgos o gestión integral de riesgos.

Cuando se implementa una buena administración de riesgos se logra:

- Que en caso de materialización de un riesgo, la empresa continúe produciendo, prestando sus servicios o comercializando sus productos, de manera que no se presenten pérdidas financieras catastróficas que la puedan sacar del negocio.
- Proteger la integridad física tanto de los empleados como de las otras personas que puedan verse afectados con las operaciones de la empresa,

previniendo la materialización de un riesgo, y que en caso de presentarse dicho evento, que a este empleado o persona externa se le preste la atención necesaria.

- Disminuir la probabilidad de ocurrencia de los riesgos que eviten o aplacen el cumplimiento de los objetivos de la empresa, lo que puede llevar a pérdidas económicas. En otras palabras, ayuda a lograr los objetivos de la compañía.
- Asegurar el flujo, la calidad y la disponibilidad de la información en caso de materializarse un siniestro catastrófico.
- Conseguir que las actividades y procesos de la empresa, se realicen según la legislación y normatividad que las rige.
- La imagen que genera la empresa ante los clientes y las personas interesadas en ella, mejora ya que es vista como una empresa que tiende a la continuidad y ante los empleados puede generar un ambiente de confianza y tranquilidad.
- Contribuye a la mejora continua de la empresa.

Algunos de los aspectos que pueden entorpecer la administración de riesgos son los siguientes:

- La falta de compromiso de las directivas de la empresa.
- No considerar todas las partes interesadas o que pueden ser afectadas por la materialización de un riesgo.
- Mantener conductas evasivas ante el riesgo.
- No formalizar una estructura de la administración de riesgos.
- Mantener una comunicación pobre entre las partes involucradas.
- No asignar los recursos necesarios para la implementación del proceso.

- No documentar el proceso.
- Irresponsabilidad en la toma de decisiones.
- No pensar de manera progresiva y rigurosa.

Al incurrir en estos aspectos, la administración de riesgos puede que no logre su objetivo. Al implementar este proceso, se debe hacer de una manera integral.

### 3.4 PROCESO DE LA ADMINISTRACIÓN DE RIESGOS

En las normas antes mencionadas, proponen el siguiente proceso para la gestión del riesgo:

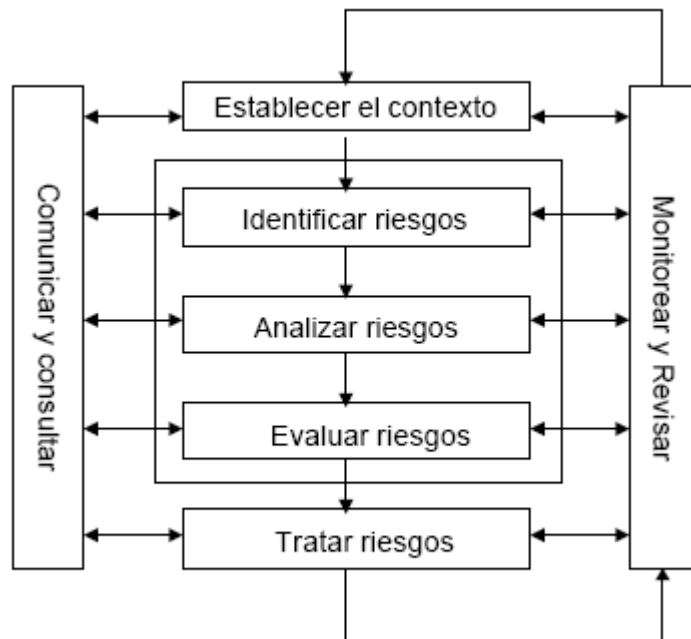


Figura 3. Proceso generalizado de gestión del riesgo

Este proceso es sistemático y cíclico, se considera una guía genérica con los componentes necesarios para la administración del riesgo, el estándar debe ser aplicado a cada una de las actividades de la empresa. Este proceso no es una camisa de fuerza, ya que todas las empresas son diferentes y puede tener variaciones. Lo que se pretende con él, es dar una base para una buena administración de riesgos.

3.4.1 Comunicar y consultar. El comité de administración de riesgos o las personas encargadas de este tema, deben comunicarse con todo el personal de la empresa, ya que todos, de una u otra manera están expuestos a algún tipo de riesgo. Esta comunicación se enfoca en consultar con el personal, a que tipo de riesgos creen ellos que están expuestos y mencionarles riesgos que no hayan tenido en cuenta y tomar nota de los que el comité no haya visualizado. En algunas actividades, pueden existir personas de fuera de la empresa, que pueden ser afectadas por algún tipo de riesgo, con ellas también debe existir esta comunicación.

Todo el proceso de administración de riesgos debe ser registrado, en especial la parte de comunicación y consulta, puesto que son el punto de partida para la toma de decisiones, ya que es muy importante conocer la percepción del riesgo que tienen todas las personas involucradas en el proceso.

La comunicación y la consulta es algo que se debe hacer durante todo el proceso de la administración del riesgo en cada uno de sus pasos.

3.4.2 Establecer contexto. Según el contexto de la empresa, se define que es un riesgo para dicha empresa, pero para este paso es muy importante conocer y comprender muy bien cuales son los objetivos y capacidades de la misma además de la estrategia para lograr los objetivos.



El mayor riesgo de la empresa es no cumplir los objetivos propuestos, y el no cumplimiento se puede generar por el ambiente externo o interno de la compañía.

Para establecer el contexto externo, se debe tener en cuenta la reglamentación que rige a la empresa, la parte social que la rodea, la competencia, personas, empresas o entidades que tienen algún tipo de relación o interés en la compañía.

En el contexto interno se debe comprender la organización de la empresa, su organigrama, capacidades y recursos tanto materiales como de personal, los objetivos y las estrategias para cumplirlos. Establecido este punto, se pueden definir las políticas de riesgo.

En esta parte del proceso, es que se define cuales son las funciones y responsabilidades de todas las áreas de la empresa y su personal con respecto a la administración de riesgos.

3.4.3. Identificar riesgos. Un riesgo que no se identifique en este punto puede no ser tenido en cuenta en todo el proceso de la administración de estos.

Para la identificación de riesgos es necesario tener en cuenta los que estén bajo control de la compañía y los que no.

La forma que sugiere la norma NTC 5254, es preguntarse ¿Qué?, ¿Dónde? y ¿Cuándo puede materializarse un riesgo? La respuesta a estas preguntas ayuda a identificar los eventos que pueden retrasar o interrumpir el cumplimiento de los objetivos de la empresa.

Al responder las preguntas ¿Por qué? y ¿Cómo puede suceder?, se identifica la manera de prevenir la ocurrencia de los eventos o disminuir su probabilidad, además de aminorar sus consecuencias en caso de materializarse.

La técnica más frecuente para identificar los riesgos es la escucha de los juicios según las experiencias, diagramas de flujo, lluvia de ideas, análisis de los procesos y los posibles escenarios. Para obtener mayor información se deben utilizar varias de estas técnicas.

3.4.4 Analizar riesgos. La finalidad de este paso es alcanzar una total comprensión de los riesgos, determinar que tanto pueden afectar la empresa. Para esto es necesario analizar la frecuencia y probabilidad con la que se puede presentar el riesgo y el impacto o posible pérdida que este puede causar a la compañía. Según ese impacto se determina si se trata el riesgo y la estrategia de tratamiento.

Los riesgos de menor impacto o los que son muy similares, pueden ser excluidos del estudio detallado, pero debe quedar registrado cuales fueron esos riesgos.

Examinar y analizar los controles existentes para la prevención y mitigación de riesgos, con el fin de evaluar sus fortalezas y debilidades.

La combinación apropiada de frecuencia y probabilidad de ocurrencia de un riesgo, dan como resultado un nivel de riesgo. Estas dos variables se pueden estimar utilizando análisis y cálculos estadísticos.

Para ese análisis es necesario tener diferentes fuentes de información como:

- Registros de eventos ocurridos
- Experiencias de la empresa
- Publicaciones profesionales relevantes
- Experimentos y prototipos
- Juicios de expertos y especialistas
- Modelos económicos e ingenieriles
- Investigación de Mercados
- Resultado de consultas

Las técnicas para obtener la información pueden ser:

- Entrevistas con expertos de cada área que se necesite evaluar.
- Utilizar grupos multidisciplinarios de expertos.
- Realizar evaluaciones individuales mediante cuestionarios.
- Utilizar modelos o simulaciones.

Según los datos obtenidos, el grado de exactitud, el propósito del análisis a realizar y los recursos disponibles, se puede efectuar un análisis cualitativo, semicuantitativo, cuantitativo o una combinación entre ellos.

El análisis cualitativo utiliza palabras para describir las consecuencias y el impacto de estas en caso de materializarse un riesgo. Cuando no es posible acceder a datos numéricos o hay insuficiencia de recursos, este método puede ser utilizado.

Al darle valor a la magnitud del riesgo en el análisis anterior, se crea el análisis semicuantitativo. Con este se espera generar una clasificación más amplia y un poco más específica. Los valores dados no tienen que ser exactos con respecto a lo estudiado, pueden ser valores genéricos.

Un análisis numérico, solo emplea valores para las probabilidades y magnitudes. Estos valores son obtenidos de las fuentes de información, pero no en todos los casos se tienen registros cuantificados, lo que reduce su utilización. Dependiendo de la calidad de esta información, cuando existe, es la calidad del análisis.

3.4.5 Evaluación del riesgo. La idea de este paso es la toma de decisiones según el análisis realizado en el paso anterior. Según el análisis anterior, se priorizan los riesgos que requieren ser tratados y cuales solo requieren un tratamiento mínimo.

Una buena herramienta para esta priorización es la matriz de riesgos, luego de darle una valoración a la frecuencia y severidad, se ubican en esta matriz.

<b>FRECUENCIA</b>					
Muy frecuente					
Frecuente					
Ocasional					
Remoto					
Improbable					
	Insignificante	Menor	Moderada	Crítica	Catastrófica
	<b>SEVERIDAD</b>				

Figura 4. Matriz de riesgos.

Con esta matriz se priorizan de una manera más fácil los riesgos y según su ubicación se determina que tratamiento se le puede dar a cada uno de ellos.

3.4.6 Tratamiento del riesgo. Para saber como tratar un riesgo, es necesario conocer cuales son las opciones que se tienen para este procedimiento y el costo de cada una de ellas. Luego se evalúa cada una de esas opciones y se continúa con la preparación e implementación de la opción escogida.

El objetivo es reducir la probabilidad de ocurrencia y las consecuencias en caso tal de materializarse el riesgo. Esto se logra transfiriendo, compartiendo o evitando el riesgo.

El proceso se resume en identificar las alternativas, evaluarlas, preparar los planes de manejo e implementar los planes. Como el proceso es cíclico, todas la medidas se comunican y se consultan con los interesados o posibles afectados en caso de materialización del riesgo.

Otra forma de determinar el tipo de tratamiento, es desde la ubicación del riesgo en la matriz de riesgos. En la siguiente figura se muestras los diferentes tratamientos que se pueden dar a los riesgos según la calificación dada a la frecuencia y severidad del mismo.

FRECUENCIA						
Muy frecuente	Prevencción Seguro Retención		Prevencción Protección Seguro Retención			Evitar Eliminar Prevencción Protección Seguro Retención
Frecuente						
Ocasional						
Remoto	Prevencción Retención		Protección Seguro			
Improbable						
	Insignificante	Menor	Moderada	Crítica	Catastrófica	
	SEVERIDAD					

Figura 6. Tratamiento según matriz de riesgo.

3.4.7 Monitoreo y Revisión. El proceso se debe revisar y monitorear periódicamente, asegurando que los planes y procedimientos se encuentren actualizados. Esta parte es de gran importancia ya que las variables asociadas a la materialización de los riesgos son cambiantes. Así también se compara el desempeño con lo que se consideró en un principio al inicio del proceso de la administración de riesgos.

3.4.8 Documentación. Cada etapa de este proceso de administración de riesgos debe quedar documentada, describiendo los métodos, las fuentes de información y los resultados obtenidos.

Al documentar todo este proceso se generan ciertos beneficios para la empresa y son:

- Demostrar que se realiza el proceso de una manera apropiada.
- Se provee de evidencia en la identificación de los riesgos.
- Se genera un registro de los riesgos, lo que se convierte en una base de datos y conocimiento para la empresa.

- Al momento de tomar las decisiones con respecto a los riesgos, estas pueden ser fundamentadas fácilmente tomando como referencia esta información.
- Se convierte en una gran herramienta para la administración de riesgos.
- El monitoreo y la revisión se hace de una manera mas ágil si se cuenta con los datos históricos.
- Facilita el comunicar y compartir la información.
- Puede convertirse en una ayuda legal.

## 4. ACERCA DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN DE TÚNELES

Para poder empezar un proceso de administración de administración de riesgos en proyectos de construcción de túneles, es necesario conocer un poco en que consisten estas obras de infraestructura.

### 4.1. TÚNELES

En ingeniería se conoce como túnel, a la perforación que se hace en un terreno de forma horizontal ya sea de forma manual, utilizando explosivos o con maquinaria. El inicio de los túneles empezó en las minas, luego se construyeron para los ferrocarriles y finalmente para las carreteras. Cuando esta parte de la ingeniería surgió, el proceso de su construcción era manual, pero con el transcurso del tiempo fueron resultando técnicas y métodos más avanzados con los cuales se podían optimizar tiempos y rendimientos. Los métodos de perforación son los siguientes:

- Los medios mecánicos mediante minador puntual, minador a sección completa o tuneladora también conocida como TBM (Tunnel Boring Machine) o con maquinaria convencional como martillo picador, excavadora.
- Perforación y voladura se realiza mediante explosivos.
- Manual, método derivado de la minería clásica del carbón de las cuencas asturianas, en el que los operarios pican con martillo neumático la sección a excavar y otra partida de obreros desescombran manual o semi-manualmente.

Los túneles han sido concebidos como obras de carácter subterráneo, en el cual el objetivo primordial es comunicar dos puntos, para suplir la necesidad de transporte ya sea de personas, carros, materiales entre otras.

Un túnel puede servir para:

- Transportar con facilidad materiales o productos.
- Tránsito de peatones o ciclistas, para vehículos a motor, para tráfico ferroviario. En particular, muchos sistemas de transporte metropolitano, están constituidos por redes de túneles ferroviarios.
- Unir cuencas hidrográficas vecinas, para transportar agua (para consumo, centrales hidroeléctricas o como cloacas), por medio de canales, o para atravesar elevaciones topográficas importantes.
- Comunicar los niveles de extracción en la explotación de minas subterráneas.
- Extraer material de la mina siguiendo una capa, filón o masa mineralizada.
- Conducir otros servicios como cables de comunicaciones, tuberías, etc.
- Evitar la fragmentación de hábitats y la creación de corredores biológicos, como los falsos túneles denominados eco ductos.
- Deposito final de materiales peligrosos.

El éxito de la construcción de los túneles radicara en la obtención de unos rendimientos adecuados, que genere la viabilidad del proyecto y manteniendo una estabilidad general del entorno afectado.

Dentro de los procedimientos mecánicos para la perforación y construcción de túneles, el sistema de tuneladoras es el que presenta mayor posibilidades de expansión y desarrollo de la obra, en comparación con los otros sistemas convencionales. Este método consiste en la utilización de unas maquinas llamada tuneladoras, conocidas habitualmente por sus siglas en ingles TBM (Tunnel Boring



Machine) y por tener la capacidad de perforar y a la vez colocar un revestimiento provisional o definitivo que garantiza la estabilidad de la excavación, de igual modo, retira los escombros por medio de una banda transportadora mientras continua excavando y dejando el túnel terminado.

## 4.2. PARTES QUE INTERVIENEN EN UN PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE UN TÚNEL

En los proyectos de construcción, sean públicos o privados, son varias las partes que intervienen en la ejecución. Las más importantes son el promotor o dueño, el diseñador, el interventor, el contratista y el financiero. Pueden existir otras pero generalmente son derivados de estos.

4.2.1 Promotor o dueño. Es la persona natural o jurídica, si es jurídica puede ser público, privada o mixta, que aporta los recursos económicos para la realización de un proyecto. Por lo general este es quien recibe los beneficios con la materialización del proyecto y espera que su proyecto cumpla sus necesidades con respecto al tiempo, costo y calidad. El tiempo se refiere a la entrega del proyecto en la fecha indicada, que el costo total esté dentro del presupuesto dado en un inicio y que la calidad se cumpla según las especificaciones técnicas dadas por el diseñador.

4.2.2 Diseñador. Es una persona natural o jurídica, con conocimiento técnico específico para materializar en un modelo lo que el promotor quiere. Debe tener una titulación profesional de arquitectura o ingeniería. Los diseños que son de carácter estético, por lo general son realizados por un arquitecto, los ingenieros realizan los diseños técnicos. El diseñador, también puede intervenir en la generación de la programación de la construcción.

4.2.3 Interventor. Es una persona natural o jurídica que realiza el proceso de supervisión técnica y administrativa del proyecto constructivo. Es otras palabras es la persona que cuida los intereses del promotor. En algunos casos, esta función es realizada por el diseñador.

4.2.4 Contratista. Persona natural, jurídica o la unión de dos o más de estas, que se comprometen con el promotor a materializar el modelo generado por el diseñador. Es quien lleva a cabo el proceso constructivo, ya sea con medios propios o ajenos, la totalidad de la obra o la parte que le corresponda, ya que según el tipo de obra, se permite contratar por partes (fundaciones, estructura, obra blanca, entre otras).

4.2.5 Financiero. Persona jurídica que apoya al promotor con un flujo de caja permanente, especialmente en el proceso constructivo que es cuando más se demanda dicho flujo. En los proyectos constructivos de vivienda, es muy común que una entidad financiera, sea quién administre los desembolsos de dinero como garantía para los compradores en caso de iliquidez del promotor.

### 4.3. ETAPAS DE UN PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE TÚNELES

Todo proyecto de construcción, sea público, privado o mixto, se genera a partir de una necesidad, que puede ser de vivienda, servicios públicos, vías, entre otras. En este caso en particular, es la necesidad de evitar trayectos más largos de una vía, disminuir pendientes de longitud, unir dos cuencas hidrográficas, entre otras.

Para satisfacer la necesidad, es necesario llevar a cabo diversos estudios que determinan la factibilidad de la obra, las diferentes formas de realizar el proyecto, determinar los recursos necesarios y luego tomar la decisión que se crea mas

acertada. Esto es todo un proceso del cual se mencionarán sus pasos a continuación.

4.3.1 Planificación. En esta etapa se define cuales son las necesidades a satisfacer y los objetivos a alcanzar, se realizan los estudios necesarios para determinar la viabilidad financiera, ambiental y social de la obra, al igual que la elaboración de diseños, programación del proceso constructivo, adquisición de predios, permisos ambientales y constructivos.

4.3.2. Licitación. En el proceso licitatorio, las especificaciones técnicas y administrativas del proyecto vienen descritas en los pliegos de condiciones. La licitación es un concurso donde varios oferentes, hacen sus propuestas económicas para la ejecución de estas dos partes. Cuando el promotor de la obra es una entidad pública, este es un paso obligatorio y todo aquel que cumpla los requisitos puede hacer su oferta. Cuando el promotor es privado, este puede decidir a quien solicitar sus ofertas o elegir quien realizará la interventoría y los procesos constructivos. Los licitadores con sus propuestas, se comprometen a ejecutar el proyecto según las especificaciones descritas en los pliegos.

El promotor realiza la evaluación de todas las propuestas presentadas y según la experiencia y capacidad del oferente, adjudicará la ejecución del proyecto.

4.3.3 Construcción. Este paso se inicia según lo descrito en los pliegos de condiciones, pero no termina según lo descrito en dicho pliego, si no cuando el interventor certifica y firma el acta de recepción provisional de la obra.

4.3.4 Mantenimiento. Esta es una etapa que, por lo general, no supera los doce meses. En este tiempo, el constructor está obligado a ejecutar todas las reparaciones o correcciones para subsanar los defectos o imperfecciones que se generen en la obra por fallas en el proceso constructivo. Terminado este tiempo, el

interventor firma el acta de recibo definitivo de la obra. Según el Artículo 2060 del Código Civil, el constructor tendrá responsabilidad si la construcción padece o amenaza ruina por vicio en la construcción, suelo o materiales, durante los diez años siguientes a la entrega final del proyecto.

#### 4.4. PROCESO CONSTRUCTIVO DE PERFORACIÓN Y VOLADURA

El proceso constructivo de un túnel, consiste en la ejecución cíclica de actividades que se nombran a continuación. Este proceso es utilizado cuando el terreno a excavar es roca, que es lo más frecuente en túneles de carretera.

En Colombia, este sistema ha sido el más utilizado, primero porque los túneles construidos en este país no han sido lo suficientemente extensos y no se justifica la inversión en una tuneladora.

4.4.1 Marcación topográfica o replanteo en el frente. En esta etapa se identifica el mapa de las perforaciones a realizar, la profundidad de cada una de ellas, la cantidad de explosivo que se va a introducir y el orden en que se van a detonar. Esto es diseñado desde el comienzo de la obra, según el tipo de roca que se espera encontrar en cada tramo de avance del túnel. Según los resultados obtenidos con las voladuras, el tipo de explosivo utilizado, y la calidad de la roca encontrada, se pueden hacer modificaciones para obtener mayor eficiencia en el avance.

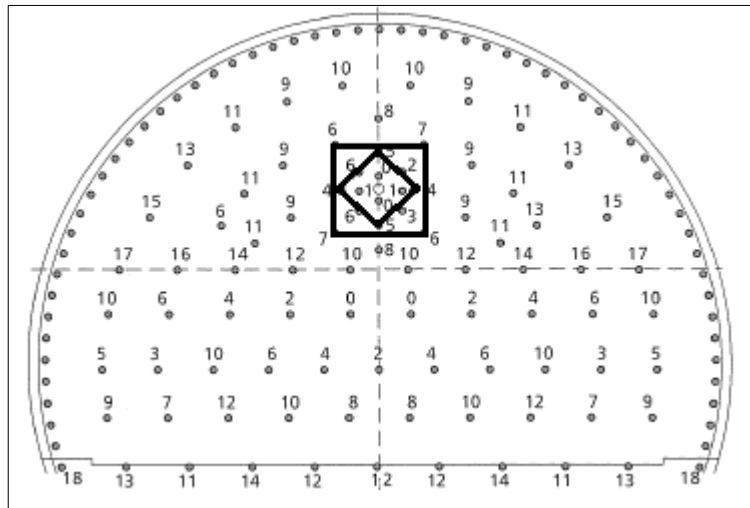


Figura 5. Esquema de tiro en el frente

Los números indican el orden de detonación. Cada punto representa una perforación, la cual puede ser de 3 metros a 3.5 metros de profundidad, para avanzar entre 2.8 metros y 3.2 metros. Las longitudes de avance más comunes están entre un metro y cuatro metros, dependiendo de la calidad de la roca. Con una roca de calidad media o superior, es posible obtener el avance antes descrito.

4.4.2 Perforación. La sección del túnel según diseños, es dividida en zonas, para poder definir las perforaciones a realizar, las cargas de explosivos y la secuencia de detonación de los mismos. Estas zonas son:

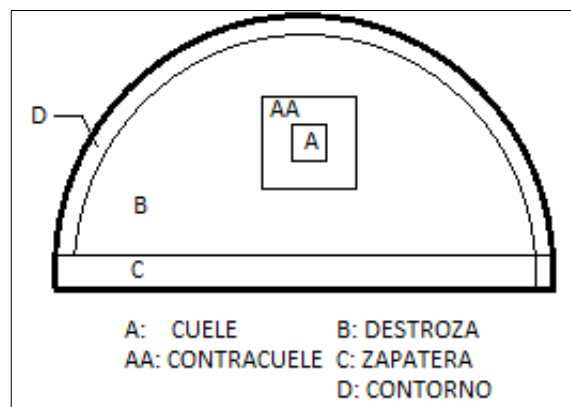


Figura 6. Zonas de perforación

El cuele es la zona que se detona primero y que expulsa la roca, la finalidad es crear un espacio para que el resto de las detonaciones, expulsen la roca hacia el centro de la sección de diseño. Esta es la sección crítica de la voladura. La distancia entre perforaciones en esta zona es la menor de toda la sección de avance.

La destroza es la parte mas amplia de la sección de diseño. Allí las perforaciones son más distanciadas.

La zapatera es la zona ubicada al ras del suelo en la zona del frente. Es la parte de que mas carga tiene y la última en ser detonada.

El contorno es la parte que da la forma lo mas parecido posible a la sección de diseño. Un mal calculo en esta sección, puede generar sobre excavaciones.

4.4.3 Voladura y deshumo. Después de la detonación, queda material particulado y gases en el frente del túnel, estos son expulsados por medio de la inyección de aire fresco traído desde el exterior del túnel mediante una tubería conectada a ventiladores en la parte externa.

4.4.4 Desabombe y rezaga. Luego de la evacuación de los gases y polvo producidos por la explosión, ingresa personal para hacer mediciones de calidad de aire. Al tener garantías para continuar con las labores se procede con el desabombe, que consiste en desprender el material flojo, que no alcanza a desprenderse con la voladura. Esto se puede hacer de forma manual y mecánica. Cuando se desprende todo el material suelto, se procede con el cargue de la rezaga o material excavado.

4.4.5 Perforación y enfilaje de pernos. Para dar estabilidad a la superficie excavada, se realizan perforaciones donde se ubican pernos, que proporcionan

fijación al frente del túnel. En algunas ocasiones, dependiendo del tipo de roca o terreno encontrado, es necesario instalar una estructura rígida para dar soporte.

4.4.6 Lanzado e inyección. La construcción debe permanecer lo mas impermeable posible, con el fin de evitar la filtración de aguas. Eso se logra con esta actividad. Adicionalmente se obtiene mayor estabilidad en la superficie excavada. El proceso consiste en instalar una maya y sobre esta se le lanza concreto a presión con un aditivo de secado rápido, para evitar que este se caiga por gravedad.

4.4.7 Instalación de tubería. La ventilación en el frente del túnel es indispensable. Luego de cada avance en la perforación, se debe anexar la tubería necesaria para que el aire limpio traído desde la parte exterior, llegue al frente de trabajo.

#### 4.5. PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DE TÚNELES CON TUNELADORAS

Las tuneladoras están haciendo grandes aportes al desarrollo de la movilidad y las construcciones civiles a nivel mundial. Estas máquinas son utilizadas para realizar túneles para autopistas de alto tráfico vehicular, trenes de alta velocidad, metros, conductos de acueducto y alcantarillado, ingreso y salidas de agua para hidroeléctricas entre otras.

Una tuneladora o T.B.M (del inglés Tunnel Boring Machine), son máquinas capaces de excavar túneles a sección completa. Cuentan con una gran ventaja, la cual es que estas están equipadas para poner un sostenimiento provisional o de forma definitiva en caso de que el terreno lo exija. La forma de realizar la excavación es mediante un dispositivo o una cabeza giratoria la cual está equipada con diferentes dispositivos de corte impulsados por motores hidráulicos, los cuales funcionan mediante motores eléctricos. A medida que la tuneladora excava es impulsada por unos gatos hidráulicos perimetrales que se apoyan en el

ultimo anillo colocado en unos elementos llamados grippers o zapatas móviles, las cuales son accionados por gatos hidráulicos que las empujan contra la pared del túnel, de esta forma se tendrá un punto fijo desde el cual realizaran el movimiento para empujar. La parte trasera de la tuneladora es llamada equipo de rezaga y es donde se alojan todos los equipos de transformadores, de ventilación, depósitos de mortero y el sistema de evacuación del material escavado. Los rendimientos con estas máquinas son excepcionales, más que todo se utiliza cuando los tramos a excavar son muy extensos ya que de esta forma se libra la alta inversión que se hace. Hay que tener en cuenta otros factores además del precio, como por ejemplo que cada máquina es diseñada para un proyecto específico, lo que puede influir en el tiempo de fabricación, transporte y ensamble de la misma.

Hay diferentes grupos de tuneladoras: los topos y los escudos, pero también si el proyecto lo exige, pueden haber tuneladoras mixtas.

4.5.1 Topos. Su desarrollo inicial se basó en resolver la construcción totalmente mecanizada de los túneles. Son máquinas relativamente simples, pero muy robustas, que realizan los procesos elementales del ciclo de trabajo.

Los topos son tuneladoras diseñadas para excavar rocas con una dureza alta o media, las cuales no tienen necesidad de sostenimiento. Se diferencian de las tuneladoras tipo escudo en que estas no están dotadas de un cilindro de acero tras la rueda de corte, la cual realiza la función de entibar provisionalmente. La fuerza de empuje se transmite a la cabeza de corte mediante cilindros. Al terminar un ciclo de avance, se necesita reposicionar los grippers, para la cual se necesita apoyar la viga principal en el apoyo trasero. Una vez anclados los grippers en su nuevo emplazamiento, se libera el apoyo trasero y se inicia un nuevo ciclo de avance.

4.5.2 Escudo. A diferencia de las tuneladoras tipo topo, las de tipo escudos están diseñadas para trabajar en terrenos más blandos, terrenos que sistemáticamente necesitan la implementación o colocación de algún tipo de sostenimiento ya que



una vez que la maquina escave el terreno es muy inestable y tendera a ceder, de ahí que este tipo reciban el nombre de escudo, ya que cuentan con una carcasa metálica exterior que sostiene el terreno provisionalmente desde el frente de avance, hasta que pasa por la sección de la tuneladora encargada de proveer el sostenimiento definitivo.

El sostenimiento definitivo consiste en unos anillos formados por 7 dovelas. *(la dovela, en arquitectura e ingeniería civil, es un elemento constructivo que conforma un arco y que puede ser de diferentes materiales, como ladrillo o piedra. Actualmente se elaboran en hormigón (concreto) armado o pretensado)*. Los motores y el puesto de mando de la maquina son espacios completamente protegidos por la carcasa metálica. Seguidamente está todo el sistema de perforación: primero los cilindros perimetrales. Estos gatos perimetrales se apoyan contra el último anillo colocado de dovelas del revestimiento definitivo del túnel. Cuando finaliza el recorrido de los cilindros de avance, se coloca un nuevo anillo de dovelas y se empieza un nuevo ciclo de excavación. Una inyección de mortero o grasa es necesaria para llenar el vacío de 7 a 9 cm de grueso entre las dovelas y el terreno excavado.

Se conocen dos tipos de escudos:

Escudos de frente abierto: se utilizan cuando el frente del túnel es estable

Escudos de frente cerrado: se usan cuando el frente del túnel es inestable, cuando se presentan suelos no cohesivos, saturados de agua, etc. En este tipo de túneles se diferencian varios tipos.

- Escudos con cierre mecánico: la entrada y salida de material en el cuarto de tierras se regula mediante dos puertas de apertura controlada hidráulicamente. La máquina tiene limitaciones con presencia de agua.
- Escudos de bentonita o hidroescudos: con la inyección de bentonita se consigue estabilizar el terreno por sus propiedades tixotrópicas y facilitar el transporte de material mediante bombeo.
- Escudo de balance de presión de tierras (EPBs): se han inventado para resolver el problema que plantea la estabilidad del frente de excavación

cuando el terreno es inestable. Esta situación se produce en los túneles excavados en terrenos de tipo suelo, sobre todo si están situados por debajo del nivel freático o cuando el terreno está constituido por una roca blanda y, la profundidad a la que se ha de excavar el túnel es considerable. Para mantener la presión de tierras en la cámara de excavación, la extracción de las tierras excavadas, se realiza mediante un tornillo de Arquímedes estanco que, en los escudos de mayor diámetro, llega a medir 1,5 m. de diámetro. A diferencia de las tuneladoras de Roca Dura, los Escudos de Presión de Tierras no se apoyan sobre el terreno; sino que lo hacen sobre el revestimiento del túnel que, siempre está constituido por anillos de dovelas. Los escudos de presión de tierras están hechos para ser utilizados, sobre todo, en la construcción de túneles en suelos arcillosos o rocas blandas, condiciones que hacen inestable el frente de excavación.

4.5.3 Doble escudo. En las T.B.M. con un escudo, el proceso de excavación ha de interrumpirse cuando se colocan las dovelas, debido a que no se pueden utilizar los cilindros de empuje que hacen posible el trabajo de los cortadores. Para evitar este problema y conseguir dedicar a la excavación la mayor proporción posible del ciclo de trabajo, se han desarrollado los denominados dobles escudos que incorporan tanto los cilindros típicos de los escudos como los grippers propios de las T.B.M. Tanto los grippers como los cilindros de empuje están protegidos por dos estructuras metálicas que son dos auténticos escudos, disposición que da nombre a este tipo de tuneladoras.

Cuando el terreno es más débil y no es capaz de resistir la presión de los grippers, la tuneladora funciona como escudo simple, cerrándose el hueco de los gripper, y apoyándose la tuneladora, mediante unos cilindros auxiliares, en el último anillo colocado, para así obtener la reacción necesaria para el empuje de la cabeza de corte, es decir, como trabaja un escudo normal. Por ello, trabajando en modo escudo, no es posible simultanear la excavación con el montaje del anillo de dovelas.

#### 4.6. PROYECTOS DE TÚNELES EN MEDELLÍN

Cerca a Medellín se construyó uno de los túneles de mayor longitud en Colombia y es el túnel Fernando Gómez Martínez, también conocido como el Túnel de Occidente. Actualmente están en proceso de ejecución otros dos túneles que serán íconos en Antioquia y Colombia.

4.6.1 Túnel Interceptor Norte. Medellín será la primera ciudad en Colombia donde se construirá un túnel con tuneladora. El proyecto se llama Interceptor Norte, el cual consiste en un túnel donde se instalarán las tuberías que recolectaran las aguas residuales de los municipios de Medellín y Bello para guiarlas hasta la planta de tratamiento de aguas residuales de Bello.

Este túnel tendrá un diámetro de 2600mm, una longitud de ocho kilómetros aproximadamente y una profundidad de diez metros. Por el tamaño del diámetro, esta máquina es llamada micro tuneladora, ya que las tuneladoras comunes tienen diámetros superiores a los 10.000mm.

El trazado comienza en el barrio Moravia en el costado oriental del río Medellín y va paralelo a este, luego en la granja de ICA, ubicado en el barrio La Gabriela, cruza por debajo del río hasta el costado occidental hasta llegar a la planta de tratamiento de aguas residuales la cual será construida en el sector conocido como las pistas de Bello.

Este proyecto es ejecutado por el Consorcio CICE y tiene un presupuesto de \$74.000 millones aproximadamente y un tiempo de ejecución de 990 días iniciados en abril de 2011.

4.6.2 Túnel de Oriente. El túnel de oriente es una idea que se ha ido gestando desde el siglo XX para comunicar el Valle del Aburra con el Valle de San Nicolás en el oriente antioqueño.

El proyecto de conexión de estos dos valles, consta de dos túneles y varios kilómetros de vías y viaductos para la conexión de los mismos.

El primero de los dos túneles, estará ubicado en la vía Las Palmas en el sector del Seminario y tendrá una longitud de 786m. Este se unirá al segundo túnel por medio de una vía a cielo abierto hasta llegar a la parte baja de Santa Elena, donde se ubicará el portal occidental de este túnel que tendrá una longitud aproximada de 8.200m y llegará cerca a la glorieta de Sajonia.

Las especificaciones técnicas del túnel principal son las siguientes:

Longitud por tubo: 8.2 km

Numero de tubos: 2

Ancho de calzada: 8.0 m

Ancho de andenes: 1.35 m a cada lado

Sección de excavación: 96 m<sup>2</sup>

Pendiente promedio: 2.25%

Pendiente transversal: 2.00%

Velocidad de diseño: 60 km/h

Gálibo: 5 m

Los dos tubos de túneles se construirán simultáneamente pero solo uno servirá para la movilización de vehículos, el otro servirá como túnel de emergencia. A futuro se espera utilizar ambos túneles para tráfico vehicular.

La concesión Túnel Aburra-Oriente S.A. es una sociedad constituida por accionistas, que en su gran mayoría son firmas constructoras de gran importancia en Antioquia y en el país, pertenecientes a la Cámara Colombiana de la Infraestructura CCI. El costo del proyecto se estima en 820 mil millones de pesos

los cuales serán financiados en un 80% con recursos de los peajes, un 7% con dineros de Departamento y el resto con recursos de valorización.

## **5. PROPUESTA PARA LA ADMINISTRACIÓN DE RIESGOS EN UN PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE UN TUNEL**

La estructura para la administración de riesgos será tomada de la Norma NTC 31000:2011 Dirección del riesgo. Principios y directrices.

### **5.1 ESTABLECER EL CONTEXTO**

Esta etapa es general para todo tipo de empresas, sin importar a que se dedique y está enfocada principalmente, para el conocimiento de la empresa por parte del equipo que será la cabeza de todo el proceso.

Lo que se busca en este punto es conocer:

Desde el interior de la empresa:

- quienes conforman la empresa (consorcio, socios),
- objetivos, misión y visión,
- estrategias que utiliza la compañía para lograr sus objetivos y metas,
- áreas en que se divide,
- conocimiento pleno del proyecto,
- se deben definir los responsables, metodología y cronograma de trabajo,
- perfil general de los empleados, si están sindicalizados,
- aberración al riesgo por parte de la empresa.

Desde lo exterior:

- clientes,
- acreedores de la empresa,
- proveedores,
- competidores,
- socios de negocio,
- canales de distribución,
- agremiaciones,
- entidades que lo regulan,
- principales normas a las que se deben regir,
- condiciones del sector al que pertenecen,
- ubicación geográfica de la empresa,
- entorno social y cultural de la región,
- normas que regulan la empresa.

Es indispensable conocer todo lo relacionado al proyecto de construcción del túnel:

- uso del túnel (férreo, carretero, minero, almacenamiento, conducción de aguas, casa de máquinas),
- trazado,
- velocidad de diseño,

- método de perforación (excavación mecánica con tuneladora o tbn -tunnel boring machine- o perforación y voladura con explosivos),
- si el método es perforación y voladura, conocer acerca del explosivo y detonadoras a utilizar,
- estudios realizados (geológicos, hidrogeológicos, geotécnicos, ambientales),
- tipo de información existente (fotografías aéreas, sondeos con recuperación de núcleos, clasificación geológica),
- identificación de fallas geológicas,
- avance de perforación esperado,
- normas que regulan el proyecto.

## 5.2 IDENTIFICAR RIESGOS

Para conocer como fue el proceso de identificar los riesgos en proyectos de construcción de túneles, se entrevistaron a personas encargadas de la administración de riesgos en los proyectos Túnel de Oriente e Interceptor Norte y se conoció lo siguiente:

En el Túnel de Oriente, se decidió tener dos frentes de trabajo, uno que se encargó de todo lo relacionado con los riesgos que solamente afectarían a los empleados directamente y otro equipo de personas, que se encargaron de los riesgos que afectarían al proyecto como tal.

Para la parte de riesgos profesionales, se designo una persona del grupo técnico, la cual estaría encargada de todo este proceso de identificación de riesgos. Esta persona junto con personal calificado de otras empresas, en este caso, con asesoría de la empresa consultora de riesgos DeLima Marsh S.A. realizaron una



matriz para identificar todos los riesgos que podría afectar el proyecto. La matriz, está enfocada en analizar los riesgos que afectan directamente al empleado.

Una vez definido el sistema por el cual se iba a identificar los riesgos, se hizo un resumen de las principales actividades del proyecto que son:

- Obras preliminares (vías de ingreso, canalizar quebradas, campamentos, adecuamiento de instalaciones).
- Actividades al interior del túnel.
- Marcación topográfica.
- Proceso de excavaciones.
- Des abombe.
- Movimiento rezaga.
- Instalación ductos ventilación y redes.

Después de identificar las actividades ya se empieza a mirar los procesos de cada una de estas, dependiendo del proceso a realizar, se identifican cuáles son los riesgos a tratar. Cada actividad involucra diferentes tipos de riesgo.

Por otro lado, se creó otro frente de trabajo compuesto por el gerente del proyecto, el ingeniero encargado de la construcción del túnel y un ingeniero especialista en riesgos. La experiencia en proyectos de construcción de túneles es muy importante, ya que en gran parte, la identificación de riesgos se basa en experiencias que se han tenido en obras similares construidas en el pasado.

Se hizo un análisis de pre factibilidad, en el cual se expresaron ideas del proyecto, se definieron los estudios a realizar y determinar la viabilidad del proyecto. Después de esto, está la etapa de factibilidad. En esa etapa se miran los riesgos económicos, financieros, sociales, ambientales, políticos entre otros. Luego de esta etapa, se realizó un análisis cuantitativo y otro cualitativo a todo el proyecto.

Una vez identificado todos los riesgos, y con ayuda de la guía del Consejo Nacional de Política Económica y Social (Conpes), se deja muy claro que riesgos cubre el dueño del proyecto, en este caso la Gobernación de Antioquia y que riesgos cubre el contratista, que es el Consorcio Túnel Aburra-Oriente.

En el túnel del Interceptor Norte, la persona entrevistada no hizo parte del grupo que identificó los riesgos. En dicha entrevista se suministró información general del proyecto y describió en forma corta como es el proceso de administración de riesgos en dicho proyecto, pero aclaró que toda esa información, por cumplimiento de los pliegos de condiciones, no podía ser divulgada.

Con la información obtenida en las entrevistas antes mencionadas, se propone lo siguiente para el proceso de identificación de riesgos:

Durante este proceso, en un proyecto de construcción de túneles, es posible que se identifiquen otros, diferentes a los que acá se nombran, ya que este es uno de los objetivos de la administración de riesgos, mantener actualizada la lista de posibles eventos que se puedan presentar.

En caso tal que algún riesgo no aplique, no debe ser eliminado de la lista, solamente se debe aclarar que no aplica para el proyecto que se está ejecutando, porque es posible que para otro proyecto de construcción de túneles, si se deba tener en cuenta dicho riesgo. Lo que se busca es tener una lista guía de riesgos en proyectos de construcción de túneles.

En esta etapa, debe aparecer todo lo que se le ocurra al equipo de trabajo que pueda tener alguna incidencia en el proyecto.

Los riesgos mencionados a continuación, deben ser analizados por personal con mucha experiencia y conocimiento en el tipo de proyecto que se realizará.

Esta es una de las formas de identificar los riesgos, también deben aplicarse otros métodos como entrevistas y diagramas de procesos, especialmente para los riesgos en el procesos constructivo.

Para la identificación de los riesgos se recomienda hacerlo de la parte externa hacia lo interno y de lo general a lo específico.

5.2.1. Factores externos. No solo los riesgos que se presentan dentro de la empresa pueden causar daños a la misma o impedir que se cumplan sus objetivos, los factores externos también pueden tener un gran impacto.

5.2.1.1. *Factor económico y financiero.* Es de lo primero que se evalúa en un proyecto de infraestructura, que sea económicamente viable. Determinar si los siguientes aspectos pueden afectar la ejecución del proyecto:

- a) Inflación: en el aspecto económico, es la disminución de poder adquisitivo del dinero o el aumento en los precios de los bienes y servicios. En Colombia ha sido constante y controlado en los últimos años, lo que ayuda a proyectar de una manera más asertiva esta variable.
- b) Variación al alza de la tasa cambiaria: un proyecto de construcción de un túnel requiere maquinaria especializada, esta maquinaria en su mayoría es importada, al igual que sus repuestos. La maquinaria es un porcentaje importante en el valor del proyecto. Si el dólar está al alza, ese porcentaje puede aumentarse de una manera considerable afectando la viabilidad del mismo.
- c) Impuestos: el cambio constante de estos, especialmente en los cambios de gobierno, es un punto que debe ser tenido en cuenta, especialmente, si la duración del proyecto es tan prolongada como para que pasen varios periodos de gobierno, sean locales, regionales o a nivel nacional. Algunos impuestos, aplican dependiendo del sitio donde esté ubicada la obra, un ejemplo de estos es el impuesto a la guerra.
- d) Accesibilidad a créditos y tasas de interés: generalmente los grandes proyectos son, en un buen porcentaje, financiados. La necesidad de adquirir esos créditos es muy importante y depende en gran medida de la factibilidad del proyecto. La tasa de interés en el mercado, al momento de solicitar estos créditos, puede hacer que el proyecto sea inviable.

- e) Aranceles de importación: como se mencionó anteriormente, la maquinaria para la excavación de túneles es importada, y estos aranceles son un porcentaje considerable en su costo final, se espera que con la apertura de los tratados de libre comercio, este ítem disminuya y no afecte de una manera sustancial el valor de dicha maquinaria.
- f) Precios en materias primas y combustibles: el precio de los combustibles y el acero en Colombia está ligado a precios internacionales. Estos dos artículos son de gran importancia en un proyecto de infraestructura, en caso tal que sus precios internacionales aumenten ostensiblemente, pueden afectar el valor final del proyecto.
- g) Infidelidad financiera de un empleado: es posible que alguno de los empleados, identifique una forma de apropiarse de dineros de la empresa.

5.2.1.2. *Factor político y social.* El manejo de la política de un país es determinante en la toma de decisiones de algunas empresas y aún mas, en las que se tiene participación de inversionistas extranjeros. Por otro lado, de ese manejo también depende la actitud de la sociedad.

- a) Intervención por parte del Estado: un ejemplo vital de este riesgo, es el país vecino Venezuela, con la expropiación de varias empresas privadas como lo fue el Éxito y Argos. La pregunta es ¿Qué tanto interviene el Estado Colombiano en la empresa privada? En la historia de Colombia, este tipo de eventos no es del común, lo normal es que se presente cuando una empresa está infringiendo alguna norma o si evade responsabilidades.
- b) Estabilidad democrática: Colombia ha sido un país democrático, el único dictador que ha estado en el poder fue el General Gustavo Rojas Pinilla de 1953 a 1957, los otros presidentes han sido electos de manera popular. Luego del cambio de constitución en 1991, los gobernadores, alcaldes y concejales, también son elegidos de esta misma manera. En caso de presentarse una situación como la vivida entre 1998 y 2002 en el país, durante el proceso de negociación con el grupo narcoterrorista de las FARC, este ítem puede ser un

riesgo alto. Pero luego de esa experiencia, es poco probable que se vuelva a presentar una situación similar.

- c) Conmoción civil: en la actualidad del país, el levantamiento del pueblo en contra del gobierno nacional, es poco probable, pero es un riesgo que se puede presentar a nivel local, tampoco es común este tipo de eventos, pero se debe tener en cuenta.
- d) Corrupción: el abuso del poder para beneficio propio, es una situación que, en mayor o en menor medida, se ha presentado en todos los sectores, especialmente el público, pero el privado no es la excepción. De ahí la importancia en una buena selección de personal, con valores éticos y profesionales.
- e) Guerra y relación con otros países: entre los años 2002 y 2010, se vivieron momentos críticos con los países vecinos Venezuela y Ecuador, al punto que se rompieron las relaciones políticas y comerciales.
- f) Conflicto interno: los grupos al margen de la ley como las FARC y las BACRIM (Bandas Criminales Emergentes), con su presencia en la zona de influencia del proyecto, pueden afectar la ejecución de las actividades del mismo.
- g) Terrorismo: este riesgo si está latente en todo el país, algunos lugares son más vulnerables que otros, por eso dependiendo de la ubicación geográfica del proyecto, depende que tanto puede afectar este tipo de eventos la ejecución del mismo.
- h) Paros armados: en el país se han presentado ocasiones que por culpa de este tipo de eventos, se paralice un buen porcentaje del comercio de una ciudad e incluso el transporte intermunicipal e interdepartamental.
- i) Huelgas de transportadores: en ocasiones, la inconformidad por parte de los transportadores por tarifas de aranceles, hace que se manifiesten obstaculizando vías, que pueden evitar que la maquinaria, el equipo, los materiales o el personal, llegue a la obra.

- j) Problemas con la comunidad: es posible que la comunidad no esté de acuerdo con el proyecto y que generen algún tipo de manifestación en contra. Esto puede generar una mala imagen de la empresa constructora o del dueño de la obra.

5.2.1.3. *Factores regulatorios.* Las entidades que regulan la ejecución de un proyecto de construcción de túneles son muchas y todas tienen mínimo una normatividad que se debe cumplir. Algunas normas son sugeridas, otras son condiciones mínimas que exigen las entidades gubernamentales para la ejecución de un proyecto.

- a) Leyes, normas y licencias: el no conocimiento de las normas, no exime de su cumplimiento. Es necesario saber que leyes se deben cumplir para la ejecución del proyecto. El no cumplimiento de estas puede acarrear sanciones económicas o legales. También se debe conocer si existen proyectos de ley o nuevas normas, que puedan intervenir en la ejecución del proyecto.
- b) Trámites excesivos: para poder ejercer algunas actividades pueden existir gran cantidad de trámites. Uno de ellos es para poder utilizar los explosivos, material indispensable en el sistema de perforación y voladura. Son muchos los trámites y controles que se deben tener con este material, ya que es muy buscado por grupos al margen de la ley, por ende aumenta los niveles de seguridad en los lugares de utilización de los mismos.
- c) Personal extranjero: en este tipo de proyectos, es posible que en algunas ocasiones sea necesaria la participación de personal extranjero, los cuales necesitan permisos o licencias para laborar en el país. Este trámite puede ser demorado y retrasar las labores de ese personal.
- d) Demoras en los trámites: la respuesta por parte de las entidades de control para otorgar aprobaciones regulatorias, puede tardar más de lo esperado. Otro evento es que se deban actualizar permisos existentes o modificar algún tipo de licencia, en especial para el manejo de los explosivos y la parte ambiental.

5.2.1.4. *Factor ambiental.* La gran mayoría de proyectos de construcción de túneles necesita licencia ambiental.

Los riesgos ambientales ya vienen definidos por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y las Corporaciones Autónomas Regionales. Estos riesgos son específicos para cada tipo de proyecto (puente, vía, túnel, hidroeléctrica, termoeléctrica, acueducto, entre otras). Para la construcción de un túnel, se definen en el documento llamado “Términos de referencia para la elaboración del estudio de impacto ambiental para la construcción de túneles y sus accesos”, que nace de la Resolución 1283 del 30 de junio de 2006. En otras palabras, este es el Estudio de Impacto Ambiental (EIA). En este documento se detallan todas las acciones de prevención, corrección, compensación y mitigación de los posibles impactos que puede generar el proyecto en los siguientes aspectos:

- Área de influencia.
- Geología.
- Geomorfología.
- Suelos.
- Hidrología.
- Calidad del agua.
- Usos del agua.
- Hidrogeología.
- Atmosfera (clima, calidad del aire, ruido).
- Paisaje.
- Ecosistemas terrestres (flora y fauna).
- Ecosistemas acuáticos.

- Medio socioeconómico.
- Aguas superficiales.
- Aguas subterráneas.
- Vertimientos en cuerpos de agua y suelos.
- Ocupación de cauces.
- Origen de los materiales de construcción.
- Aprovechamiento forestal.
- Emisiones atmosféricas.
- Residuos sólidos.

5.2.1.5. *Factores para el sector de la construcción.* Cada uno de los sectores industriales tiene sus propios riesgos y estos son algunos de ellos.

- a) Estricta regulación: las normas internacionales para la construcción de túneles que serán utilizados para el tránsito de personas, ya sea en vehículos o trenes, cada vez son más exigentes en cuanto a la seguridad, haciendo énfasis en la necesidad de construir túneles de evacuación, sistemas contra incendio, sistemas de ventilación, iluminación de emergencia, señalización entre otros. Estas también deben ser aplicadas durante el proceso constructivo. En caso tal que estas cambien durante el proceso constructivo y deban aplicarse al proyecto, puede provocar cambios considerables en los diseños que afecten la viabilidad económica del mismo.
- b) Escasez de materiales: el auge de la construcción puede ocasionar la escasez de algunos materiales y no poder tener la cantidad y calidad requerida en el momento adecuado. Esto exige una planeación apropiada de compra de materiales y tener diversos proveedores de los mismos.



- c) Turnos laborales: en la construcción de túneles, generalmente los turnos laborales son de 12 horas. Se trabajan las 24 horas del día y se rotan cada dos semanas, dejando un fin de semana para el mantenimiento de la maquinaria y descanso, lo que puede ocasionar un nivel alto de fatiga por parte del personal e incluso la deserción del mismo.
- d) Incumplimiento de subcontratistas: cuando hay subcontratistas, se corre el riesgo que estos no cumplan con los plazos estipulados o con el objeto del contrato.
- e) Diseños estructurales: al construir un túnel, se tiene un estimado del tipo de suelo que se espera encontrar. Para cada tipo existe un diseño estructural, pero puede que exista un tramo con el cual no se contaba y que no exista un tipo de diseño indicado. Lo que puede ocasionar demoras en el proceso constructivo.
- f) Seguros: las construcciones bajo tierra es un tipo de obra que por lo general el sector asegurador no lo tiene como mercado objetivo por los altos riesgos y las pocas aseguradoras, que con buen respaldo de reaseguradores, aseguran este tipo de proyectos, lo hacen cobrando primas altas al igual que los deducibles.
- g) Competencia desleal: que la competencia en un proceso de licitación, no sea ética y realice acciones desleales para quedar con el contrato, es una posibilidad.
- h) Disponibilidad de mano de obra: un buen porcentaje del personal necesario para la construcción de un túnel, debe tener experiencia en este tipo de proyectos, en especial para el manejo de la maquinaria especializada. Con el apogeo de la construcción y el aumento en la ejecución de este tipo de proyectos, el conseguir este tipo de personal puede complicarse. Por otra parte está el personal que no tiene experiencia pero se puede ir formando, el riesgo es que se acomoden a las condiciones laborales de un túnel, la claustrofobia puede ser un inconveniente o tanto material particulado, puede generar enfermedades respiratorias.

- i) Sindicatos: aunque estos son legales, pueden ser perjudiciales para la obra, ya que al no llegar a algún tipo de acuerdo con la empresa, se pueden generar paros o disminuciones en el ritmo de trabajo.
- j) Adquisición de predios: en las grandes obras de infraestructura, es necesario adquirir predios que muchas personas no están dispuestas a vender o solicitan un valor superior al estimado, en ocasiones pueden ser sucesiones sin resolver o simplemente el propietario no aparece. Esos predios son indispensables para poder ejecutar el proyecto en su totalidad. Ya sea comprados o expropiados, los predios deben adquirirse, la idea es llegar a un acuerdo a la mayor brevedad.

5.1.2.6. *Factor Natural*. Los riesgos naturales van a estar presentes en todas partes, algunos con mayor probabilidad de ocurrencia que otros dependiendo de la ubicación geográfica del proyecto. Entre estos riesgos están terremoto, inundación, tsunami, vientos fuertes, rayo, condiciones atmosféricas adversas.

5.2.2. Factores Internos. Como se detalló anteriormente, son muchos los eventos que presentándose por fuera del proyecto, pueden afectar el cumplimiento del objetivo. Ahora se nombrarán los riesgos de un proyecto de construcción de un túnel.

5.2.2.1. Riesgos de un proyecto de construcción civil.

- a) Incumplimiento en el cronograma de ejecución: aunque desde los diseños, se identifica el tiempo de ejecución del proyecto, pueden ocurrir eventos que ocasionen retrasos en la entrega del mismo.
- b) Importación de maquinaria: retrasos por incumplimiento del proveedor o eventos en el trayecto de importación, que ocasionen que estos no se adquieran a la fecha pactada.

- c) Imprevistos en importaciones: que las máquinas presenten averías durante el trayecto de importación, genera retrasos mientras se hacen las reparaciones necesarias y el tiempo de espera de piezas que se demanden para dicha reparación. En el peor de los casos, la pérdida total de la maquinaria en este trayecto. Esto hace necesario la fabricación nuevamente de la misma y en tiempo de apogeo en la construcción de túneles, esto puede tardar varios meses. Las dimensiones de la carga, es algo a tener en cuenta para tomar las precauciones necesarias.
- d) Incumplimiento de pagos: el no pago por parte del dueño de la obra al contratista, o del contratista a sus subcontratistas, podría ocasionar la terminación del contrato de manera anticipada.
- e) Fallas en los diseños: durante el proceso constructivo se pueden identificar errores en los diseños, ya sea por el cambio de las condiciones iniciales o el no tener en cuenta aspectos durante la ejecución de los mismos.
- f) Demoras en los diseños: dependiendo de las condiciones del terreno encontradas durante la excavación, es posible que se deban realizar nuevos diseños y que estos no sean entregados a tiempo, retrasando la ejecución del proyecto.
- g) Hurto: el hurto de una máquina, equipo o material clave para el proceso constructivo, es algo que puede afectar de una manera considerable, la ejecución del proyecto. Los explosivos, material que por su alto costo en el mercado negro y su difícil consecución, puede incentivar a algún empleado de la obra a tomarlo e incluso a que algún grupo al margen de la ley, pueda venir a tomarlo por la fuerza. De ahí el estricto control que se hace por parte de las fuerzas armadas para su utilización y la necesidad de una vigilancia.
- h) Daños, pérdidas en el almacén o patios: el adecuado almacenamiento de los materiales, la seguridad y el control de estos, es indispensable para evitar faltantes o pérdidas por humedad o corrosión.
- i) Vías de acceso: es necesario que las vías que llevan al proyecto, cumplan las especificaciones técnicas necesarias, debido a que la carga en algunas

ocasiones, puede superar la capacidad de puentes o viaductos existentes. Determinar la posibilidad de deslizamientos o pérdidas de banca que impidan el ingreso de los automotores con la maquinaria o materiales para el proceso constructivo.

- j) Transporte de los empleados: en caso de no tener campamento para los empleados de la obra, se debe tener en cuenta la accesibilidad al proyecto por medio del transporte público o si es necesario tener un transporte para ellos desde cierto punto.
- k) Derrame de combustible o materiales peligrosos: el combustible es indispensable para la funcionalidad de la maquinaria. Durante el transporte o almacenamiento de este, se pueden presentar fugas que aumentan el riesgo de incendio y afectaciones al medio ambiente. Es posible que en la obra sea necesario la utilización de algunos químicos, considerados como materiales peligrosos, con estos también se debe tener especial cuidado.
- l) Falta de capacidad de almacenamiento: el espacio para el almacenamiento de los materiales debe ser un lugar amplio, pero puede ocurrir que por obtener un descuento significativo o prever un alza en cierto producto, se hace una compra de materiales que pueda superar la capacidad de almacenamiento del mismo.
- m) Responsabilidad civil: el proceso de excavación del túnel, puede generar afectaciones en la superficie que sean objeto de demandas a la empresa constructora e incluso al propietario de la obra.
- n) Perdida de información: los virus informáticos ahora son más comunes y ocasionan múltiples daños, entre ellos borrar la información de los discos duros. En caso de un evento catastrófico, también es posible que se pierda información o incluso por el robo de la misma.

5.2.2.2. Riesgos en el proceso constructivo: en esta etapa del proyecto, es donde mas riesgos se presentan puesto que es cuando mas personas intervienen.

- 1) Deslizamientos externos: los portales de acceso al túnel, requieren de un tratamiento especial en el talud para evitar este tipo de riesgos. Las vías para llegar al túnel, también deben ser tratadas. Las voladuras al interior de la montaña, pueden generar pequeños sismos que activen deslizamientos en las zonas aledañas del trazado.
- 2) Daños en el montaje de estructuras: el proceso de montaje de grúas o silos puede presentar inconvenientes.
- 3) Hallazgos arqueológicos: en caso tal de encontrarse elementos arqueológicos, la obra debe ser detenida hasta que las entidades competentes autoricen reanudar luego de evaluar el hallazgo. Es posible que este tiempo de espera sea prolongado y afecte de manera significativa el cronograma de la obra.
- 4) Sobre excavaciones: si se encuentran condiciones geológicas desfavorables, la roca tiene una calidad inferior a la esperada en determinado momento, un mal cálculo de la cantidad y ubicación de los explosivos, desviación del eje del túnel, entre otras cosas, pueden llevar a que se generen sobre excavaciones, generando costos adicionales.
- 5) Impericia: la aplicación inadecuada de procedimientos técnicos de una persona por falta de la experiencia necesaria para dirigir procedimientos o ejecutar una actividad o por un error de apreciación se pueden generar eventos que afecten de manera considerable el proyecto.
- 6) Colapso estructural: que una de las estructuras de soporte del túnel falle, tiene efectos de gran magnitud, ya que puede detener la obra y hasta ocasionar la muerte de alguien.
- 7) Daños por voladuras: la mala ejecución del proceso de voladuras o no seguir el protocolo de su detonación, pueden generar daños a la maquinaria, equipos e incluso al personal del frente.

- 8) Daños en maquinaria y equipos: por una falta de mantenimiento preventivo o por simple desgaste de piezas, una máquina o un equipo vital en el proceso constructivo, puede fallar en algún momento.
- 9) Falta de repuestos de maquinaria: el no tener un repuesto indispensable para el funcionamiento de una máquina.
- 10) Interrupción en el suministro de servicios: el agua, la energía y las comunicaciones son indispensables en el frente del túnel. El no tener uno de estos servicios, puede detener el proceso constructivo.
- 11) Acceso inadecuado para cuadrillas de rescate: las vías de acceso al túnel y la vía del túnel, debe permitir siempre el paso de una cuadrilla de emergencia en caso de necesitarse.
- 12) Uso de sustancias ilícitas por personal de la obra: para laborar en un túnel, se deben utilizar los cinco sentidos. El que uno de los empleados, esté bajo los efectos de sustancias alucinógenas, pone en riesgo su vida y la de sus compañeros.
- 13) Epidemias en el personal: al estar el personal en constante contacto y en ambientes poco aireados, puede aumentar la posibilidad de afectaciones por enfermedades que se transmitan en esas condiciones.
- 14) Daños al equipo electrónico: en la actualidad, los equipos electrónicos son indispensables para ejecutar ciertas labores pero son, en ocasiones, muy frágiles al impacto y a picos de voltaje.
- 15) Emisión de ruido: los trabajos cerca de operación de maquinaria, equipos y vehículos pueden ocasionar pérdida de la capacidad auditiva, irritabilidad, dolor de cabeza, estrés.
- 16) Estrés térmico: temperaturas extremas ambientales y al interior del túnel, por deficiencia en la ventilación, producen estrés, deshidratación, mareos, choque de calor, calambres, descompensaciones.

- 17) Iluminación deficiente: realización de trabajos dentro del túnel con poca luz, causa fatiga visual, cefalea, alteraciones osteomusculares.
- 18) Emisiones de material particulado y manipulación de sustancias químicas sólidas: las mediciones topográficas dentro de los túneles o cerca de las fuentes de contaminantes como: maquinaria y equipo en funcionamiento dentro de los túneles pueden ocasionar lesiones en piel, intoxicaciones agudas, enfermedades pulmonares crónicas, irritación y quemaduras en vías respiratorias.
- 19) Emisión o acumulación de gases y vapores: mediciones topográficas dentro de los túneles o cerca de las fuentes de contaminantes: exhostos de maquinaria y equipos, presencia de gases en los túneles, resultantes de lanzados de concreto. Algunos efectos son intoxicaciones agudas y crónicas, enfermedades pulmonares crónicas, irritación de vías respiratorias.
- 20) Atrapado por o entre: trabajos cerca a sitios donde se realice manipulación de materiales manualmente o de forma mecanizada, en las áreas externas e internas de los túneles. Estas operaciones pueden ocasionar traumas, heridas, amputaciones, abrasiones, fracturas, esguince, muerte.
- 21) Golpeado por o contra: trabajos de topografía cerca a sitios donde se realiza manipulación de materiales, maquinaria y equipo. Consecuencias: traumas, heridas, amputaciones, abrasiones, fracturas, esguince, muerte.
- 22) Proyección de partículas: trabajos cerca de equipos de perforación u otros que generen proyección de partículas. Consecuencias: traumas, heridas, amputaciones, abrasiones, fracturas, esguince, muerte.
- 23) Contacto con elementos corto punzantes: trabajos con herramienta manual, machetes para el corte de estacas. Consecuencias: traumas, heridas, amputaciones, abrasiones, fracturas, esguince, muerte.
- 24) Caída diferente nivel: trabajos en taludes y accesos a frentes. Como consecuencia se puede presentar traumas, heridas, amputaciones, abrasiones, fracturas, esguince, muerte.

- 25)Caída al mismo nivel: desplazamiento en el frente por superficies irregulares. Consecuencias: traumas, heridas, amputaciones, abrasiones, fracturas, esguince, muerte.
- 26)Incendio: trabajos cerca de fuentes de ignición. Consecuencias: quemaduras, asfixia, trauma, muerte.
- 27)Explosión: trabajos dentro de los túneles en presencia de gases explosivos (metano, óxidos nitrosos provenientes de las voladuras. Materiales del procedimiento para voladuras. Consecuencias: quemaduras, asfixia, trauma, amputaciones, muerte.
- 28)Contacto con micro organismos: consumo de bebidas o alimentos contaminados. Intoxicación por el consumo de bebidas contaminadas con agentes patógenos, infecciones agudas o crónicas, reacciones alérgicas, enfermedad diarreica aguda.
- 29)Contacto con macro organismos: mediciones topográficas en terrenos antes del inicio de los frentes, trabajos en taludes con capa vegetal densa, donde sea posible encontrar serpientes, alacranes, roedores, animales silvestres, etc. O en sitios donde falta orden y aseo. Consecuencias: alergias, shock anafiláctico, reacciones propias de mordeduras de serpientes, muerte.
- 30)Posturas: posiciones inadecuadas del cuerpo durante las mediciones, por la complejidad que puede presentar el terreno. Consecuencias: lumbalgia, fatiga, enfermedades osteomusculares, estrés.
- 31)Individuales, problemas de los empleados: presiones laborales por producción, medición, problemas personales. Consecuencias: estrés, irritabilidad, desconcentración.
- 32)Contacto eléctrico: contacto con subestación eléctrica y cableado eléctrico durante la operación de la maquinaria. Consecuencias: quemaduras, choque eléctrico, fibrilación, electrocución, amputación, muerte.
- 33)Aplicación de fuerza: levantamiento y movimiento de herramientas o piezas de máquinas o equipo. Lumbalgia, fatiga, enfermedades osteomusculares, estrés.



- 34) Vibraciones: producidas por la detonación y operación de maquinaria con las personas que van a carga. Enfermedades osteomusculares, problemas vasculares y fatiga muscular. Alteraciones del sistema nervioso.
- 35) Tránsito o accidentes vehiculares: transporte de materiales de rezaga en volquetas y movimiento de maquinaria y equipo en la actividad. Traumatismos de variada severidad: heridas leves hasta pérdidas humanas. Pérdidas materiales, ausentismo laboral por incapacidad médica.
- 36) Descargas eléctricas atmosféricas: tormentas eléctricas. Consecuencias: traumas, abrasiones, heridas, amputaciones, fracturas, esguince, muerte.

### 5.3 ANALIZAR LOS RIESGOS

Para esta etapa del proceso, es de vital importancia conocer la historia de eventos ocurridos en la empresa. Cuando esta es nueva, es necesario contar con personal de experiencia en el sector para poder definir la frecuencia y posible severidad de cada uno de los riesgos identificados en el paso anterior.

5.3.1. Frecuencia. En varios textos también es llamada probabilidad, ya que es la probabilidad que un evento o riesgo identificado ocurra. Su calificación se puede dar de manera cuantitativa (ocurrencias / periodo de tiempo), de manera cualitativa (baja, media, alta) o una combinación de ambas. En este proceso se utilizará una combinación de ambas y se definen de la siguiente manera.

Improbable:	1 vez cada dos años o tal vez no ocurra.
Remoto:	Entre 1 y 3 veces en el año.
Ocasional:	Más 3 y menos de 6 veces en el año.
Frecuente:	Entre 6 y 12 veces en el año.

Muy frecuente:	Más de 12 veces en el año.
----------------	----------------------------

### 5.3.2. Severidad

En caso de materializarse un riesgo, es determinar que tanto afecta a la empresa. Esto puede medirse de manera cualitativa (baja, media, alta), determinar que tanto afecta el cumplimiento de los objetivos del proyecto, de forma cuantitativa dando valores o una combinación de ambas. En este proceso se utilizará una combinación de ambas y se definen de la siguiente manera según lo afectado.

#### Afectaciones económicas:

Insignificante:	Menos del 0.5% *
Menor:	Mas del 0.5% y hasta el 3% *
Moderada:	Mas del 3% y hasta el 7% *
Crítica:	Mas del 7% y menos del 15% *
Catastrófica:	Afecta el 15% o mas *

\* del valor total del proyecto

#### Afectaciones humanas:

Insignificante:	Lesiones leves sin incapacidad
Menor:	Lesiones leves con incapacidad
Moderada:	Lesiones graves, requiere hospitalización
Crítica:	Varias víctimas con lesiones graves
Catastrófica:	Muerte

#### Afectaciones ambientales:

Insignificante:	Contaminación leve recuperable
Menor:	Contaminación leve no recuperable
Moderada:	Contaminación grave recuperable a mediano plazo

Crítica:	Contaminación grave recuperable a largo plazo
Catastrófica:	Contaminación grave no recuperable

Afectaciones en la operación del proyecto:

Insignificante:	Suspensión de hasta 1 día
Menor:	Suspensión entre 2 y 5 días
Moderada:	Suspensión entre 6 y 15 días
Crítica:	Suspensión entre 16 y 30 días
Catastrófica:	Suspensión mayor a 30 días

Afectaciones a la imagen de la empresa o proyecto:

Insignificante:	Solo de conocimiento dentro de la empresa
Menor:	De conocimiento externo a nivel local
Moderada:	De conocimiento externo a nivel regional
Crítica:	De conocimiento a nivel nacional
Catastrófica:	De conocimiento a nivel internacional

## 5.4 EVALUACIÓN DE RIESGOS

Este proceso se hace con la matriz de riesgos, la cual consta de las dos partes del análisis del riesgo, la frecuencia y la severidad.

Según la valoración que se dé en la frecuencia y severidad, el riesgo es ubicado en la siguiente matriz de riesgo.

FRECUENCIA					
Muy frecuente					
Frecuente					
Ocasional					
Remoto					
Improbable					
	Insignificante	Menor	Moderada	Crítica	Catastrófica
	SEVERIDAD				

La combinación de frecuencia y severidad, arroja como resultado la magnitud del riesgo, la importancia del mismo y el posible tratamiento que se le debe dar.

La magnitud del riesgo se medirá de la siguiente manera

<b>Trivial</b>	<b>Aceptable</b>	<b>Importante</b>	<b>Inaceptable</b>
----------------	------------------	-------------------	--------------------

Se espera que el patrón de comportamiento de los riesgos sean de magnitud baja, con severidad insignificante o menor y frecuencia a lo sumo ocasional.

La materialización de varios riesgos con magnitud moderada o alta, puede llegar a ser insostenible. La ocurrencia de riesgos con magnitud muy alta, podría llevar a que la empresa no pueda recuperarse.

## 5.5 TRATAMIENTO DE RIESGOS

Dependiendo de la magnitud y la ubicación del riesgo, se le da un tratamiento específico.

Puede que la magnitud del riesgo sea igual para diferentes riesgos identificados, pero el tratamiento puede ser diferente, según la ubicación exacta del mismo en la matriz de riesgos.

En la administración de riesgos, se proponen medidas de control de los riesgos y de financiación de las pérdidas que se generan al materializarse algún riesgo.

Las de control de riesgo son evitar, prevenir y proteger. Las de financiación son transferir, retener y/o combinar.

- Evitar: esto significa dejar de hacer, no hacer. Es una medida de control del riesgo.
- Prevenir: son medidas encaminadas a reducir la frecuencia en la ocurrencia. Es una medida de control del riesgo.
- Proteger: implica ejercer acciones orientadas a reducir los efectos una vez se haya materializado el riesgo. Es una medida de control del riesgo.
- Transferir: requiere acciones que buscan trasladar los efectos económicos a un tercero, puede ser a una compañía de seguros o a un tercero que asume ciertos procesos o actividades de la empresa. Es una medida de financiación del riesgo.
- Retener: con estas acciones, se asumen las consecuencias económicas de la pérdida. Puede ser consiente y planeada o puede no serlo. Es una medida de financiación del riesgo.
- Combinar: esto es ejecutar varias de las acciones ya mencionadas a un mismo riesgo. Un ejemplo de esto es financiar parte de un riesgo con una aseguradora, trasladar otra parte a un tercero y asumir otra cantidad.

La frecuencia y la severidad de los riesgos, se tratan con medidas diferentes. Para disminuir la frecuencia, el tratamiento principal es de prevención. Para disminuir la severidad, el tratamiento principal es de protección.

Según la magnitud del riesgo, el momento de tratarlos es diferente.

Trivial	El tratamiento puede ser a largo plazo pero monitoreado regularmente.
Aceptable	El tratamiento debe ser a mediano plazo.
Importante	La intervención debe ser a corto plazo.
Inaceptable	El riesgo debe ser tratado inmediatamente.
	No debe comenzar ni continuar el trabajo hasta que se reduzca el riesgo.
	Si no es posible reducir el riesgo, incluso con recursos ilimitados, debe suspenderse el trabajo.

5.5.1. Evitar. El objetivo es eliminar completamente la amenaza. Esto se logra eliminando la probabilidad de ocurrencia o disminuir su severidad.

En términos generales las medidas de tratamiento son:

- Dejar de hacer.
- No realizar el proceso o actividad.

Estas medidas se toman en algunos casos extremos donde es más costoso correr el riesgo que el beneficio obtenido, luego de implementar las otras medidas de tratamiento.

Observaciones:

Debe tenerse en cuenta que en ocasiones, para las empresas, esta medida (eliminación) es imposible de tomar ya que la operación está en marcha.

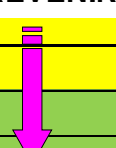
Las medidas para eliminar el riesgo, es posible tomarlas en la etapa de evaluación del proyecto.

Ninguna empresa debe tener riesgos ubicados en el cuadrante superior derecho de la matriz, es decir de alta frecuencia y de alta severidad, esto implica que la empresa tiene pérdidas frecuentes y de alto impacto económico y por lo tanto es

posible que no sea sostenible o incluso que llegue a la quiebra. En estos casos lo más conveniente es buscar la forma de evitar el riesgo.

5.5.2. Prevenir. El objetivo es tratar que el evento o la amenaza, no ocurra. Para esto se ejecutan acciones que evitan que la amenaza se materialice disminuyendo la frecuencia.

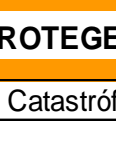
FRECUENCIA					
Muy frecuente	<b>PREVENIR</b>				
Frecuente					
Ocasional					
Remoto					
Improbable					
	Insignificante	Menor	Moderada	Crítica	Catastrófica
	SEVERIDAD				



### 5.5.3. Proteger

Con esta medida se espera que una vez que ocurra el evento, los efectos sean mínimos ejecutando acciones para evitar la propagación de las pérdidas. Como resultado se disminuye la severidad y se controlan las pérdidas.

FRECUENCIA					
Muy frecuente					
Frecuente					
Ocasional					
Remoto					
Improbable					
	Insignificante	Menor	Moderada	Crítica	Catastrófica
	SEVERIDAD				



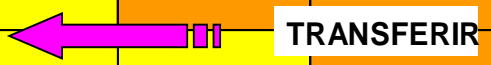
5.5.4. Transferir. La forma más común de transferir los riesgos, es la compra de seguros. Estos son un instrumento financiero para reducir el impacto. De cualquier modo, un siniestro siempre implica algún tipo de desembolso para la empresa.

Es una medida de que apunta también a la disminución de la severidad, por lo tanto implica que ya el riesgo se materializó.

El seguro debe emplearse en combinación con otras medidas de tratamiento.

El programa de seguros debe diseñarse a la medida de las características de los riesgos de la empresa.

FRECUENCIA					
Muy frecuente					
Frecuente					
Ocasional					
Remoto					
Improbable					
	Insignificante	Menor	Moderada	Crítica	Catastrófica
	SEVERIDAD				



Otra forma de transferir el riesgo es cuando se traslada parte de la actividad a un tercero, bajo responsabilidad de éste. Sin embargo, si el tercero no tiene las calidades necesarias, en caso de siniestro, la empresa contratante puede verse igualmente afectada.

El tercero debe tener la capacidad para gestionar el riesgo. Debe tener los conocimientos adecuados y pertinentes.



El tercero debe tener la capacidad financiera suficiente.

Un ejemplo de traslado de riesgos es cuando se contrata el transporte, la maquila, la vigilancia, entre otras.

5.5.5. Retener. Se puede dar de dos formas:

- Retención planeada
- Retención no planeada

La retención no planeada se presenta cuando el seguro es insuficiente (infraseguro / falta de coberturas), la pérdida es mayor a lo esperado, propensión al riesgo, escepticismo, actitud de no pago de la compañía de seguros.

La retención planeada requiere madurez de la empresa en aspectos como cultura de riesgo, medición y estadísticas, política definida de administración de riesgos, dispersión del riesgo.

La retención es una medida de tratamiento típica para riesgos de alta frecuencia y baja severidad.

5.5.6. Combinar. Generalmente no se logra la mitigación del riesgo con una sola medida de tratamiento, es necesaria una combinación de ellas.

Para los riesgos de magnitud muy alta, se debe implementar todas las acciones de tratamiento.

Para los riesgos de magnitud alta, se recomienda proteger, prevenir, transferir y en algunos casos retener parte de un riesgo.

Para los riesgos de magnitud moderada, es recomendable prevenir, transferir y retener

En los casos que el riesgo tiene magnitud baja, con prevenir y retener es suficiente, ya que al transferir a los seguros, puede que los riesgos que conllevan a pérdidas insignificantes, no sean cubiertos por los mismos.

## 5.6 COMUNICAR Y CONSULTAR

Durante todo el proceso de la administración de riesgos, es necesario estar en constante comunicación con las partes implicadas.

Según la magnitud de los riesgos, es necesario que cierto personal con poder de decisión en el proyecto esté al tanto, ya sea por simple información o para que tome las decisiones que sean del caso.

Comunicación de los riesgos según su magnitud

Trivial	Deben ser objeto de seguimiento por parte de los supervisores
Aceptable	Deben ser objeto de seguimiento adecuado por parte de los niveles medios de la dirección
Importante	Requieren la atención del director del proyecto
Inaceptable	Deben ponerse en conocimiento de los directores y ser objeto de seguimiento permanente

## 5.7 MONITOREAR Y REVISAR

El proceso de administración es un ciclo, nunca para, siempre hay algo que hacer y el monitoreo y la revisión es una de esas cosas.

Los riesgos identificados deben ser monitoreados en un periodo de tiempo determinado por alguien designado por el equipo de administración de riesgos, es recomendable escoger a alguien de cada área específica para que monitoree los riesgos de dicha área. Pero lo mas importante es revisar que se estén cumpliendo el tratamiento designado a cada riesgo y que este si sea efectivo.

El escoger a una persona es para tener un representante, pero el monitoreo y la revisión debe ser actividades que, todo el personal que está corriendo un riesgo, debe hacer constantemente.

En caso de encontrar que el tratamiento dado a un riesgo, no está cumpliendo su objetivo, ya sea porque el riesgo no disminuyó en su frecuencia o severidad, o porque el tratamiento es excesivo y puede estar aumentando los costos, esto debe ser comunicado al equipo de la administración de riesgos a la mayor brevedad, para tomar las medidas necesarias y adecuar el tratamiento planteado.

Al igual que si en dicho monitoreo y revisión se identificó un riesgo que no había sido planteado con anterioridad o se observaron nuevas causas que pueden llevar a la materialización de un riesgo ya identificado, también se debe comunicar a la mayor brevedad al equipo de administración de riesgos.

## 5.8 DOCUMENTAR

En el este proceso de la administración de riesgos, todo lo relacionado con estos, debe quedar registrado con el fin de hacer la trazabilidad de los riesgos.

Para esto se propone crear la “hoja de vida” de cada uno de los riesgos. En esta hoja de deben aparecer mínimo los siguientes datos:

- Nombre del riesgo
- frecuencia,
- severidad,
- magnitud,
- posibles causas,
- efectos,
- medidas de tratamiento,
- firma del responsable de cada una de la medidas de tratamiento,
- fecha de la última revisión y persona que la realizó,
- fecha, lugar, leve descripción y afectaciones generadas en casos ocurridos de materialización. Es necesario registrar todos los casos, así no se hayan generado afectaciones.

Estas hojas de vida, deben ser dadas a conocer a las personas que puedan ser afectadas por cada uno de los riesgos.

Esto sirve de base para tomar decisiones en cuanto a tratamiento de los riesgos en algún momento decisivo, para necesidades legales y principalmente para la mejora continua de todo el proceso de la administración de riesgos.

A continuación se muestran las dos páginas de las que constan las hojas de vida de los riesgos.

**HOJA DE VIDA RIESGOS**

Riesgo: \_\_\_\_\_

Frecuencia: \_\_\_\_\_ Severidad: \_\_\_\_\_ Magnitud Aceptable

Fecha última revisió DD | MM | AAAA Responsable: \_\_\_\_\_

Posible causas que originan el riesgo:

---

---

---

---

---

---

---

Posibles efectos:

---

---

---

---

---

---

---

Medidas de tratamiento:

Responsable:

<hr/>	<hr/>
<hr/>	<hr/>
<hr/>	<hr/>
<hr/>	<hr/>
<hr/>	<hr/>
<hr/>	<hr/>
<hr/>	<hr/>
<hr/>	<hr/>
<hr/>	<hr/>
<hr/>	<hr/>
<hr/>	<hr/>





Esta matriz está elaborada en un archivo de Excel ubicada en la hoja Riesgos. Allí están nombrados cada uno de los riesgos identificados en el numeral 5.2 Identificación de riesgos.

Los únicos valores a ingresar en esta matriz son los de las columnas Aplica?, Frecuencia F y Severidad S. Cada una de estas columnas tiene una lista desplegable donde limita las opciones de cada una de ellas.

En la columna Aplica?, las posibilidades son Si o No. En caso tal que la respuesta sea negativa, en la columna de Magnitud del riesgo, aparece “No Aplica”.

En la columna de Frecuencia F y Severidad S, son las que se mencionan en la matriz de evaluación de riesgos.

FRECUENCIA					
Muy frecuente					
Frecuente					
Ocasional					
Remoto					
Improbable					
	Insignificante	Menor	Moderada	Crítica	Catastrófica
	SEVERIDAD				

Según la valoración dada en cada una de estas columnas, en la siguiente columna llamada Magnitud del Riesgo FxS, aparece el resultado del riesgo, según la matriz anterior, donde las posibilidades son:

<b>Trivial</b>	<b>Aceptable</b>	<b>Importante</b>	<b>Inaceptable</b>
----------------	------------------	-------------------	--------------------

Pero el tratamiento de un riesgo con magnitud aceptable, dada por una frecuencia improbable y una severidad catastrófica, es diferente a un riesgo con magnitud aceptable dado por una frecuencia muy frecuente y una severidad insignificante. Por esta razón, según cada la valoración dada en frecuencia y severidad, el tratamiento varía y es identificado con una “X” en las columnas de evitar, prevenir, proteger, transferir o evitar.



Luego de aplicar el tratamiento, el riesgo debe ser analizado nuevamente, donde las variables frecuencia y severidad, deben cambiar a un estado inferior, en algunos casos, dependiendo del riesgo, pueden quedar iguales.

En el archivo hay otras hojas con nombres según los factores de riesgo definidos en el numeral 5.2 Identificación de riesgos. Allí están ubicadas las matrices con los riesgos según su magnitud antes y después del tratamiento, para una mejor visualización.

## 6. IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO

Para implementar el proceso propuesto de administración de riesgos, se supone la construcción de un proyecto ficticio. Por esta condición, no se realizan las partes de comunicar y consultar y monitoreo y revisión. Adicional a esto, algunas de las preguntas de la parte de establecer contexto, tampoco aplican a este supuesto.

### 6.1 ESTABLECER CONTEXTO

Por ser un proyecto ficticio, se hace una leve descripción del mismo, sin hacer énfasis en toda la información que se identifica como necesaria en este punto.

Túneles de la Productividad, es un proyecto de la Gobernación de Antioquia, con el cual se busca mejorar el sistema vial en todo el departamento.

Este túnel es uno de los varios que se piensan construir a lo largo y ancho de todo el territorio antioqueño y es el que conectará al Valle del Aburrá con algunos municipios del oriente antioqueño. El portal occidental está ubicado en el km 11 vía Las Palmas y el portal oriental, estará ubicado cerca a la represa La Fe.

El proyecto consistente en la construcción de un túnel principal para tráfico vehicular en 2 direcciones, acompañado de un túnel de rescate. El sistema de ventilación es de tipo transversal. El túnel principal tendrá una calzada de 8 m de ancho, dos carriles de 4 m cada uno, con andenes laterales de 0,95 m, gálibo de 5m y nichos de parqueo cada 1.000 m. El túnel de rescate se construirá paralelo y previamente al túnel principal, a una distancia de 60 m entre ejes, con una sección menor de diámetro de 4 a 5 m.

Las especificaciones técnicas del túnel son las siguientes:

Longitud tubo: 5.5 km

Numero de tubos: 2

Ancho de calzada: 8.0 m

Ancho de andenes: 0.95 m a cada lado

Pendiente promedio: 2.25%

Pendiente transversal: 2.00%

Velocidad de diseño: 60 km/h

Gálibo: 5 m

Particularmente, los estudios del túnel iniciados en 2008 y finalizada en el 2011, por una firma de ingenieros antioqueña, dieron como resultado un proyecto constituido por las siguientes obras:

Un túnel principal para tráfico vehicular, bidireccional, de longitud 5.5 Km y sistema de ventilación transversal.

Un túnel de rescate paralelo al túnel principal dispuesto lateralmente a 60 m del túnel principal, de longitud 5.5 Km.

Galerías transversales cada 450 m, que comunican el túnel de rescate con el túnel principal.

El proceso constructivo será de perforación y voladura. No se utilizará tuneladora ya que la alta inversión en el costo de esta, hace al proyecto inviable financieramente.

Este proyecto cuenta con el respaldo de la gobernación de Antioquia, la cual financiara todos los gastos de la obra. La construcción del túnel estará a cargo del consorcio Ingeniería Caro-Cadavid. Conformado por dos empresas antioqueñas y una mexicana, la cual es la mayoritaria y aportara toda la tecnología para la construcción.

6.2 IDENTIFICAR LOS RIESGOS			6.3 ANÁLISIS DEL RIESGO		6.4 EVALUACIÓN DEL RIESGO	6.5 TRATAMIENTO DEL RIESGO					6.6 ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DEL RIESGO DESPUES DE TRATAMIENTO		
Riesgo No.	Nombre del Riesgo	Aplica?	Frecuencia F	Severidad S	Magnitud del Riesgo F x S	Evitar	Prevenir	Proteger	Transferir	Retener	Frecuencia F	Severidad S	Magnitud del Riesgo F x S
<b>1</b>	<b>FACTORES EXTERNOS</b>												
<b>1.1</b>	<b>Factor economico y financiero</b>												
EF1	Inflación	Si	Remoto	Menor	Aceptable	-	x	x	x	-	Improbable	Insignificante	Trivial
EF2	Variación al alza de la tasa cambiaria	Si	Remoto	Moderada	Aceptable	-	x	x	x	-	Improbable	Insignificante	Trivial
EF3	Impuestos	Si	Improbable	Moderada	Aceptable	-	-	x	x	-	Improbable	Moderada	Aceptable
EF4	Accesibilidad a créditos y tasas de interés	Si	Improbable	Catastrófica	Importante	-	-	x	x	-	Improbable	Crítica	Aceptable
EF5	Aranceles de importación	Si	Improbable	Insignificante	Trivial	-	x	-	-	x	Improbable	Insignificante	Trivial
EF6	Precio de materias primas y combustible	Si	Remoto	Menor	Aceptable	-	x	x	x	-	Remoto	Insignificante	Trivial
EF7	Infidelidad financiera de un empleado	Si	Improbable	Moderada	Aceptable	-	-	x	x	-	Improbable	Insignificante	Trivial
<b>1.2</b>	<b>Factor político y social</b>												
PS1	Intervención por parte del estado	No			No Aplica	-	-	-	-	-			No Aplica
PS2	Estabilidad democrática	No			No Aplica	-	-	-	-	-			No Aplica
PS3	Conmoción civil	No			No Aplica	-	-	-	-	-			No Aplica
PS4	Corrupción	No			No Aplica	-	-	-	-	-			No Aplica
PS5	Guerra y relación con otros países	No			No Aplica	-	-	-	-	-			No Aplica
PS6	Conflicto interno	Si	Remoto	Menor	Aceptable	-	x	x	x	-	Remoto	Menor	Aceptable
PS7	Terrorismo	Si	Improbable	Catastrófica	Importante	-	-	x	x	-	Improbable	Crítica	Aceptable
PS8	Paros armados	Si	Improbable	Menor	Trivial	-	-	x	-	x	Improbable	Menor	Trivial
PS9	Huelgas de transportadores	Si	Improbable	Menor	Trivial	-	-	x	-	x	Improbable	Menor	Trivial
PS10	Problemas con la comunidad	Si	Ocasional	Insignificante	Aceptable	-	x	x	x	-	Remoto	Insignificante	Trivial
<b>1.3</b>	<b>Factores regulatorios</b>												
R1	Leyes, normas y licencias	Si	Improbable	Catastrófica	Importante						Improbable	Crítica	Aceptable
R2	Trámites excesivos	Si	Improbable	Insignificante	Trivial						Improbable	Insignificante	Trivial
R3	Personal extranjero	Si	Improbable	Insignificante	Trivial	-	x	-	-	x	Improbable	Insignificante	Trivial
R4	Demoras en los trámites	Si	Improbable	Catastrófica	Importante	-	-	x	x	-	Improbable	Catastrófica	Importante

6.2 IDENTIFICAR LOS RIESGOS			6.3 ANÁLISIS DEL RIESGO		6.4 EVALUACIÓN DEL RIESGO	6.5 TRATAMIENTO DEL RIESGO					6.6 ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DEL RIESGO DESPUES DE TRATAMIENTO		
Riesgo No.	Nombre del Riesgo	Aplica?	Frecuencia F	Severidad S	Magnitud del Riesgo F x S	Evitar	Prevenir	Proteger	Transferir	Retener	Frecuencia F	Severidad S	Magnitud del Riesgo F x S
<b>1</b>	<b>FACTORES EXTERNOS</b>												
1.4	<b>Factor ambiental</b>												
	Remitirse al Plan de Manejo Ambiental												
<b>1.5</b>	<b>Factores para el sector de la construcción</b>												
SC1	Estricta regulación	Si	Improbable	Catastrófica	Importante						Improbable	Catastrófica	Importante
SC2	Escasez de materiales	Si	Remoto	Menor	Aceptable						Remoto	Insignificante	Trivial
SC3	Turnos laborales	Si	Muy frecuente	Insignificante	Importante	-	x	x	x	-	Frecuente	Insignificante	Aceptable
SC4	Incumplimiento de subcontratistas	Si	Ocasional	Moderada	Importante	-	x	x	x	-	Remoto	Menor	Aceptable
SC5	Diseños estructurales	Si	Remoto	Menor	Aceptable	-	x	x	x	-	Improbable	Insignificante	Trivial
SC6	Seguros	No			No Aplica	-	-	-	-	-			No Aplica
SC7	Competencia desleal	No			No Aplica	-	-	-	-	-			No Aplica
SC8	Disponibilidad de mano de obra	Si	Remoto	Moderada	Aceptable	-	x	x	x	-	Remoto	Menor	Aceptable
SC9	Sindicatos	Si	Improbable	Moderada	Aceptable	-	-	x	x	-	Improbable	Menor	Trivial
SC10	Adquisición de predios	Si	Ocasional	Crítica	Importante	-	x	x	x	-	Remoto	Moderada	Aceptable
<b>1.6</b>	<b>Factores naturales</b>												
N1	Terremoto	Si	Improbable	Catastrófica	Importante	-	-	x	x	-	Improbable	Moderada	Aceptable
N2	Inundación	Si	Improbable	Crítica	Aceptable	-	-	x	x	-	Improbable	Moderada	Aceptable
N3	Tsunami	No			No Aplica	-	-	-	-	-			No Aplica
N4	Vientos fuertes	Si	Improbable	Menor	Trivial	-	-	x	-	x	Improbable	Insignificante	Trivial
N5	Condiciones admosféricas adversas	Si	Remoto	Menor	Aceptable	-	x	x	x	-	Remoto	Insignificante	Trivial

6.2 IDENTIFICAR LOS RIESGOS			6.3 ANÁLISIS DEL RIESGO		6.4 EVALUACIÓN DEL RIESGO	6.5 TRATAMIENTO DEL RIESGO					6.6 ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DEL RIESGO DESPUES DE TRATAMIENTO		
Riesgo No.	Nombre del Riesgo	Aplica?	Frecuencia F	Severidad S	Magnitud del Riesgo F x S	Evitar	Prevenir	Proteger	Transferir	Retener	Frecuencia F	Severidad S	Magnitud del Riesgo F x S
<b>2</b>	<b>RIESGOS INTERNOS</b>												
2.1	Riesgos de un proyecto de construcción civil												
CC1	Incumplimiento en el cronograma de ejecución	Si	Remoto	Moderada	Aceptable	-	x	x	x	-	Remoto	Menor	Aceptable
CC2	Importación de maquinaria	Si	Improbable	Catastrófica	Importante	-	-	x	x	-	Improbable	Moderada	Aceptable
CC3	Imprevistos en importaciones	Si	Improbable	Catastrófica	Importante	-	-	x	x	-	Improbable	Menor	Trivial
CC4	Incumplimiento de pagos	Si	Remoto	Menor	Aceptable	-	x	x	x	-	Remoto	Menor	Aceptable
CC5	Fallas en los diseños	Si	Improbable	Catastrófica	Importante	-	-	x	x	-	Improbable	Moderada	Aceptable
CC6	Demoras en los diseños	Si	Improbable	Moderada	Aceptable	-	-	x	x	-	Improbable	Insignificante	Trivial
CC7	Hurto	Si	Remoto	Menor	Aceptable	-	x	x	x	-	Improbable	Insignificante	Trivial
CC8	Daños, pérdidas en el almacén o patios	Si	Remoto	Menor	Aceptable	-	x	x	x	-	Improbable	Insignificante	Trivial
CC9	Vías de acceso	Si	Improbable	Moderada	Aceptable	-	-	x	x	-	Improbable	Menor	Trivial
CC10	Transporte de los empleados	Si	Muy frecuente	Insignificante	Importante	-	x	x	x	-	Ocasional	Insignificante	Aceptable
CC11	Derrame de combustible o materiales peligrosos	Si	Improbable	Crítica	Aceptable	-	-	x	x	-	Improbable	Menor	Trivial
CC12	Falta de capacidad de almacenamiento	Si	Improbable	Insignificante	Trivial	-	x	-	-	x	Improbable	Insignificante	Trivial
CC13	Responsabilidad civil	Si	Improbable	Catastrófica	Importante	-	-	x	x	-	Improbable	Moderada	Aceptable
CC14	Pérdida de información	Si	Improbable	Menor	Trivial	-	-	x	-	x	Improbable	Insignificante	Trivial

6.2 IDENTIFICAR LOS RIESGOS			6.3 ANÁLISIS DEL RIESGO		6.4 EVALUACIÓN DEL RIESGO	6.5 TRATAMIENTO DEL RIESGO					6.6 ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DEL RIESGO DESPUES DE TRATAMIENTO		
Riesgo No.	Nombre del Riesgo	Aplica?	Frecuencia F	Severidad S	Magnitud del Riesgo F x S	Evitar	Prevenir	Proteger	Transferir	Retener	Frecuencia F	Severidad S	Magnitud del Riesgo F x S
<b>2 RIESGOS INTERNOS</b>													
<b>2.2 Riesgos en el proceso constructivo</b>													
PC1	Deslizamientos externos	Si	Ocasional	Moderada	Importante	-	x	x	x	-	Improbable	Moderada	Aceptable
PC2	Daños en el montaje de estructuras	Si	Improbable	Menor	Trivial	-	-	x	-	x	Improbable	Menor	Trivial
PC3	Hallazgos arqueológicos	Si	Improbable	Moderada	Aceptable	-	-	x	x	-	Improbable	Menor	Trivial
PC4	Sobre excavaciones	Si	Remoto	Menor	Aceptable	-	x	x	x	-	Improbable	Insignificante	Trivial
PC5	Impericia	Si	Remoto	Catastrófica	Importante	-	x	x	x	-	Improbable	Moderada	Aceptable
PC6	Colapso estructural	Si	Improbable	Catastrófica	Importante	-	-	x	x	-	Improbable	Moderada	Aceptable
PC7	Daños por voladuras	Si	Improbable	Catastrófica	Importante	-	-	x	x	-	Improbable	Moderada	Aceptable
PC8	Daños en maquinaria y equipos	Si	Ocasional	Moderada	Importante	-	x	x	x	-	Remoto	Menor	Aceptable
PC9	Falta de respuestos de maquinaria	Si	Remoto	Moderada	Aceptable	-	x	x	x	-	Improbable	Menor	Trivial
PC10	Interrupción en el suministro de servicios	Si	Improbable	Menor	Trivial	-	-	x	-	x	Improbable	Menor	Trivial
PC11	Acceso inadecuado para cuadrillas de rescate	Si	Improbable	Catastrófica	Importante	-	-	x	x	-	Improbable	Moderada	Aceptable
PC12	Uso de sustancias ilícitas por personal de la obra	Si	Frecuente	Menor	Importante	-	x	x	x	-	Ocasional	Menor	Aceptable
PC13	Epidemias en el personal	Si	Improbable	Menor	Trivial	-	-	x	-	x	Improbable	Insignificante	Trivial
PC14	Daños al equipo electrónico	Si	Remoto	Menor	Aceptable	-	x	x	x	-	Improbable	Insignificante	Trivial
PC15	Emisión de ruido	Si	Muy frecuente	Moderada	Importante	-	x	x	x	-	Muy frecuente	Menor	Importante
PC16	Estrés térmico	Si	Ocasional	Menor	Aceptable	-	x	x	x	-	Remoto	Menor	Aceptable
PC17	Iluminación deficiente	Si	Remoto	Menor	Aceptable	-	x	x	x	-	Remoto	Menor	Aceptable
PC18	Emisiones de material particulado y manipulación de sustancias químicas sólidas	Si	Improbable	Moderada	Aceptable	-	-	x	x	-	Improbable	Menor	Trivial
PC19	Emisión o acumulación de gases y vapores	Si	Ocasional	Crítica	Importante	-	x	x	x	-	Ocasional	Menor	Aceptable
PC20	Atrapado por o entre	Si	Remoto	Moderada	Aceptable	-	x	x	x	-	Remoto	Menor	Aceptable
PC21	Golpeado por o contra	Si	Remoto	Catastrófica	Importante	-	x	x	x	-	Remoto	Menor	Aceptable
PC22	Proyección de partículas	Si	Ocasional	Catastrófica	Inaceptable	x	x	x	x	-	Remoto	Moderada	Aceptable

6.2 IDENTIFICAR LOS RIESGOS			6.3 ANÁLISIS DEL RIESGO		6.4 EVALUACIÓN DEL RIESGO	6.5 TRATAMIENTO DEL RIESGO					6.6 ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DEL RIESGO DESPUES DE TRATAMIENTO		
Riesgo No.	Nombre del Riesgo	Aplica?	Frecuencia F	Severidad S	Magnitud del Riesgo F x S	Evitar	Prevenir	Proteger	Transferir	Retener	Frecuencia F	Severidad S	Magnitud del Riesgo F x S
<b>2 RIESGOS INTERNOS</b>													
<b>2.2 Riesgos en el proceso constructivo</b>													
PC23	Contacto con elementos cortupunzantes	Si	Ocasional	Menor	Aceptable	-	x	x	x	-	Remoto	Moderada	Aceptable
PC24	Caída de diferente nivel	Si	Remoto	Catastrófica	Importante	-	x	x	x	-	Remoto	Moderada	Aceptable
PC25	Caida al mismo nivel	Si	Ocasional	Menor	Aceptable	-	x	x	x	-	Remoto	Menor	Aceptable
PC26	Incendio	Si	Improbable	Catastrófica	Importante	-	-	x	x	-	Improbable	Moderada	Aceptable
PC27	Explosión	Si	Improbable	Catastrófica	Importante	-	-	x	x	-	Improbable	Moderada	Aceptable
PC28	Contacto con micro organismos	Si	Improbable	Moderada	Aceptable	-	-	x	x	-	Improbable	Menor	Trivial
PC29	Contacto con macro organismos	Si	Improbable	Moderada	Aceptable	-	-	x	x	-	Improbable	Menor	Trivial
PC30	Posturas	Si	Remoto	Menor	Aceptable	-	x	x	x	-	Improbable	Menor	Trivial
PC31	Individuales, problemas de los empleados	Si	Ocasional	Insignificante	Aceptable	-	x	x	x	-	Remoto	Insignificante	Trivial
PC32	Contacto electrico	Si	Remoto	Catastrófica	Importante	-	x	x	x	-	Improbable	Moderada	Aceptable
PC33	Aplicación de fuerza	Si	Remoto	Menor	Aceptable	-	x	x	x	-	Improbable	Menor	Trivial
PC34	Vibraciones	Si	Remoto	Menor	Aceptable	-	x	x	x	-	Improbable	Menor	Trivial
PC35	Transito o accidentes vehiculares	Si	Remoto	Menor	Aceptable	-	x	x	x	-	Improbable	Insignificante	Trivial
PC36	Descargas eléctricas atmosféricas	Si	Improbable	Catastrófica	Importante	-	-	x	x	-	Improbable	Moderada	Aceptable



## 6.4 EVALUACIÓN DE RIESGOS

MATRIZ DE EVALUACIÓN RIESGOS				
FACTORES EXTERNOS				
EF - Factor Economico-Financiero				

ANALISIS DEL RIESGO ANTES DE TRATAMIENTO				
--	--	--	--	--

FRECUCENCIA				
Muy frecuente				
Frecuente				
Ocasional				
Remoto		EF1 EF6	EF2	
Improbable	EF5		EF3 EF7	EF4
<b>SEVERIDAD</b>				

ANALISIS DEL RIESGO DESPUES DE TRATAMIENTO				
--	--	--	--	--

FRECUCENCIA				
Muy frecuente				
Frecuente				
Ocasional				
Remoto	EF6			
Improbable	EF1 EF2 EF5 EF7		EF3	EF4
<b>SEVERIDAD</b>				

No Aplican	
------------	--

Riesgo No.	Nombre del Riesgo
<b>1</b>	<b>FACTORES EXTERNOS</b>
<b>1.1</b>	<b>Factor economico y financiero</b>
EF1	Inflación
EF2	Variación al alza de la tasa cambiaria
EF3	Impuestos
EF4	Accesibilidad a créditos y tasas de interés
EF5	Aranceles de importación
EF6	Precio de materias primas y combustible

<b>MATRIZ DE EVALUACIÓN RIESGOS</b>
<b>FACTORES EXTERNOS</b>
<b>PS - Factor político y social</b>

<b>ANALISIS DEL RIESGO ANTES DE TRATAMIENTO</b>
---

<b>FRECUENCIA</b>					
<b>Muy frecuente</b>					
<b>Frecuente</b>					
<b>Ocasional</b>	PS10				
<b>Remoto</b>		PS6			
<b>Improbable</b>		PS8 PS9			PS7
	1	2	3	4	5
	<b>SEVERIDAD</b>				

<b>ANALISIS DEL RIESGO DESPUES DE TRATAMIENTO</b>
---

<b>FRECUENCIA</b>					
<b>Muy frecuente</b>					
<b>Frecuente</b>					
<b>Ocasional</b>					
<b>Remoto</b>	PS10	PS6			
<b>Improbable</b>		PS8 PS9		PS7	
	1	2	3	4	5
	<b>SEVERIDAD</b>				

No Aplican	PS1 PS2 PS3 PS4 PS5
------------	---------------------

Riesgo No.	Nombre del Riesgo
<b>1</b>	<b>FACTORES EXTERNOS</b>
<b>1.2</b>	<b>Factor político y social</b>
PS1	Intervención por parte del estado
PS2	Estabilidad democrática
PS3	Conmoción civil
PS4	Corrupción
PS5	Guerra y relación con otros países
PS6	Conflicto interno
PS7	Terrorismo
PS8	Paros armados
PS9	Huelgas de transportadores

<b>MATRIZ DE EVALUACIÓN RIESGOS</b>
<b>FACTORES EXTERNOS</b>
<b>R - Factor regulatorio</b>

<b>ANALISIS DEL RIESGO ANTES DE TRATAMIENTO</b>
---

FRECUCENCIA					
Muy frecuente					
Frecuente					
Ocasional					
Remoto					
Improbable	R2 R3				R1 R4
	1	2	3	4	5
	<b>SEVERIDAD</b>				

<b>ANALISIS DEL RIESGO DESPUES DE TRATAMIENTO</b>
---

FRECUCENCIA					
Muy frecuente					
Frecuente					
Ocasional					
Remoto					
Improbable	R2 R3			R1	R4
	1	2	3	4	5
	<b>SEVERIDAD</b>				

No Aplican	
------------	--

Riesgo No.	Nombre del Riesgo
<b>1</b>	<b>FACTORES EXTERNOS</b>
<b>1.3</b>	<b>Factores regulatorios</b>
R1	Leyes, normas y licencias
R2	Trámites excesivos
R3	Personal extranjero
R4	Demoras en los trámites

<b>MATRIZ DE EVALUACIÓN RIESGOS</b>
<b>FACTORES EXTERNOS</b>
<b>R - Factores para el sector de la construcción</b>

<b>ANALISIS DEL RIESGO ANTES DE TRATAMIENTO</b>
---

<b>FRECUENCIA</b>					
Muy frecuente	SC3				
Frecuente					
Ocasional			SC4	SC10	
Remoto		SC2 SC5	SC8		
Improbable			SC9		SC1
<b>SEVERIDAD</b>					

<b>ANALISIS DEL RIESGO DESPUES DE TRATAMIENTO</b>
---

<b>FRECUENCIA</b>					
Muy frecuente					
Frecuente	SC3				
Ocasional					
Remoto	SC2	SC4 SC8	SC10		
Improbable	SC5	SC9			SC1
<b>SEVERIDAD</b>					

No Aplican	SC6 SC7
------------	---------

Riesgo No.	Nombre del Riesgo
1	<b>FACTORES EXTERNOS</b>
1.5	<b>Factores para el sector de la construcción</b>
SC1	Estricta regulación
SC2	Escasez de materiales
SC3	Turnos laborales
SC4	Incumplimiento de subcontratistas
SC5	Diseños estructurales
SC6	Seguros
SC7	Competencia desleal
SC8	Disponibilidad de mano de obra
SC9	Sindicatos
SC10	Adquisición de predios

<b>MATRIZ DE EVALUACIÓN RIESGOS</b>
<b>FACTORES EXTERNOS</b>
<b>N - Factores Naturales</b>

<b>ANALISIS DEL RIESGO ANTES DE TRATAMIENTO</b>
---

FRECUCENCIA					
Muy frecuente					
Frecuente					
Ocasional					
Remoto		N5			
Improbable		N4		N2	N1
	1	2	3	4	5
	<b>SEVERIDAD</b>				

<b>ANALISIS DEL RIESGO DESPUES DE TRATAMIENTO</b>
---

FRECUCENCIA					
Muy frecuente					
Frecuente					
Ocasional					
Remoto	N5				
Improbable	N4		N1 N2		
	1	2	3	4	5
	<b>SEVERIDAD</b>				

No Aplican	N3
------------	----

Riesgo No.	Nombre del Riesgo
1	<b>FACTORES EXTERNOS</b>
1.6	<b>Factores naturales</b>
N1	Terremoto
N2	Inundación
N3	Tsunami
N4	Vientos fuertes
N5	Condiciones admosféricas adversas

<b>MATRIZ DE EVALUACIÓN RIESGOS</b>
<b>FACTORES EXTERNOS</b>
<b>R - Riesgos de un proyecto de construcción civil</b>

<b>ANÁLISIS DEL RIESGO ANTES DE TRATAMIENTO</b>
---

<b>FRECUENCIA</b>					
<b>Muy frecuente</b>	CC10				
<b>Frecuente</b>					
<b>Ocasional</b>					
<b>Remoto</b>		CC4 CC7 CC8	CC1		
<b>Improbable</b>	CC12	CC14	CC6 CC9	CC11	CC2 CC3 CC5 CC13
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
	<b>SEVERIDAD</b>				

<b>ANÁLISIS DEL RIESGO DESPUES DE TRATAMIENTO</b>
---

<b>FRECUENCIA</b>					
<b>Muy frecuente</b>					
<b>Frecuente</b>					
<b>Ocasional</b>	CC10				
<b>Remoto</b>		CC1 CC4			
<b>Improbable</b>	CC6 CC7 CC8 CC12 CC14	CC3 CC9 CC11	CC2 CC5 CC13		
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
	<b>SEVERIDAD</b>				

No Aplican	
------------	--

<b>MATRIZ DE EVALUACIÓN RIESGOS</b>
<b>FACTORES EXTERNOS</b>
<b>R - Riesgos de un proyecto de construcción civil</b>

Riesgo No.	Nombre del Riesgo
<b>2</b>	<b>RIESGOS INTERNOS</b>
<b>2.1</b>	<b>Riesgos de un proyecto de construcción civil</b>
CC1	Incumplimiento en el cronograma de ejecución
CC2	Importación de maquinaria
CC3	Imprevistos en importaciones
CC4	Incumplimiento de pagos
CC5	Fallas en los diseños
CC6	Demoras en los diseños
CC7	Hurto
CC8	Daños, pérdidas en el almacén o patios
CC9	Vías de acceso
CC10	Transporte de los empleados
CC11	Derrame de combustible o materiales preligrosos
CC12	Falta de capacidad de almacenamiento
CC13	Responsabilidad civil
CC14	Pérdida de información

<b>MATRIZ DE EVALUACIÓN RIESGOS</b>
<b>FACTORES EXTERNOS</b>
<b>R - Factores para el sector de la construcción</b>

<b>ANALISIS DEL RIESGO ANTES DE TRATAMIENTO</b>
---

FRECUENCIA					
<b>Muy frecuente</b>			PC15		
<b>Frecuente</b>		PC12			
<b>Ocasional</b>	PC31	PC16 PC23 PC25	PC1 PC8	PC19	PC22
<b>Remoto</b>		PC4 PC14 PC17 PC30 PC33 PC34 PC35	PC9 PC20		PC5 PC21 PC24 PC32
<b>Improbable</b>		PC2 PC10 PC13	PC3 PC18 PC18 PC28 PC29		PC6 PC7 PC11 PC26 PC27 PC36
<b>SEVERIDAD</b>					

<b>ANALISIS DEL RIESGO DESPUES DE TRATAMIENTO</b>
---

FRECUENCIA					
<b>Muy frecuente</b>		PC15			
<b>Frecuente</b>					
<b>Ocasional</b>		PC12 PC19			
<b>Remoto</b>	PC31	PC8 PC16 PC17 PC20 PC21 PC25	PC22 PC23 PC24		
<b>Improbable</b>	PC4 PC13 PC14 PC35	PC2 PC3 PC9 PC10 PC18 PC18 PC28 PC29 PC30 PC33 PC34	PC1 PC5 PC6 PC7 PC11 PC26 PC27 PC32 PC36		
<b>SEVERIDAD</b>					

No	
----	--



<b>MATRIZ DE EVALUACIÓN RIESGOS</b>
<b>FACTORES EXTERNOS</b>
<b>R - Factores para el sector de la construcción</b>

Riesgo No.	Nombre del Riesgo
<b>2</b>	<b>RIESGOS INTERNOS</b>
<b>2.2</b>	<b>Riesgos en el proceso constructivo</b>
PC1	Deslizamientos externos
PC2	Daños en el montaje de estructuras
PC3	Hallazgos arqueológicos
PC4	Sobre excavaciones
PC5	Impericia
PC6	Colapso estructural
PC7	Daños por voladuras
PC8	Daños en maquinaria y equipos
PC9	Falta de respuestos de maquinaria
PC10	Interrupción en el suministro de servicios
PC11	Acceso inadecuado para cuadrillas de rescate
PC12	Uso de sustancias ilícitas por personal de la obra
PC13	Epidemias en el personal
PC14	Daños al equipo electrónico
PC15	Emisión de ruido
PC16	Estrés térmico
PC17	Iluminación deficiente
PC18	Emisiones de material particulado y manipulación de sustancias químicas sólidas
PC19	Emisión o acumulación de gases y vapores
PC20	Atrapado por o entre
PC21	Golpeado por o contra
PC22	Proyección de partículas
PC23	Contacto con elementos cortopunzantes
PC24	Caída de diferente nivel
PC25	Caída al mismo nivel
PC26	Incendio
PC27	Explosión
PC28	Contacto con micro organismos
PC29	Contacto con macro organismos
PC30	Posturas

<b>2</b>	<b>RIESGOS INTERNOS</b>
<b>2.2</b>	<b>Riesgos en el proceso constructivo</b>
PC31	Individuales, problemas de los empleados
PC32	Contacto electrico
PC33	Aplicación de fuerza
PC34	Vibraciones
PC35	Transito o accidentes vehiculares
PC36	Descargas eléctricas atmosféricas

## 6.5 TRATAMIENTO DE RIESGOS

Riesgo No.	Nombre del Riesgo	POSIBLES MEDIDAS DE TRATAMIENTO
<b>1</b>	<b>FACTORES EXTERNOS</b>	
<b>1.1</b>	<b>Factor económico y financiero</b>	
EF1	Inflación	Tener en cuenta en proyección financiera. Negociar swaps IPC con una entidad financiera.
EF2	Variación al alza de la tasa cambiaria	Tener en cuenta en proyección financiera. Negociar swaps TRM con una entidad financiera.
EF3	Impuestos	Tener en cuenta en proyección financiera.
EF4	Accesibilidad a créditos y tasas de interés	Tener en cuenta en proyección financiera.
EF5	Aranceles de importación	Negociar con países que se tenga tratados de libre comercio.
EF6	Precio de materias	Negociar con proveedores precios fijos por periodos de tiempo.
EF7	Infidelidad financiera de un empleado	Controles y auditorias periódicas. Transferir a la aseguradora.
<b>1.2</b>	<b>Factor político y social</b>	
PS1	Intervención por parte del estado	No Aplica
PS2	Estabilidad democrática	No Aplica

Riesgo No.	Nombre del Riesgo	POSIBLES MEDIDAS DE TRATAMIENTO
<b>1</b>	<b>FACTORES EXTERNOS</b>	
<b>1.2</b>	<b>Factor político y social</b>	
PS3	Conmoción civil	No Aplica
PS4	Corrupción	No Aplica
PS5	Guerra y relación con otros países	No Aplica
PS6	Conflicto interno	Seguridad física de la obra con empresa privada y ejercito. Control de ingreso de personal.
PS7	Terrorismo	Seguridad física de la obra con empresa privada y ejercito. Control de ingreso de personal.
PS8	Paros armados	Seguridad física de la obra con empresa privada y ejercito. Control de ingreso de personal.
PS9	Huelgas de transportadores	En la programación de transportes, estar atento a estos anuncios para definir sistemas de transporte o vías alternas.
PS10	Problemas con la comunidad	Campañas de sensibilización y labor social previos con la comunidad que pueda verse afectada con el proyecto.

<b>1.3</b>	<b>Factores regulatorios</b>	
R1	Leyes, normas y licencias	Identificar la normatividad que rigen al proyecto.
R2	Trámites excesivos	Identificar los trámites necesarios y determinar el tiempo de respuesta de estos.
R3	Personal extranjero	Hacer una revisión de la documentación y requisitos, al igual que a la duración del trámite ante los entes estatales.
R4	Demoras en los trámites	Identificar los trámites necesarios y determinar el tiempo de respuesta de estos.

<b>1.5</b>	<b>Factores para el sector de la construcción</b>	
SC1	Estricta regulación	Identificar la normatividad que rigen al proyecto.
SC2	Escasez de materiales	Tener variedad en proveedores. Hacer compras con anterioridad.
SC3	Turnos laborales	Emprender acciones para generar y conservar el bienestar del empleado.
SC4	Incumplimiento de subcontratistas	Selección apropiada de subcontratistas. Tener subcontratistas alternos, haciendo retención de % en los pagos. Pólizas de cumplimiento.

Riesgo No.	Nombre del Riesgo	POSIBLES MEDIDAS DE TRATAMIENTO
<b>1</b>	<b>FACTORES EXTERNOS</b>	
<b>1.5</b>	<b>Factores para el sector de la construcción</b>	
SC5	Diseños estructurales	Teniendo en cuenta en los diseños, los mas altos estandares en seguridad
SC6	Seguros	No Aplica
SC7	Competencia desleal	No Aplica
SC8	Disponibilidad de mano de obra	Para la mano de obra con experiencia, buscar en proyectos con características similares y con antelación hacer contacto y generar compromisos con los trabajadores. Para la mano de obra sin experiencia, capacitar al personal. Emprender acciones para generar y conservar el bienestar del empleado.
SC9	Sindicatos	Emprender acciones para generar y conservar el bienestar del empleado.
SC10	Adquisición de predios	Campañas de sensibilización y labor social previos con la comunidad que pueda verse afectada con el proyecto.

<b>1.6</b>	<b>Factores naturales</b>	
N1	Terremoto	Capacitación sobre procedimientos de como actuar en caso de sismo o terremoto. Entrenamiento brigadas de emergencia. Transferir a la aseguradora.
N2	Inundación	Capacitación sobre procedimientos de como actuar en caso de inundación. Entrenamiento brigadas de emergencia. Sistemas de drenaje. Disposición adecuada de materiales de construcción en botaderos autorizados. Transferir a la aseguradora.
N3	Tsunami	No aplica
N4	Vientos fuertes	Capacitación sobre procedimientos de como actuar en caso de vientos fuertes. Entrenamiento brigadas de emergencia.
N5	Condiciones admosféricas adversas	Sistemas de drenaje.

Riesgo No.	Nombre del Riesgo	POSIBLES MEDIDAS DE TRATAMIENTO
<b>2</b>	<b>RIESGOS INTERNOS</b>	
<b>2.1</b>	<b>Riesgos de un proyecto de construcción civil</b>	
CC1	Incumplimiento en el cronograma de ejecución	Realizar una programación de obra con holguras.
CC2	Importación de maquinaria	Revisión y estudio de proveedores, tener liquidez, flujo de caja. Proveedores alternos, póliza cumplimiento por parte del proveedor de la máquina.
CC3	Imprevistos en importaciones	Pólizas de transporte. Contratación con empresas especializadas.
CC4	Incumplimiento de pagos	Pólizas de cumplimiento con el dueño de la obra.
CC5	Fallas en los diseños	Realizar correcta inspección de los diseños. Notificar cambios de las condiciones iniciales a la mayor brevedad al ingeniero calculista.
CC6	Demoras en los diseños	Realizar correcta inspección de los diseños. Notificar cambios de las condiciones iniciales a la mayor brevedad al ingeniero calculista.
CC7	Hurto	Seguridad física de la obra con empresa privada. Control de ingreso de personal. Realizar inventarios periódicos. Transferencia a la aseguradora.
CC8	Daños, pérdidas en el almacén o patios	Adecuado almacenamiento de los materiales. Inventarios periódicos.
CC9	Vías de acceso	Programa de mantenimiento periódico de vías de acceso.
CC10	Transporte de los empleados	Dependiendo de la cantidad de empleados que utilizan el transporte público y las zonas de donde estos provengan, proponer a una empresa de transporte que genere una ruta específica para los empleados. Algo independiente al proyecto.
CC11	Derrame de combustible o materiales peligrosos	Entrenamiento de brigadas de emergencia. Inspeccionar el uso de los EPP. Instalación de lava ojos. Almacenamiento adecuado de combustibles y materiales peligrosos. Plan de emergencia. Transferencia a la aseguradora.
CC12	Falta de capacidad de almacenamiento	Disposición adecuada de los materiales. Programación adecuada de pedidos. Diseño de instalaciones preliminares.
CC13	Responsabilidad civil	Control de acceso de personal. Revisión de procesos constructivos. Actas de vecindad. Transferencia a la aseguradora.

Riesgo No.	Nombre del Riesgo	POSIBLES MEDIDAS DE TRATAMIENTO
<b>2</b>	<b>RIESGOS INTERNOS</b>	
<b>2.1</b>	<b>Riesgos de un proyecto de construcción civil</b>	
CC13	Responsabilidad civil	Control de acceso de personal. Revisión de procesos constructivos. Actas de vecindad. Transferencia a la aseguradora.
CC14	Pérdida de información	Nubes de información. Transferencia a la aseguradora.

<b>2.2</b>	<b>Riesgos en el proceso constructivo</b>	
PC1	Deslizamientos externos	Diseño de taludes.
PC2	Daños en el montaje de estructuras	Transferir a aseguradora. Selección adecuada de la empresa encargada del montaje.
PC3	Hallazgos arqueológicos	Tener plan de acción y contingencia para esta situación.
PC4	Sobre excavaciones	Supervisión del proceso excavación.
PC5	Impericia	Capacitación adecuada del personal. Transferencia a aseguradora.
PC6	Colapso estructural	Diseño de estructural. Seguimiento del proceso constructivo. Sistema de calidad de materiales.
PC7	Daños por voladuras	Seguir procedimiento para proceso de voladura. Inspeccionar el uso debido de los EPP.
PC8	Daños en maquinaria y equipos	Sistema de mantenimiento preventivo. Transferir riesgo a aseguradora.
PC9	Falta de respuestos de maquinaria	Sistema de mantenimiento preventivo.
PC10	Interrupción en el suministro de servicios	Tener plan de emergencia. Planta de energía. Tanque de almacenamiento de agua.
PC11	Acceso inadecuado para cuadrillas de rescate	Ubicación adecuada de maquinaria, equipos y materiales. Programa periodico de mantenimiento de las instalaciones locativas.
PC12	Uso de sustancias ilícitas por personal de la obra	Capacitación al personal sobre uso de sustancia ilícitas. Requisas al ingreso y campamentos.

Riesgo No.	Nombre del Riesgo	POSIBLES MEDIDAS DE TRATAMIENTO
<b>2</b>	<b>RIESGOS INTERNOS</b>	
<b>2.2</b>	<b>Riesgos en el proceso constructivo</b>	
PC13	Epidemias en el personal	Implementar programa de vigilancia epidemiológica.
PC14	Daños al equipo electrónico	Utilizar reguladores de energía para la conexión de estos equipos. Transferir a la aseguradora.
PC15	Emisión de ruido	Realizar exámenes periódicos. Implementar programa de vigilancia epidemiológica para conservación auditiva. Inspeccionar el uso debido de los EPP. Proceso disciplinario. Matenimiento preventivo de maquinaria pesada y equipos.
PC16	Estrés térmico	Realizar pausas activas al inicio del turno. Implementar un programa de hidratación. Instalación Sistemas extracción. Programa Mantenimiento periódico de sistemas de ventilación. Programa Mediciones de calor y velocidad de aire.
PC17	Iluminación deficiente	Dotación de led adaptable al casco o a las monogafas
PC18	Emisiones de material particulado y manipulación de sustancias químicas sólidas	Entrenamiento de brigadas de emergencia
PC19	Emisión o acumulación de gases y vapores	Entrenamiento de brigadas de emergencia. Instalar alarmas para la acumulación de gases.
PC20	Atrapado por o entre	Entrenamiento de brigadas de emergencia. Inspeccionar el uso debido de los EPP. Mantener las zonas de trabajo aseadas y ordenadas.
PC21	Golpeado por o contra	Entrenamiento de brigadas de emergencia. Inspeccionar el uso debido de los EPP.
PC22	Proyección de partículas	Entrenamiento de brigadas de emergencia. Inspeccionar el uso debido de los EPP.
PC23	Contacto con elementos cortopunzantes	Entrenamiento de brigadas de emergencia. Inspeccionar el uso debido de los EPP.

Riesgo No.	Nombre del Riesgo	POSIBLES MEDIDAS DE TRATAMIENTO
<b>2</b>	<b>RIESGOS INTERNOS</b>	
<b>2.2</b>	<b>Riesgos en el proceso constructivo</b>	
PC24	Caída de diferente nivel	Capacitación y certificación para trabajo en alturas, examen médico de aptitud para trabajo en alturas. Entrenamiento de brigadas de emergencia. Inspeccionar el uso debido de los EPP.
PC25	Caida al mismo nivel	Entrenamiento de brigadas de emergencia. Inspeccionar el uso debido de los EPP. Mantener las zonas de trabajo aseadas y ordenadas.
PC26	Incendio	Instalar extintores en los frentes de trabajo, entrenamiento a brigadas de emergencia, hacer simulacros de emergencias en los túneles, mantener al día pagos de seguridad social, red de agua dentro de los túneles, almacenamiento adecuado de sustancias inflamables, inspección de equipos de oxicorte, mantener vigente el extintor de la maquinaria, equipo básico de atención de emergencias. Transferir riesgo a la aseguradora.
PC27	Explosión	Entrenamiento de brigadas de emergencia. Procedimiento para voladuras subterráneas. Procedimiento en caso de explosión. Plan de Emergencia. Procedimiento y estándares de almacenamiento adecuado de explosivos en cajones, por separado y señalizados. Transferencia a la aseguradora.
PC28	Contacto con micro organismos	Controles en proceso de manipulación de alimentos: exámenes de laboratorio cada 3 meses, almacenamiento adecuado de alimentos para evitar contaminación cruzada, cumplimiento de normas de manipulación, lavado y asepsia de los utensilios, superficies y equipos, fumigación y desratización. Programa Inspecciones de seguridad orientadas a verificar estaciones de trabajo en buen estado de orden y aseo.
PC29	Contacto con macro organismos	Entrenamiento de brigadas de emergencia. Programa de búsqueda e identificación de nichos de animales venenosos y su posterior reubicación. Demarcación y señalización de especies arbóreas alergénicas. Inspeccionar el uso debido de los EPP.
PC30	Posturas	Programa riesgo ergonómico.
PC31	Individuales, problemas de los empleados	Capacitación en manejo de estrés. Actividades lúdicas.



Riesgo No.	Nombre del Riesgo	POSIBLES MEDIDAS DE TRATAMIENTO
<b>2</b>	<b>RIESGOS INTERNOS</b>	
<b>2.2</b>	<b>Riesgos en el proceso constructivo</b>	
PC32	Contacto electrico	Programa Elementos de protección personal (botas de seguridad dieléctricas, casco dieléctrico). Programa Inspecciones donde se verifican las condiciones de seguridad en instalaciones y sistemas eléctricos.
PC33	Aplicación de fuerza	Capacitación y sensibilización en levantamiento de Cargas. Programa de riesgo ergonómico.
PC34	Vibraciones	Exámenes medicos de ingreso, periodicos y de retiro Uso de elementos de proteccion personal. Mantenimientos preventivos y correctivos a maquinaria y equipos. Instalacion de cerramientos. Mediciones ambientales. Señalización y demarcacion.
PC35	Transito o accidentes vehiculares	Mantenimiento de vehículos, señalización reflectiva en la obra, personal de control de tráfico. Entrenamiento de brigadas de emergencia.
PC36	Descargas eléctricas atmosféricas	Pararrayos en los postes de energía, tableros eléctricos y subestaciones en buen estado, conexiones a tierra de los sistemas eléctricos.

## 7. CONCLUSIONES

Es necesario realizar actividades permanentes en torno a la gestión de riesgos, con el fin de crear procesos continuos y articulados e integrales que permitan ir fomentando una cultura de prevención. Siempre se debe buscar actualizar los sistemas de prevención de riesgos en periodos de tiempo prudente. Lo ideal sería retroalimentarse anualmente.

Los profundos cambios que ocurren hoy, su complejidad y la velocidad de ocurrencia, son las raíces de la incertidumbre y el riesgo que los proyectos confrontan. Debido a los innumerables cambios en las tecnologías, también se presentan cambios en los riesgos, ya que cada tipo de construcción tiene sus propios riesgos. Al implementar otros sistemas constructivos, de igual manera se deben considerar otros tipos de riesgos, como se vio en los sistemas de excavación de túneles. Por un lado en el sistema de perforación y voladura, se identificó un gran impacto a la afectación de las personas, ya que la mano de obra está directamente involucrada en la construcción del túnel. En el sistema de TBM o tuneladora, el riesgo es más por parte de los equipos, ya que todo el proceso es totalmente mecanizado.

Es importante en toda organización contar con una herramienta, que garantice la correcta evaluación de los riesgos a los cuales están sometidos los procesos y actividades de una entidad y por medio de procedimientos de control se pueda evaluar el desempeño de la misma.

En el proyecto ficticio implementado, se evaluaron 86 riesgos. Solo uno de ellos, dio como resultado inaceptables antes del tratamiento, 29 como importantes, 37 como aceptables, 11 como triviales y 8 no aplicaron.

Los proyectos de construcción de túneles con el método de perforación y voladura, son catalogados entre muchos como los más peligrosos de ejecutar, debido a que sus numerosas actividades contemplan muchos riesgos con probabilidad de ocurrencia frecuente y de severidad crítica o catastrófica. Debido a esto la implementación de administración de riesgos en estos proyectos es de mucha

utilidad, ya que ayudan a mantener un completo plan de manejo de estos acompañados de un riguroso seguimiento, con el cual se puede evitar catástrofes y disminuir no solo los daños económicos si no también las afectaciones a las personas.

Si bien es cierto que los proyectos de construcción son diferentes, y al iniciar un nuevo proyecto, se debe empezar desde cero. Con la administración de riesgos no pasa lo mismo. Esto es un proceso que se retroalimenta cada vez que termina un proyecto y empieza otro, ya que se cuenta con trabajo previo realizado, el cual servirá como base para el inicio de un nuevo.

Es posible que, al implementar la matriz de riesgos propuesta, no todos los riesgos descritos apliquen, es mas, puede que existan riesgos no mencionados. Pero esto hace parte del dinamismo de la administración de riesgos.

## BIBLIOGRAFÍA

MEJIA QUIJANO, Rubi Consuelo. Administración de riesgos: un enfoque empresarial. Medellín: Fondo Editorial Universidad EAFIT, 2006. 239 p.

MAPFRE SA. Gerencia de riesgos y seguros en la empresa. Madrid, España: Editorial MAPFRE, 1998. 466 p.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Gestión del riesgo. Bogotá: ICONTEC, 2004. 50p. (NTC 5254)

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. Risk Management. Principle and Guidelines on Implementation. Génova: ISO, 2009, 24p (ISO/IEC 31000:2009).

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Gestión del Riesgo: Principios y Directrices. Bogotá: ICONTEC. 2004. 46p. (NTC 31000:2011)

Colombia. Código de comercio. Decreto 410 de 1971. (Diario Oficial No. 33.339 del 16 de junio de 1971).

GALLEGO HENAO, Andrés Uriel. Anotaciones sobre la infraestructura de Antioquia. Medellín: Grupo Argos, 2003. 123 p.

MAPFRE. Diccionario MAPFRE de Seguros. [En línea]

<<http://www.mapfre.com/wdiccionario/general/diccionario-mapfre-seguros.shtml>>.

[Citado el 15 de Noviembre 2011]

Departamento Nacional de Planeación. Grupo de Comunicaciones y Relaciones Públicas Boletín 145 [En línea].

<<http://www.dnp.gov.co/LinkClick.aspx?fileticket=TWyIvtxUakQ%3D&tabid=1157>>.

[Citado el 25 de Noviembre de 2011]

REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. Definición de riesgo [En línea]

<[http://buscon.rae.es/drael/SrvltConsulta?TIPO\\_BUS=3&LEMA=riesgo](http://buscon.rae.es/drael/SrvltConsulta?TIPO_BUS=3&LEMA=riesgo)>. [Citado

el 15 de Noviembre de 2011]

Colombia, Secretaría del Senado, Decreto 410 de 1971, Artículo 1054 [On Line].

<[http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/codigo/codigo\\_comercio\\_pr\\_032.html#1054](http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/codigo/codigo_comercio_pr_032.html#1054)> [Citado el 15 de Noviembre de 2011]

UNIVERSIDAD DE GRANADA. Análisis y Evaluación de Riesgo de Túneles [En línea].

<<http://www.scielo.cl/pdf/ric/v22n2/art04.pdf>>. [Citado el 25 de noviembre de 2011]

ELCOLOMBIANO. Gobernador de Antioquia estudiará con el Gobierno cuestionamiento de la Procuraduría sobre Autopistas de la Montaña [En línea].

<[http://www.elcolombiano.com/BancoConocimiento/A/autopistas de la montana gobernador estudiara con el gobierno cuestionamiento de procuraduria/autopistas de la montana gobernador estudiara con el gobierno cuestionamiento de procuraduria.asp](http://www.elcolombiano.com/BancoConocimiento/A/autopistas_de_la_montana_gobernador_estudiara_con_el_gobierno_cuestionamiento_de_procuraduria/autopistas_de_la_montana_gobernador_estudiara_con_el_gobierno_cuestionamiento_de_procuraduria.asp)>. [Citado el 1 de Marzo de 2012]

COLPRENSA. Hidroituango, en pausa por líos entre contratistas. [En línea] <[http://www.elcolombiano.com/BancoConocimiento/H/hidroituango en pausa por lios entre contratistas/hidroituango en pausa por lios entre contratistas.asp](http://www.elcolombiano.com/BancoConocimiento/H/hidroituango_en_pausa_por_lios_entre_contratistas/hidroituango_en_pausa_por_lios_entre_contratistas.asp)>. [Citado el 7 de Marzo de 2012]