

## **ESTRUCTURA DE DESGLOSE DEL RIESGO (EDR): INTRODUCCIÓN DEL MODELO PARA EL FENÓMENO GEOTÉCNICO**

Fernando Rodríguez López<sup>(p)</sup>, Pavel Hruškovič

### **Abstract**

The Risk Breakdown Structure (RBS) introduced in the PMBOK Guide (PMI, 2004) and also proposed by Hillson (2002) is defined as a source-oriented grouping of project risks that organizes and defines the total risk exposure of the project and where each descending level represents an increasingly detailed definition of sources of risk to the project.

This new management tool supposes an enormous aid for all of the Risk Management processes in the project. RBS has the potential to transmit the information of the risk in the apt detail between all the levels of the management, to organize, to register and to correctly analyze the assets of the processes of the organization (company) as well as of the same project and also offers the possibility of the comparison of the previous projects that had already applied the RBS. All of this constitutes a one more step forward in the management and control of the project.

The article presents some examples of RBS for the construction projects and develops the breakdown of the geotechnical risk causes based of a gained knowledge. During the investigation the works and the experience based on the identification of risks and its sources in more hostile urban environments were used. The article also looks for the integration of the RBS to the Risk Management considering the activities of the project related to geotechnical questions from a point of view of the different players of the building construction project.

*Keywords: Risk Breakdown Structure (RBS), Geotechnical Engineering, Risk Management, Construction*

### **Resumen**

La Estructura de Desglose de Riesgos (EDR) introducida en la Guía de PMBOK (PMI, 2004) como RBS (Risk Breakdown Structure) y propuesta por Hillson (2002) se define como un agrupamiento de los riesgos del proyecto orientado a sus fuentes que organiza y define la exposición total del riesgo del proyecto y donde cada subnivel representa una definición cada vez más detallada de las fuentes del riesgo del mismo.

Esta nueva herramienta supone una ayuda enorme en todos los procesos de gestión de riesgo del proyecto. La EDR tiene el potencial de transmitir la información del riesgo en el detalle apto entre todos los niveles de gerencia y organización. La EDR también tiene el potencial de registro y análisis correcto de activos de los procesos del proyecto y ofrece la posibilidad de comparación de los proyectos anteriores en los cuales ya se hayan aplicado las EEDDRR. Todo esto constituye un paso hacia delante en la gestión y control del proyecto.

El artículo presenta algunas pautas de EEDRR para los proyectos de construcción y desarrolla la desagregación de causas del riesgo geotécnico partiendo del conocimiento obtenido. Durante la investigación se utilizaron los trabajos y la experiencia basada en la identificación de riesgos y sus fuentes en los ambientes urbanos más hostiles. El artículo busca la integración de la EDR en la gestión de riesgos teniendo en cuenta las actividades del proyecto relacionadas con cuestiones geotécnicas desde un punto de vista de los diferentes actores del mismo.

*Palabras clave: Estructura de Desglose de Riesgos (RBS), Geotecnia, Gestión de riesgos del proyecto, Edificación*

## 1. Introducción

En los proyectos de construcción existen cinco categorías generales de incertidumbre según identificaron Chapman y Ward (2003) y que son las siguientes:

1. Variabilidad asociada con las estimaciones
2. Incertidumbre sobre la base de las estimaciones
3. Incertidumbre sobre el diseño y logísticas
4. Incertidumbre sobre los objetivos y prioridades
5. Incertidumbre sobre las relaciones fundamentales entre los actores del proyecto

Entrando más al detalle podríamos hablar sobre diferentes factores del proyecto que influyen a la envergadura de la incertidumbre. Básicamente se suelen reconocer las incertidumbres en las condiciones del suelo, en las condiciones económicas, climatológicas, naturales, sociopolíticas, tecnológicas, etc. Muchos de estos factores no pueden ser minimizados o eliminados por los actores del proyecto y entonces sus comportamientos tienen que ser pronosticados. El peso de cada una de estas incertidumbres recae de manera diferente según el carácter y las peculiaridades del proyecto. Mucho depende del carácter de proyecto sea proyecto multinacional, en el extranjero, con tecnología innovadora, si es nuevo para la organización que lo lleve a cabo, etc. El factor de la condición de suelo en la incertidumbre del proyecto destaca en cualquier proyecto de construcción y también en proyectos de carácter tradicional. Este factor puede conducir a la ocurrencia de eventos negativos del riesgo que en general afectan gravemente a los objetivos principales del proyecto y sobre todo a la seguridad estructural del edificio. Por eso, es necesario introducir la gestión sistemática de riesgos geotécnicos para ayudar al gestor de proyecto a responder efectivamente y así resolver cualquier problema relacionado con el suelo. La gerencia de riesgos utiliza varias técnicas de identificación, análisis de riesgos e intenta aplicar tratamiento y el control efectivo a los mismos para ayudar al gestor del proyecto a cumplir sus objetivos. Para poder analizar y estimar el riesgo geotécnico hay que tener una vista clara sobre él mismo. En mundo de la construcción surgen todo tipo de riesgos. Básicamente se distingue entre el riesgo puro que solamente tiene el efecto negativo y el riesgo especulativo (financiero, económico) obviamente ligado con la posibilidad del beneficio. Para entender el riesgo geotécnico, conocer su comportamiento y las relaciones con otros riesgos hay que reconocer que se compone de tres elementos que son la causa, el evento, y el efecto del mismo (Figura 1). La utilización de estos tres componentes del riesgo en la gestión de riesgos geotécnicos es necesaria, sobre todo, para poder identificar y analizar los riesgos del sistema que tiene varios modos del fallo. Así los modos del fallo se identifican como los eventos del riesgo. Una buena referencia puede ser el estándar IEC 60812 que desarrolla la problemática sobre técnicas de análisis de la fiabilidad de los sistemas.



Figura 1: La vista clara al evento del riesgo = enfoque a la causa y efecto del mismo.

Un ejemplo gráfico para los riesgos geotécnicos definiendo el modo de fallo de una cimentación, excavación o talud como un evento del riesgo aparece en la Tabla 1. De allí podemos observar que un evento puede tener numerosas causas que pueden provocar su ocurrencia. El evento, si ocurriese, podría tener varios efectos sobre el sistema o sobre el proyecto entero contemplando las partes afectadas por el impacto. De esto podemos decir que en el marco del proyecto las causas pueden provenir de varias fuentes y los efectos pueden tener carácter monetario o de responsabilidad civil. Cada organización involucrada en el proyecto debe ser consciente de los efectos de los posibles eventos negativos. El deber del gestor del proyecto es cumplir los objetivos del proyecto e intentar obtener toda la información posible sobre los efectos que puedan perjudicar seriamente cualquier agente del proyecto y así evitar la posibilidad de que un participante del proyecto asuma una porción excesiva del riesgo. Las causas que pueden provocar un evento negativo relacionado en nuestro caso con problemas geotécnicos, tienen dos niveles. Uno es el nivel de las causas técnicas del sistema (causas del fallo) propuesto considerando también el ambiente natural. Otro es el nivel del proyecto donde por las causas operativas (del factor humano) también podría provocarse el mismo evento negativo. Causas operativas se pueden considerar como el subnivel de las causas técnicas del sistema. Errores humanos, carencias en la comunicación, incumplimiento de los requisitos a la calidad, influyen en la fiabilidad, en las prestaciones y en la seguridad final del sistema. Las causas en los proyectos de construcción provienen de numerosas fuentes que pueden ser contratos, diseño, construcción, localización, fuerza mayor, etc. Por lo tanto desde hace mucho tiempo existe una necesidad de la categorización y posteriormente la necesidad de jerarquizar las causas de los riesgos por las fuentes de las mismas para luego poder aplicar el tratamiento y el control efectivo. La nueva herramienta llamada Estructura de Desglose del Riesgo (EDR), basada en el principio sucesivo, ya establecido en el estándar PMBoK (2004) puede tener una importancia muy grande en los procesos de la gerencia de los riesgos y también de las oportunidades. En el siguiente capítulo hablamos sobre las posibilidades de su uso y finalmente la introducimos a los procesos de la gestión del riesgo geotécnico.

Causa del riesgo	Evento del riesgo	Efecto del riesgo
Mala estimación de las características del suelo	<i>Asentamiento del edificio inadmisibles</i>	Colapso total o parcial del terreno y/o fallo estructural de la cimentación
Sobrecarga no considerada en el diseño		Impacto a los objetivos del proyecto (coste, plazo, calidad, prestaciones)
etcétera		etcétera

Tabla 1: Ejemplo que demuestra algunas de posibles fuentes y efectos del evento (modo de fallo) de riesgo. La distinción entre las tres modalidades es necesaria para el tratamiento idóneo del riesgo identificado.

## **2. Estructura de Desglose de Riesgos (EDR): Herramienta practica para la gestión de riesgos**

La Estructura de Desglose de Riesgos (EDR) introducida en la Guía de PMBOK (PMI, 2004) como RBS (Risk Breakdown Structure) y propuesta por Hillson (2002) se define como un agrupamiento de los riesgos del proyecto orientado a sus fuentes que organiza y define la exposición total del riesgo del proyecto y donde cada subnivel representa una definición cada vez más detallada de las fuentes del riesgo. Esta definición de la EDR tal como la propuso Hillson (2002) proviene de la definición de la Estructura del Desglose de Trabajo (EDT). Entonces podríamos aproximar funciones básicas de la EDR con el llamado principio sucesivo en el que se basa la EDT. El principio sucesivo de la EDT nos enseña que entrando más al detalle de las tareas o actividades del proyecto podemos hacer una mejor estimación de los recursos (financieros, tecnológicos, humanos) necesarios o la mejor estimación de los plazos de las mismas. En palabras del riesgo recordando al principio sucesivo cada nivel más detallado sobre las fuentes del riesgo representaría una mejor estimación de la probabilidad y efecto (impacto) del riesgo respetando el concepto causa – evento – efecto del mismo. Hillson (2002) reconoce las posibilidades de la EDR en la gestión de los riesgos del proyecto que son las siguientes:

1. Ayuda en la identificación de los riesgos
2. Estimación del valor de los riesgos
3. Comparación de los proyectos
4. Divulgación de la información sobre el riesgo del proyecto
5. Lecciones aprendidas para futuros proyectos

La categorización de los riesgos mediante una EDR proporciona según Hillson (2002) varios puntos de vista adicionales al riesgo que no podrían ser disponibles de simples listados de riesgo aunque fueran priorizados. Estos incluyen:

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

Existen varias pautas de las EEDDRR para distintos proyectos que pueden ser útiles desde proyecto de desarrollo de un nuevo software, hasta las genéricas utilizables para cualquier proyecto. Las EEDDRR para los proyectos de ingeniería civil suelen ser más complejas porque éstos están generalmente plagados de riesgos provenientes de varias fuentes. Existen muchas categorizaciones de los riesgos del proyecto en la literatura contemporánea. Un primer intento de la desagregación de los riesgos del proyecto de construcción por sus fuentes aparece en el libro de Rafael de Heredia (1998) y también otro trabajo interesante de Klemetti (2006) contiene muchos tipos de las categorizaciones de riesgos que podrían servir como unas pautas para crear los primeros niveles de las EEDDRR genéricas ajustadas a las necesidades de cada organización. Se hicieron dos trabajos importantes para el área de proyectos de construcción. Uno es un trabajo de Tah et al. (2000) que utiliza la EDR (Figura 2) para llevar a cabo la gestión de riesgos durante el ciclo de vida del proyecto. El primer nivel de la desagregación de esta EDR aduce el riesgo interno del proyecto que se considera ser más controlable y manejable que el riesgo

externo donde su posible frecuencia de ocurrencia y el efecto son casi imposibles de controlar. Esto permite separar a los riesgos entre los que son relacionados con la gestión de los recursos internos y aquellos que predominan en el ambiente externo. Riesgos del ambiente externo se tienen que pronosticar continuamente una vez identificados. Riesgos internos son más controlables y varían entre los proyectos. Riesgos locales se relacionan con los paquetes individuales de la obra mientras que los globales no pueden ser relacionados con ningún paquete de obra en particular. Los autores de la estructura establecieron el llamado factor del riesgo que es un factor disparador del riesgo. De ahí que cada riesgo pueda tener varios factores.

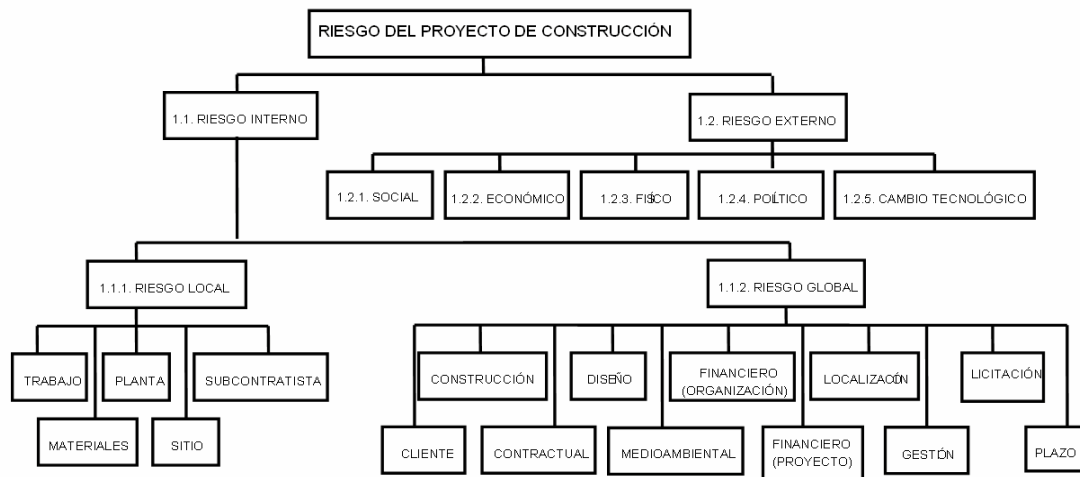


Figura 2: EDR genérica para el proyecto de construcción introducida por Tah et al. (2000)

Otro trabajo basado sobre la EDR (Figura 3) genérica es la tesis de Arican (2005). Trabajo de investigación que analizó las carencias de todos los sistemas de soporte de la gerencia de riesgos existentes hasta la fecha. Los autores intentaron crear un sistema fácil de manejar considerando sólo los riesgos operacionales que provienen de los paquetes de obras del proyecto. Parten de la premisa de que cada paquete unitario de la obra conlleva un peso del riesgo local diferente. El proceso se basa bajo el principio de la separación del proyecto entre los paquetes de obra y asigna los riesgos entre paquetes específicos. Esto permite definir la relación entre EDR y EDT y soporta la integración de la gerencia de riesgos con la función de la estimación de costes. Se estima el valor del riesgo global igual para el proyecto entero y se recomienda incrementar el coste del proyecto considerando este riesgo por el porcentaje predefinido estimado mediante el análisis Monte Carlo. Ambos sistemas comentados no aprovechan todas las posibilidades de la EDR mencionadas anteriormente. Sobre todo no consideran las relaciones entre varios eventos de los riesgos y sus posibles efectos que también puedan producir o ser una causa de otro evento del riesgo. No consideran el hecho de que una causa puede inducir a varios eventos del riesgo y así conociendo las fuentes del riesgo no actúan sobre las fuentes de alta exposición y tampoco permiten desarrollar respuestas genéricas frente a las causas dependientes.

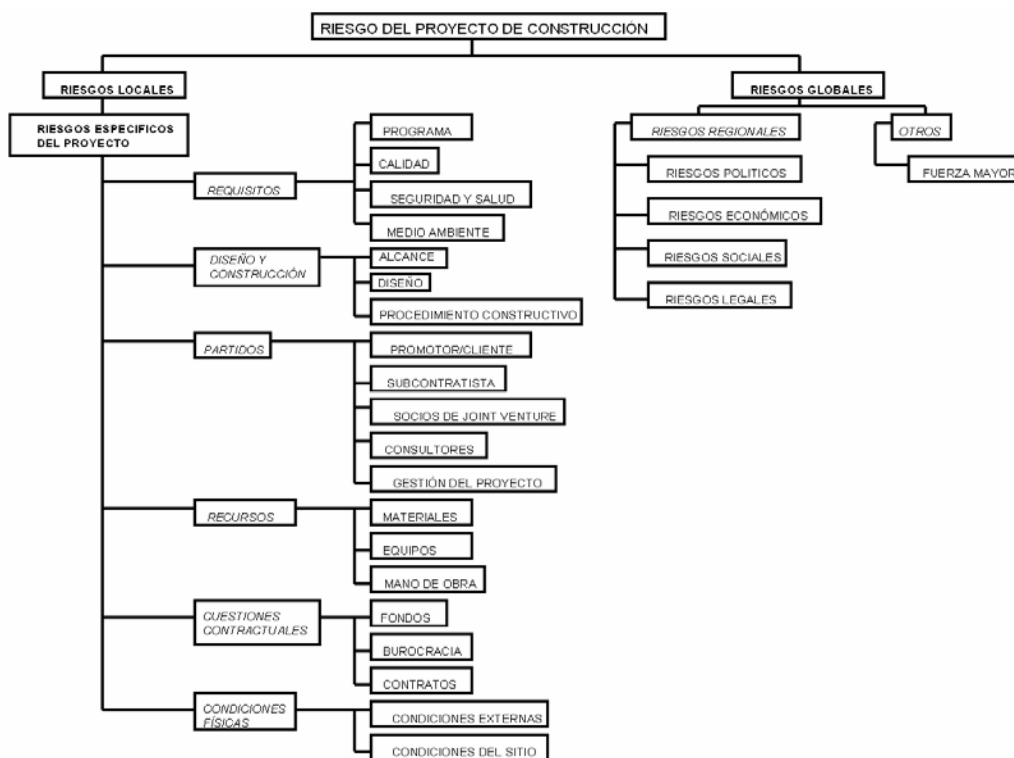


Figura 3: EDR genérica para el proyecto de construcción según Arican (2005)

### 3. Creación de la EDR: Desarrollo de las fuentes de los riesgos del origen geotécnico

Como hemos comentado en la introducción de nuestro artículo, la incertidumbre en las condiciones del suelo está presente durante todo el ciclo de vida de la construcción. Además las características del suelo se cambian con el paso del tiempo por los cambios naturales o por la intervención humana. C. R. I. Clayton (2001) comentó, para justificar la necesidad de introducir las técnicas de gerencia de los riesgos geotécnicos, que a pesar de los avances tecnológicos en ciencias sobre el suelo, el diseño geotécnico nunca será lo mismo como, por ejemplo, el diseño estructural. Propiedades del suelo y el nivel freático bajo el sitio de la construcción son predeterminados y, por lo tanto, mayoritariamente fuera de nuestro control. Las condiciones del suelo y los cambios del nivel freático pueden ser muy variables. Finalmente hay que tener en cuenta que la excavación y la construcción de la cimentación se llevan a cabo normalmente al comienzo del proyecto y así los retrasos en esta fase afectan a las fases consecutivas del mismo.

Tal como se ha definido la EDR en el capítulo previo, ha sido nuestro intento crear una EDR para la gestión de los riesgos geotécnicos y ayudar, facilitar y mejorar los procesos de la misma teniendo en cuenta la enorme variedad de las fuentes, causas y factores que influyen en el valor del riesgo. Para poder trabajar con la EDR correctamente establecimos el listado de eventos negativos del riesgo geotécnico. El listado (Tabla 2) consiste de tres elementos básicos que giran en torno a la geotecnia y son:

1. Los eventos negativos relacionados con los posibles modos de fallo de distintos tipos de cimentación identificados mediante el Código Técnico de Edificación (CTE)

2. Los eventos negativos relacionados con posibles modos de fallo de la excavación identificados mediante el CTE
3. Los eventos negativos relacionados con los posibles modos de fallo de taludes alrededor de la obra (desprendimientos, deslizamientos, flujos, caídas) identificados mediante la documentación científica disponible

Los efectos de estos eventos se dividen en dos considerando los efectos primarios hacia la estructura (sistema) y el efecto final relacionado con el proyecto y su entorno. Mejorar a la fiabilidad de la construcción ayuda a prevenir estos eventos negativos del riesgo geotécnico. La identificación de los efectos posibles es necesaria y sólo se puede hacer durante el proyecto real porque cada proyecto de construcción es diferente. El efecto del riesgo es, en muchas ocasiones el desencadenante del otro evento del riesgo. Las relaciones entre los riesgos dependientes han de ser identificadas. El efecto depende mucho de la estimación del coste del riesgo que es un deber del gestor del riesgo durante la fase de análisis en el proceso de la gestión de los riesgos.

Evento del riesgo geotécnico	Posible efecto final relacionado con el proyecto y su entorno	Posible efecto primario relacionado con la estructura	Tipo de cimentación			
			Zapatillas/ Losas/Pozos	Pilotes	Pantallas de contención	Muros de contención
<i>Deslizamiento</i>	Impacto a los objetivos del proyecto (coste, plazo, calidad, prestaciones), Impacto a los terceros, Daños personales, Daños materiales, Daños medioambientales, Daños financieros y económicos, Repercusión social (disputas, protestas), etc.	Colapso total o parcial del terreno y/o fallo estructural de la cimentación	✓	✗	✓	✓
<i>Inestabilidad del fondo de la excavación (Deslizamiento o profundo)</i>			✗	✗	✓	✓
<i>Giro inadmisibles de la estructura</i>	Impacto a los objetivos del proyecto (coste, plazo, calidad, prestaciones), Impacto a los terceros, Daños personales, Daños materiales, Daños medioambientales, Daños financieros y económicos, Repercusión social (disputas, protestas), etc.	Apariencia mala de la obra, pérdida de confort de los usuarios, o pérdida de funcionamiento de equipos e instalaciones, producción de figuraciones, agrietamientos y otros daños	✓	✗	✓	✓

Tabla 2: Muestra del listado de los eventos del riesgo geotécnico que contempla un tipo de cimentación para admitir o rechazar posibles eventos del riesgo cuando se identifican las causas de estos.

Una vez obtenido los eventos del riesgo geotécnico se establecieron las causas del mismo. Identificar todas las causas que pudieran provocar estos eventos durante todo el ciclo de vida del proyecto conllevaría un trabajo muy ambicioso. Para ubicarnos mejor al ambiente tan complejo hemos optado por establecer la llamada EDR geotécnica (Figura 4) que consiste en dos fuentes principales de las causas de los riesgos geotécnicos que son las causas técnicas (del sistema) y las causas contribuidas (operativas). Para asegurarse de la fiabilidad del sistema el gerente del proyecto tiene que ser consciente de la fiabilidad técnica (teórica) y la fiabilidad real del sistema contemplando las causas operativas (del factor humano) que contribuyen en el nivel de la misma. La EDR reconoce las causas externas y las internas al proyecto. Las causas externas del riesgo son las que son menos controlables sobre todo en cuando se trata de su frecuencia de ocurrencia.

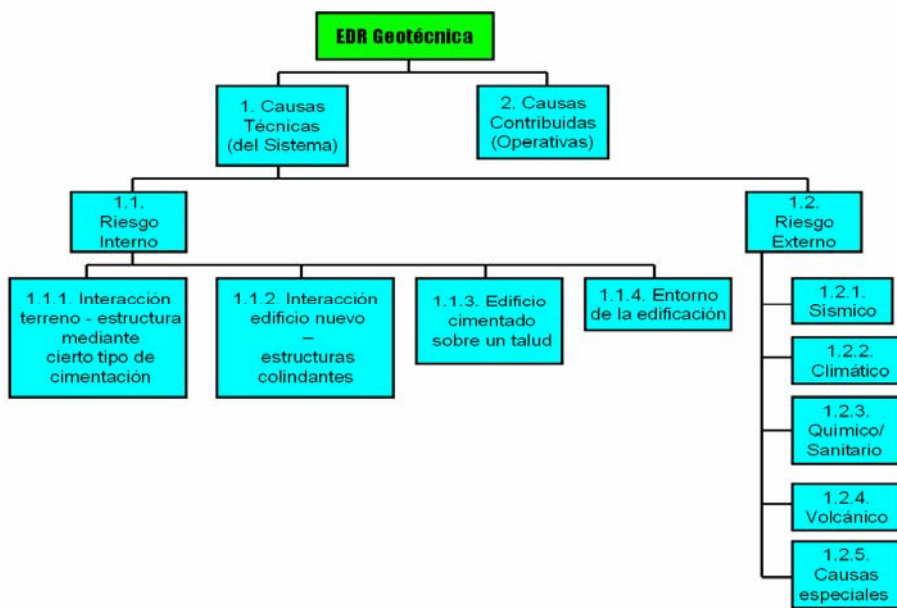


Figura 4: EDR propuesta para la gestión de riesgos geotécnicos

Las cuatro fuentes principales de las causas internas del sistema de la edificación (cimentación, excavación, estabilización de los taludes) mostradas en forma gráfica en figura 5 son las siguientes:

1. Entorno de la edificación/proyecto
2. Interacción terreno - estructura mediante un cierto tipo de la cimentación.
3. Interacción edificio nuevo – estructuras colindantes
4. Edificio cimentado sobre un talud

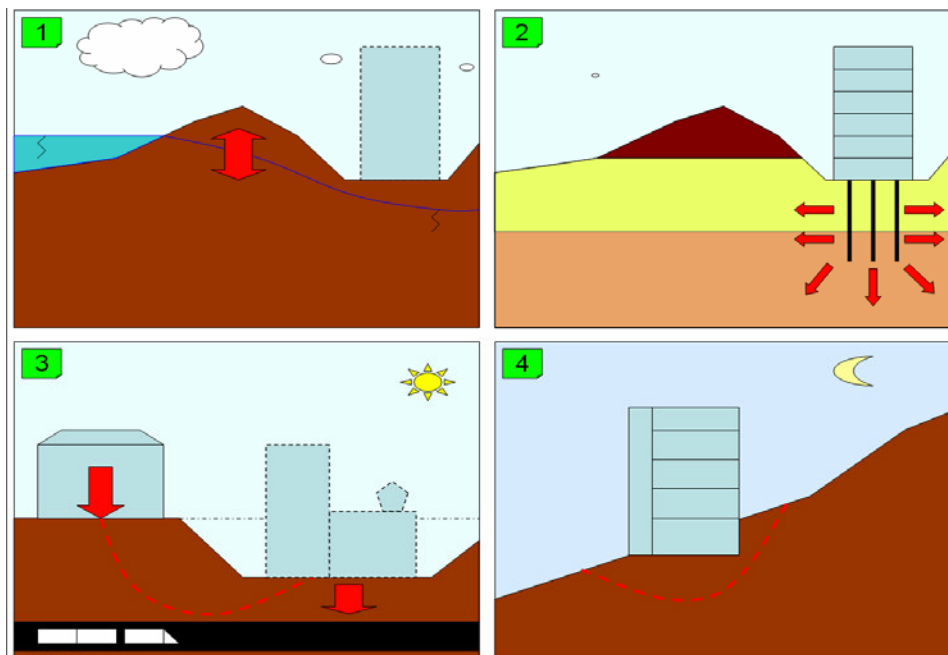


Figura 5: Cuatro fuentes principales de las causas técnicas (del sistema) de los riesgos geotécnicos



Las cuatro fuentes principales se definieron durante los trabajos de identificación de los riesgos geotécnicos para Ciudad de México (Distrito Federal, México). El trabajo se hizo en colaboración con la empresa CPV-OCT España. Las condiciones del suelo del Distrito Federal en la mayoría de las áreas son consideradas muy difíciles para cualquier tipo y forma de edificación. Para poder identificar a los riesgos geotécnicos se utilizaron las técnicas de recopilación y estudio de los datos existentes (códigos técnicos, documentación científica, mapas geotécnicos y geológicos, tipos de cimentaciones aplicadas, recomendaciones sobre el tipo cimentación, etc.) se hicieron entrevistas y al final se entregó el informe final a los expertos para juzgar, revisar, y finalmente modificarlo. Como previamente no existía ninguna pauta de la EDR geotécnica el informe final de este trabajo sirvió como una base de entrada para EDR geotécnica en su parte de las causas técnicas del sistema. En el nivel del proyecto reconocemos también factores operativos que influyen en la fiabilidad del sistema cuando se lleva a cabo el mismo. Nosotros las llamamos causas contribuidas en posibles eventos del riesgo. Los resultados de proyecto planteados teórica y previamente son siempre diferentes, pueden ser mejores o peores, y por eso es necesario contar con estas causas operativas que pueden aumentar la posibilidad de un fallo y/o el incumplimiento de los objetivos. D. C. Moorhouse (1994) las definió en su artículo sobre identificación de los fallos operativos en proporcionar los servicios de consultas geotécnicas y medioambientales. Las definió como los actos de los individuos que contribuyen al fallo. En el estudio que hizo analizando unos 37 casos geotécnicos destacó que las principales causas contribuidas al fallo fueron por orden de la frecuencia las siguientes:

1. Recomendaciones geotécnicas no seguidas por el cliente o contratista (43% de todos los casos)
2. Falta del conocimiento sobre los riesgos (41 % de todos los casos)
3. Errores técnicas u omisiones (35% de todos los casos)

D. C. Moorhouse recuerda que no es una sorpresa de que sean mayoritariamente los participantes principales (gestor del proyecto, promotor, equipos técnicos) cuyos actos resultan en una causa contribuida del fallo. EDR geotécnica considera estas causas que generalmente en el proyecto de construcción pueden ser divididas en cuatro áreas mostradas en la Figura 6. El solape de las áreas o más bien fuentes quiere insinuar que las causas operativas de una fuente pueden influir en las apariencias de las causas operativas de otras fuentes del mismo evento del riesgo. Un ejemplo puede ser el promotor que no seguía las recomendaciones del informe geotécnico (fuente - gestión) y consecutivamente se relaciona con el error conceptual del diseño (fuente - diseño). Otro ejemplo podría ser un error en la estimación de las características mecánicas del suelo (fuente - diseño) que resultaría en el procedimiento constructivo inadecuado (fuente - construcción).

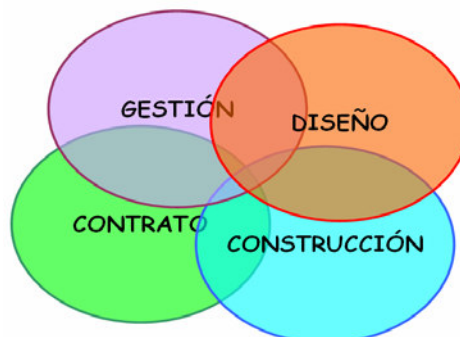


Figura 6: Cuatro fuentes principales de las causas operativas (causas contribuidas) de los riesgos geotécnicos

Hoy en día existe bastante documentación sobre este tema que puede servir como entrada a esta parte de EDR geotécnica. Es conveniente el uso de varias técnicas de identificación como es la técnica Delphi o las encuestas y entrevistas con los participantes del proyecto en identificar estas causas. El objetivo principal de la EDR geotécnica es la construcción de la relación causa – evento – efecto (Tabla 1) que define claramente el riesgo geotécnico del proyecto. El objetivo secundario es la facilitación de la construcción de las dependencias entre los riesgos con sus causas y sus efectos. Esta relación permite al gestor del riesgo analizar las causas y junto con EDR geotécnica real del proyecto poder actuar sobre las causas que tienen el peso más significativo en los fallos del sistema. Generalmente se aplica la llamada Ley de Pareto que dice que en el 20% de las causas se hallan el 80% de los fallos del sistema.

#### **4. Aplicación de la EDR geotécnica en gestión de riesgos y en el control de proyecto**

Existen muchos procedimientos estandarizados de la gestión de riesgos. La gestión de riesgos (GR) no es nada nuevo en el mundo de construcción y los estándares como PRAM (Project Risk and Analysis Management) o RAMP (Risk Analysis and Management for Projects Methodology) sirven en términos genéricos para ajustar el proceso de la (GR) con el ciclo de vida del proyecto de construcción considerando todos los participantes del mismo. Todas las metodologías de la GR tensionan la necesidad de la identificación de las fuentes del riesgo (Arikan, 2005). El proceso de la GR generalmente consiste, sin considerar el marco del proyecto, de la identificación, clasificación, análisis (cualitativo, cuantitativo), y del tratamiento de los riesgos. Una referencia buena que es aplicable para cualquier tipo del proyecto es el estándar de la gestión del proyecto el PMBoK 2004 (Capítulo 11, Gestión de Riesgos del Proyecto). El proceso de la GR es un proceso iterativo, muchas veces tiene un carácter repetitivo, y por lo tanto es difícil de generalizarlo para todos los tipos de los proyectos. Muchas veces durante la GR aparecen solapes entre los procesos de la misma porque el control indica los cambios o modificaciones necesarias, porque en cada paquete de la obra aparecen otros conjuntos o agrupamientos de los riesgos que se tengan que analizar, etc. Nosotros para no complicar demasiado el tema presentamos el proceso de la GR geotécnicos (Figura 7) sin considerar el ciclo de vida del proyecto de construcción. Crear una metodología para GR geotécnicos en proyecto forma una parte de nuestra futura investigación. En los pasos sucesivos del proceso aparece nuestra EDR geotécnica que cumple con las expectativas proporcionadas por Hillson (2002) y con las necesidades de análisis de fiabilidad de los sistemas proporcionadas por los estándares de análisis del fallo IEC 600812, IEC 60300-3-1. Las recomendaciones en Figura 8 aparecen en los rectángulos que pertenecen a cada paso de la GR. La magnitud y la complejidad de las tareas tan como la utilización de las herramientas mencionadas dependen de la magnitud y complejidad del proyecto. El ejemplo nuestro no quiere proponer pauta ninguna y acentúa a la libertad de la decisión en el que formato aplicar la GR respetando los pasos básicos del proceso. Es un deber del responsable de la GR plantear la GR geotécnicos teniendo en cuenta las necesidades y los requisitos del proyecto. La máxima efectividad del sistema de GR geotécnicos es su aplicación en las fases previas a la fase de construcción. La fase conceptual del proyecto, el planteamiento de las alternativas, y la colaboración con el equipo de diseño son las fases en donde los resultados del sistema de GR geotécnicos se aprecian más.

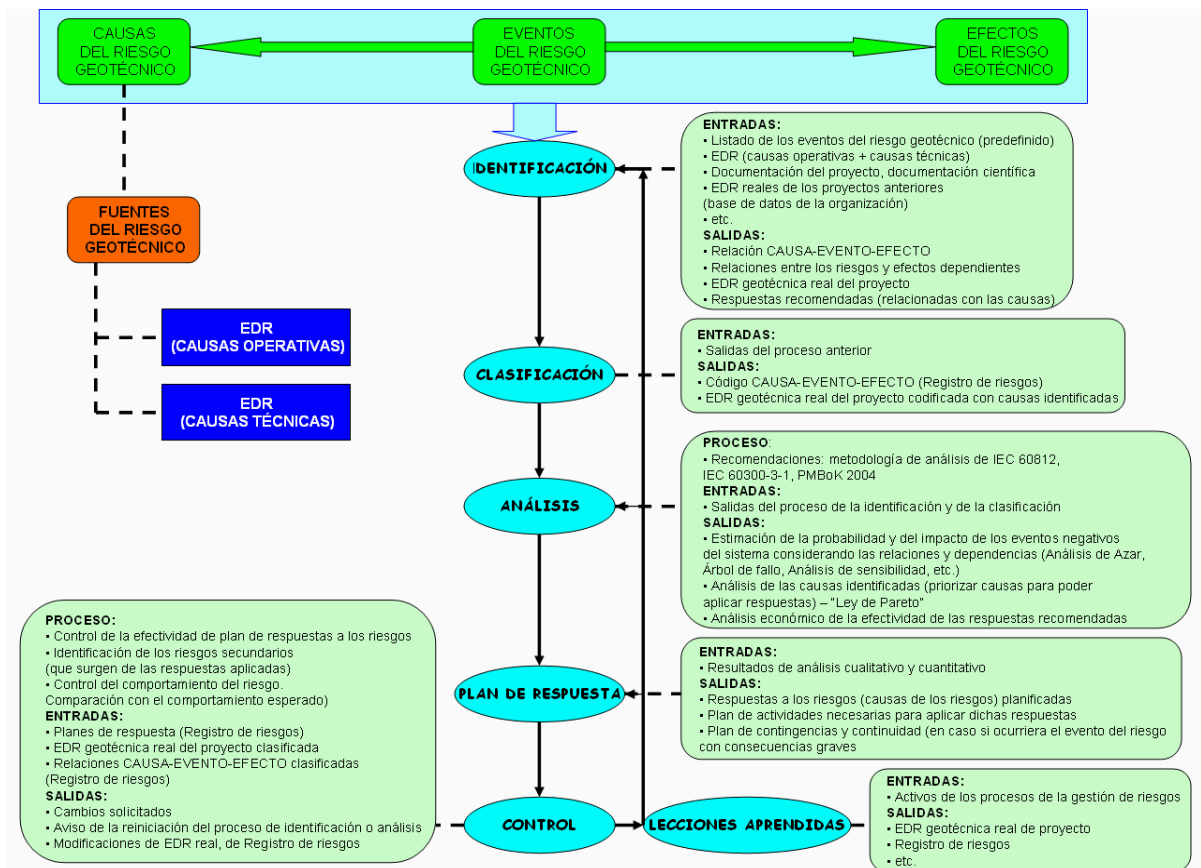


Figura 7: Integración de la EDR a la gestión de riesgos geotécnicos con las recomendaciones propuestas para cada una de sus fases.

## 5. Conclusiones

Nuestra continua colaboración con la empresa de prevención de los riesgos técnicos podría refinar el sistema propuesto. Los futuros trabajos de nuestra investigación se concentrarán en el desarrollo e investigación de las causas técnicas (sistema) y las causas consecutivas de la EDR propuesta. Análisis de los fallos ocurridos en las obras, cuestionarios y entrevistas a los expertos, casos prácticos de las pruebas del sistema propuesto, modelación del proceso de GR y la EDR geotécnica para el ciclo de vida de proyecto serían otros deberes para mejorar el campo de la GR geotécnicos. La identificación, clasificación y análisis de las causas de los riesgos geotécnicos mediante la EDR geotécnica es apto para definir, analizar y tratar a los problemas geotécnicos que aparezcan durante ciclo de vida del proyecto. Cada vez más surge la necesidad de optimizar los costes, plazos y los recursos invertidos en los proyectos de construcción. Prevenir los eventos negativos y consecutivamente los impactos indeseables, conocer a los posibles riesgos han de ser los deberes primordiales de todos los agentes principales del proyecto.

## Referencias

- Arikan, A. E. (2005), "Development of a Decision Support System for International Construction Projects", Tesis, Graduate School of Natural and Applied Sciences of Middle East Technical University
- Clayton, C. R. I. (2000), "Managing Geotechnical Risk: Time for Change?", Proceedings of ICE, Geotechnical Engineering 149, January 2001 Issue 1, pp.3-11, paper 12399
- Flanagan, R., Norman, G. (1993), "Risk Management and Construction", Oxford Blackwell Scientific Publications
- Heredia, R. (1998), "Dirección Integrada de Proyecto", Tercera edición, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, Universidad Politécnica de Madrid, 1998
- Hillson, D. (2002), "Use a Risk Breakdown Structure (RBS) to Understand Your Risks", Proceedings of the Project Management Institute Annual Seminars & Symposium, October 3-10, San Antonio, Texas, USA
- Klemetti, A. (2006), "Risk Management in Construction Project Networks", Helsinki University of Technology, Laboratory of Industrial Management, Febrero 2006
- Moorhouse, D. C. (1994), "Identifying Causes of Failure in Providing Geotechnical and Environmental Consulting Services", Journal of Management in Engineering
- Tah, J. H. M., Carr, V. (2001), "Knowledge Based Approach to Construction Project Risk Management", Journal of Computing in Civil Engineering, July 2001, pp. 170-177
- Trenter, N. (2003), "Understanding and Containing Geotechnical Risk", Proceedings of ICE, Civil Engineering 156, February 2003, pp. 42-48, paper 12706
- Código Técnico de Edificación (CTE), Parte 2, Documento básico, Seguridad Estructural Cimientos (SE-C), Marzo 2006, Ministerio de Vivienda

## Agradecimientos

Los autores agradecen a los profesionales de la empresa CPV, (Control Prevención Verificación) por sus consejos y ayudas y a los profesores de la E.T.S.I. Caminos, Canales, Puertos que siguen colaborando en nuestras investigaciones y siempre están disponibles a ayudarnos resolver nuestras dudas.

## Correspondencia (para más información contacte con):

Pavel Hruškovič, E.T.S.I. Caminos, Canales, Puertos, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad Politécnica Madrid, Ciudad Universitaria, S/N, 28040 Madrid, España

Teléfono: (+34) 91 336 6802 Fax: (+34) 91 336 6803

Correo: [pavelhache@yahoo.es](mailto:pavelhache@yahoo.es)