

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE
CAMINOS, CANALES Y PUERTOS



MÉTODO PARA IDENTIFICAR CAUSAS DE
PROBLEMAS TÉCNICOS DE PROYECTO
GEOTÉCNICO

TESIS DOCTORAL

Pavel Hruškovič
Ingeniero Civil

Madrid 2011

Tesis doctoral

Universidad Politécnica de Madrid

Madrid, 2011

Pavel Hruškovič
Ingeniero Civil
ISBN -

Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos
Departamento de Ingeniería Civil: Construcción

Universidad Politécnica de Madrid
Profesor Aranguren s/n
Madrid 28040

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL: CONSTRUCCIÓN

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS**



TESIS DOCTORAL

**MÉTODO PARA IDENTIFICAR CAUSAS DE
PROBLEMAS TÉCNICOS DE PROYECTO
GEOTÉCNICO**

Autor

Pavel Hruškovič
Ingeniero Civil
Por la STU

Director

Prof. Fernando Rodríguez López
Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Por la UPM

Madrid 2011



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS
Departamento de Ingeniería Civil: Construcción

Tribunal nombrado por el Magnífico y Excelentísimo Sr. Rector de la
Universidad Politécnica de Madrid el día de de 2011.

Presidente D.
Vocal D.
Vocal D.
Vocal D.
Secretario D.

Realizado el acto de defensa y lectura de la Tesis el día de
de 2011 en la E.T.S.I. de Caminos, Canales y Puertos.

EL PRESIDENTE

EL SECRETARIO

LOS VOCALES

MOJIM RODIČOM: PAVLOVI A JULII

A MIS PADRES: PAVEL Y JULIA

AGRADECIMIENTOS

Han pasado seis años desde cuando he decidido iniciar el camino de estudios de doctorado. En esta ocasión, me gustaría aprovechar para dar los agradecimientos a toda la gente que me habéis ayudado e influenciado en este trabajo, y también a toda la gente con la que he podido compartir mis experiencias, mis ideas y sueños, mis opiniones y actitudes, mis ratos libres. Debo reconocer que no siempre ha sido fácil pero que al final suponía un renacimiento de mí mismo, y apertura de nuevas dimensiones en todos los campos de mi vida.

No hubiese podido ser así, sin el apoyo y amor incondicional de mis padres y del resto de mi familia que en estos años estuvieron detrás de mí en todos los momentos importantes. Siempre confiaban en mis decisiones a pesar de no conocer bien lo que era la parte técnica de mi trabajo. Nunca se me olvida su apoyo al principio y al final de mis estudios de doctorado que han sido las etapas más difíciles y en las que he tenido que apartarme de lo cotidiano prescindiendo de los seres más queridos y tener que resolver situaciones, muchas veces, críticas. *Ďakujem Vám za Vašu obrovskú pomoc a neustálujúcu podporu, moji najbližší!*

Cuando hace seis años fui invitado por Fernando, mi director de tesis, a España para iniciar los estudios de doctorado, no sabía decir nada en castellano, era recién licenciado de la universidad, con una visión muy nebulosa de lo que era, y de lo que quería ser. Por lo tanto, me gustaría expresar mi absoluta gratitud a mi director de tesis, por abrirme la puerta a un mundo tan grande y tan bello que es el de la investigación y enseñanza, y prepararme para mi futuro desarrollo. Gracias Viera, por compartir conmigo tu experiencia valiosa que me ha servido para integrarme más rápidamente a un ambiente nuevo. Mi previa afición por España, mis ganas infinitas por descubrir mundos nuevos, y por probar algo diferente, han sido las que finalmente contribuyeron para que yo tomara la decisión firme de meterme a los estudios de doctorado, y aunque había momentos en los que pensaba dejarlo, continuar hasta el final.

La mayor aportación de este trabajo para mí, no han sido los resultados en si sino lo de estar rodeado de gente que tanto valoro, de los que aprendí, y que muchos de ellos se han convertido en amigos de toda la vida. Es también gracias a vosotros que este trabajo ha tomado la presente forma final. Gracias a la multiculturalidad del mundo investigador, y el también al gran poder de la bella ciudad de Madrid, he tenido la oportunidad de conocer gente de todo el mundo, y eso me agrada enormemente. Gracias por las horas de trabajo compartidas con los mejores; Fernando “el mexicano”, Gonzalo, Marcelo, Sandra, César, Cristina y Roberto, y con siempre disponibles y amables secretarios Vicente, Marisa e Isabel.

Mis agradecimientos más sinceros van también a los que han colaborado directa o indirectamente en el desarrollo de todos mis trabajos de investigación. En total, han sido más que sesenta personas que han contribuido directamente a que este trabajo se acabara. Aprovecho para agradecer a Conchita, la jefa de nuestra biblioteca, a los profesores de proyecto fin de carrera, sobre todo a Santiago Ortega Espinosa y a José Luis Montull de Córdoba por su apoyo técnico, el cuerpo docente del departamento de ingeniería y morfología del terreno de la ETSI Caminos, Canales y Puertos de la UPM, especialmente a su secretario D. José María Herrera Martínez, la gran ayuda presentada por Moisés Rubín de Celix Caballero del Ministerio de Medioambiente. Gracias a la participación activa del cuerpo docente del departamento de geotecnia de la facultad de ingeniería civil de la STU Bratislava por la que he podido realizar un trabajo de

investigación hecho en colaboración a nivel europeo. Esto se ha podido hacer solo gracias a la enorme ayuda y coordinación de los profesores Luboš Hruštinec y Jozef Kuzma. Igualmente, debo destacar la colaboración con el Grupo de investigación GESPLAN de la UPM que han participado activamente en el desarrollo de esta tesis. Gracias a los organizadores de las conferencias de CEPMAW de la Escuela de Industriales de Valladolid, los congresos de ingeniería de proyectos de la AEIPRO (España) y de la RIIPRO (América Latina). En Eslovaquia, mis agradecimientos más sinceros a los organizadores de las conferencias de ingeniería del terreno, el GÚDŠ Bratislava y el Departamento de Geotecnia de la STU Svf Bratislava, por promocionar mis trabajos ubicados en algún lugar entre la ciencia nueva de la gerencia de riesgos de construcción y las ciencias tradicionales de la ingeniería de geotecnia.

Las fiestas multiculturales organizadas por Irene y Damon, Juan Ignacio y su dedicado club de montañeros, Juan Ramón y su excelente taller del arte y diseño, no se me olvida nunca el enorme apoyo del resto de mis amigos más cercanos de aquí; Iván, Inés, Juan José, Jeremy, Safwat, Evelyn, Celldy, Beatriz,... Durante los últimos años, gracias a todas esas personas, he tenido oportunidad de conocer diferentes culturas y eso, creo, me ha permitido valorar con más objetividad mi propia identidad, saber identificar y medir mejor los valores individuales y sociales.

Hace seis años he tenido que abandonar no solo a mis familiares sino también a mis mejores amigos. Curiosamente, nuestras relaciones no se han deteriorado, al contrario, son cada vez más enriquecedoras; Milan, Jano, Zsolt, Renatka, Dada, Marcela, Kofi,... *Toto je náš čas a ja som rád, že som tu s Vami.*

Escribir estos agradecimientos me ha sido como repasar de prisa un libro de historia de mi propia vida. Ahora me parece que ha sido un largo camino porque sigo acordándome de más y más cosas, y luego escribirlo todo en dos hojas ha sido todo un reto. El trabajo está aquí, ha sido un placer, gran cambio que ha supuesto en la percepción mía de la vida. Mis recuerdos remontados a los años de mis estudios universitarios, el sueño largísimo de emprender un viaje cósmico, su realización y su materialización que me ha permitido comparar, medir e imaginar en dimensiones nunca antes imaginables.

¡Gracias y adelante!

“Cuando el Cielo está a punto de poner una gran responsabilidad en un hombre, siempre primero frustra su espíritu y voluntad, agota sus músculos y huesos, le expone al hambre y a la pobreza, le acosa con los problemas y contratiempos a fin de estimular su espíritu, fortalecer su carácter y mejorar sus habilidades.”

ZHUANG ZI, Quinto siglo a. C.

“Keď sú Nebesá blízko ku človeku, aby mu zverili veľkú zodpovednosť, vždy na začiatku maria jeho ducha a vôľu, vyčerpávajú jeho svaly a kosti, vystavujú ho k hladu a chudobe, prenasledujú ho s ťažkosťami a prekážkami, a tým vždy podnecujú jeho ducha, posilňujú jeho povahu a zlepšujú jeho znalosti.“

ZHUANG ZI, Piate storočie pred Kristom

INDICE GENERAL

RESUMEN. ABSTRACT	vii
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Contexto de la tesis doctoral.	3
1.2. Objetivos, metodología y alcance de la tesis doctoral.	8
1.3. Estructura de la tesis doctoral.	12
2. ESTADO DEL ARTE.	15
2.1. Introducción	17
2.2. Riesgo geotécnico en las obras de ingeniería civil y edificación: De las estadísticas de fallos al sistema de prevención.	18
2.2.1. Introducción.	18
2.2.2. Riesgo en los proyectos de construcción.	21
2.2.3. Fiabilidad del proyecto geotécnico.	24
2.2.4. Siniestralidad en proyectos de ingeniería civil: Enfoque a los problemas de cimentaciones.	28
2.2.5. Importancia económica de los riesgos geotécnicos.	34
2.3. La Gestión de Riesgos: Proceso, definición, clasificación y registro de riesgos.	40
2.3.1. Introducción: Riesgo geotécnico en el contexto de la Gestión de Riesgos.	40
2.3.2. Proceso de Gestión de Riesgos.	42
2.3.3. Definición de riesgo. Meta-lenguaje para riesgos geotécnicos.	46
2.3.4. Comportamiento y dependencias entre los riesgos. Escenarios de riesgo.	47
2.3.5. Categorización y registro de riesgos.	49
2.4. La Gestión de Riesgos: Técnicas y herramientas de identificación y análisis cualitativo de riesgos.	53
2.4.1. Introducción.	53
2.4.2. Técnicas y seleccionadas de identificación de riesgos.	53
2.4.3. Herramientas seleccionadas de ayuda para la identificación de riesgos.	57
2.4.4. Técnicas seleccionadas de análisis de riesgos.	58
3. ANÁLISIS DE METODOLOGÍAS ACTUALES DE IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS. ENFOQUE AL USO EN EL PROYECTO GEOTÉCNICO.	65
3.1. Introducción.	67
3.2. Análisis de los estándares y buenas prácticas seleccionadas de Gestión de Riesgos. Enfoque al proceso de identificación de riesgos.	68
3.2.1. Introducción.	68
3.2.2. Selección de estándares y buenas prácticas de Gestión de Riesgos representativas para el uso en el proyecto geotécnico.	69
3.3. Análisis del marco metodológico para la identificación de riesgos. Enfoque al uso en el proyecto geotécnico.	70
3.3.1. Introducción.	70

3.3.2. Propuesta del proceso y técnicas de identificación de riesgos.	71
3.3.3. Propuesta del uso de las técnicas y herramientas de identificación de riesgos para proyecto geotécnico.	80
3.3.4. Propuesta de la Estructura de Desglose de Riesgo genérica y del diagrama de flujo para proyecto geotécnico.	83
3.3.5. Propuesta del registro de riesgos para proyecto geotécnico.	87
3.4. Análisis de la organización de sesiones de tormenta de ideas grupal interactiva para proyecto geotécnico.	90
3.4.1. Introducción.	90
4: APLICACIÓN DEL MODELO DE IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS. MATERIAL, PROCESO Y DATOS DE ENTRADA.	93
4.1. Introducción.	95
4.2. Descripción de proyecto geotécnico elegido de modelo para la identificación de riesgos.	97
4.3. Métodos utilizados para la identificación de riesgos.	100
4.3.1. Proceso de identificación de riesgos para proyecto geotécnico.	100
4.3.2. Registro de riesgos geotécnicos.	102
4.3.3. Técnicas y herramientas de identificación empleadas.	103
4.3.4. Proceso de codificación de las causas de riesgo identificadas.	105
4.4. Material utilizado para la identificación de riesgos.	107
4.4.1. Documentación seleccionada para la identificación de riesgos.	107
4.4.2. Análisis de muestra seleccionada del equipo experto para la identificación de riesgos.	108
4.5. Parámetros de medición de los resultados.	111
4.5.1. Introducción.	111
4.5.2. Parámetros de medición de resultados relativos a la identificación mediante la revisión estructurada de documentación técnica seleccionada.	113
4.5.3. Parámetros de medición de resultados relativos a la identificación mediante la encuesta a los expertos.	114
4.5.4. Parámetros de medición relativos a la comparación de resultados obtenidos mediante revisión de documentación y la encuesta.	120
5: APLICACIÓN DEL MODELO DE IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS. ANÁLISIS DE RESULTADOS.	123
5.1. Introducción.	125
5.2. Resultados de la identificación de riesgos mediante la revisión de documentación técnica seleccionada.	126
5.3. Resultados de la identificación de riesgos mediante la encuesta a los expertos.	132
5.4. Comparación de los resultados de la identificación de riesgos obtenidos mediante la revisión de documentación y la encuesta.	151

6. CONCLUSIONS AND FUTURE RESEARCH.	167
6.1. Summary of the original contributions.	169
6.2. Conclusions.	172
6.3. Future research.	182
LISTA DE FIGURAS, TABLAS Y SÍMBOLOS	185
BIBLIOGRAFÍA	199
APÉNDICES	207
APÉNDICE A: RESULTADOS DE ANÁLISIS DE ASPECTOS SELECCIONADOS DE METODOLOGÍAS ACTUALES DE IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS.	209
A.1. Listado de estándares de Gestión de Riesgos.	211
A.2. Listado de técnicas y herramientas de Gestión de Riesgos.	215
A.3. Estructura de Desglose de Riesgos genérica para el uso en el proyecto geotécnico.	218
APÉNDICE B: FORMATO DEL CUESTIONARIO SOBRE LA ORGANIZACIÓN DE TORMENTA DE IDEAS GRUPAL INTERACTIVA PARA PROYECTO GEOTÉCNICO.	221
APÉNDICE C: PUBLICACIONES: ANÁLISIS DEL MARCO METODOLÓGICO PARA IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN. ENFOQUE AL USO EN PROYECTO GEOTÉCNICO.	230
C.1. Integrated methodology for geotechnical risk identification in building construction projects.	233
C.2. Geotechnical risk register for the control and technical auditing of building construction projects.	246
C.3. Organization and implementation of brainstorming sessions for risk identification in geotechnical projects.	256
APÉNDICE D: DOCUMENTACIÓN PARA LA ENCUESTA DE IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS.	269
D.1. Formato del cuestionario de identificación de escenarios de riesgo geotécnico	271
D.1.1. Versión Castellana	271
D.1.2. Versión Eslovaca	277
D.2. Guía del cuestionario de identificación de escenarios de riesgo geotécnico	283
D.2.1. Versión Castellana	283
D.2.2. Versión Eslovaca	289
APÉNDICE E: REGISTROS DE RIESGOS IDENTIFICADOS.	295
E.1. Registros de riesgos obtenidos mediante la técnica de revisión de documentación	297

E.2. Registros de riesgos obtenidos mediante la técnica de la encuesta	331
E.3. Registro de riesgos final	347

RESUMEN

En esta tesis, se estudia con detalle el problema de la identificación de riesgos en los proyectos de construcción, con especial atención en el *proyecto geotécnico*, entendido en sentido global, como una serie de actividades llevadas a cabo durante las fases de viabilidad, redacción de proyecto, ejecución, explotación, y mantenimiento, cuyo resultado en edificación suele ser una obra de cimentación, mejora del terreno, o contención. Son las fases de viabilidad y redacción de proyecto, en las que se recomienda intensificar el proceso de *gestión de riesgos* y en las que la etapa de identificación de riesgos es dominante.

Analizando el marco metodológico de identificación de riesgos descrito en los estándares y guías de *gestión de riesgos* disponibles, se detectan en éstos ciertas limitaciones que pueden resumirse en los siguientes puntos:

- a) Ninguno de los estándares estudiados contenía información práctica sobre el control de la fiabilidad de los datos de entrada y salida del proceso de identificación de riesgos que permitiera tomar una decisión adecuada acerca de la continuación o no del mismo.
- b) Faltaba información sobre el proceso de codificación de las descripciones de las causas de riesgo, identificadas durante el proceso de identificación de riesgos, y la información relativa al análisis de los resultados del mismo.
- c) No existía información coherente en referencia a alguna recomendación del uso de las técnicas y herramientas de identificación de riesgos en el proyecto de construcción y/o *proyecto geotécnico*.
- d) Ninguno de los estándares contenía información suficiente sobre la ejecución de la técnica de búsqueda y revisión de documentación utilizada como una de las técnicas de identificación de riesgos.
- e) No se había encontrado información suficiente sobre la organización y ejecución de las sesiones grupales interactivas de *tormenta de ideas* más comúnmente utilizadas para la identificación de riesgos en el proyecto de construcción y/o *proyecto geotécnico*.
- f) No existía información relacionada con el uso y la aplicación de un sistema nuevo de categorización de riesgos basado en la estructura jerárquica de orígenes de riesgo estudiados durante el desarrollo del *proyecto geotécnico*.

En esta tesis, se desarrolla un método para la identificación de riesgos en el *proyecto geotécnico*. El nuevo marco metodológico se compone de cuatro elementos básicos: el proceso, las técnicas y herramientas de identificación, el registro de riesgos y, finalmente, un sistema de análisis de resultados del proceso de identificación de riesgos.

La propuesta del nuevo modelo de identificación de riesgos para el *proyecto geotécnico* presentada en esta tesis, se apoya en las metodologías existentes de *gestión de riesgos*. En base al análisis de ventajas y desventajas de los estándares y guías de *gestión de riesgos* seleccionadas, se han propuesto soluciones de mejora del marco metodológico de identificación de riesgos existente, teniendo en cuenta los específicos del *proyecto geotécnico*. Por lo tanto, el estándar de *gestión de riesgos de origen geotécnico*, el *GeoQ*, ha sido elegido el pilar del nuevo método de identificación de riesgos para el uso en el *proyecto geotécnico*.

Se propone un proceso de identificación de riesgos cíclico, con el control de la fiabilidad de información obtenida basado en el *Principio de Pareto*, que permite tomar una decisión correcta acerca de la continuación o no del mismo. Para garantizar el correcto funcionamiento del sistema de control de fiabilidad, el método de

identificación de riesgos también contiene un procedimiento de codificación de las descripciones de las causas de riesgo identificadas y un procedimiento de análisis de los datos obtenidos. El nuevo sistema de codificación de las descripciones de las causas de riesgo identificadas, se basa en las metodologías de análisis de resultados utilizado en las encuestas comerciales.

El alcance del proceso de identificación de riesgos se regula por la llamada *estructura de desglose de riesgos*. Estudiando la documentación existente sobre los orígenes del riesgo geotécnico y el marco teórico relacionado con el funcionamiento de un nuevo sistema de categorización de riesgos, se ha diseñado la nueva estructura *de desglose de riesgo* genérica para el uso en *proyecto geotécnico*. Se propone la nueva estructura del *registro de riesgo*, diseñada considerando los orígenes de riesgo técnico y operativo del *proyecto geotécnico* y los cambios que existen en las misiones de identificación de riesgos según diferentes fases del mismo.

Para comprobar la validez del proceso de identificación de riesgos propuesto, y también el funcionamiento de determinadas técnicas de identificación, se estudian con éste método los riesgos operativos de *proyecto geotécnico* de referencia, comúnmente llevado a cabo en los proyectos de edificación. Las causas identificadas y registradas de riesgo al aplicar el método, deberían ser relacionadas con determinados fallos operativos de *proyecto geotécnico* característico, definidos como eventos de riesgo, que podrían ocurrir en la cadena de actividades del diagrama de flujo del mismo, a saber: *fallo en la programación del reconocimiento de terreno, fallo en la ejecución de las prospecciones "in situ" y en laboratorio, fallo en el análisis de los datos obtenidos mediante reconocimiento de terreno, fallo en las recomendaciones al diseño, construcción y mantenimiento, y finalmente, fallo en el control y supervisión geotécnicos*.

Se aplican dos técnicas de identificación de riesgos para el caso de estudio: la técnica de *revisión de documentación* y la técnica de la *encuesta sobre riesgo*. La aplicación de la técnica de *tormenta de ideas* y la aplicación autónoma de la técnica de *entrevista* quedan fuera del alcance de esta tesis. Sin embargo, se ha realizado un estudio detallado sobre la organización de las sesiones grupales de *tormenta de ideas* para el caso de *proyecto geotécnico* que también forma parte de esta tesis doctoral.

De acuerdo con los objetivos previstos, se describe en la tesis la metodología a seguir para aplicar el proceso de identificación de riesgos, junto con las dos técnicas de identificación empleadas. Se estudian los escenarios de riesgo identificados, la productividad y efectividad de los equipos expertos empleados en la encuesta, así como la fiabilidad de la información de entrada y salida del proceso, y las diferencias entre los resultados obtenidos con ambas técnicas de identificación de riesgos. La aplicación del proceso también ha permitido comprobar el funcionamiento y la capacidad de la *estructura del desglose de riesgos* propuesta en la tesis para su uso en el *proyecto geotécnico*.

Cabe destacar que la aplicación de estos modelos a un proyecto de construcción y, más concretamente, a un *proyecto geotécnico*, constituye una de las principales aportaciones de esta tesis, ya que no se ha encontrado en la bibliografía ningún modelo de identificación de riesgos aplicado sobre el mismo.

A partir de los resultados de la investigación realizada sobre el proceso, técnicas y herramientas propuestas para el método de identificación de riesgos se ha demostrado que:

- a) A través de la aplicación de la técnica de *revisión de documentación* de identificación de riesgos, con el tipo de documentación "artículos científicos" y una posterior comparación con los resultados de la técnica de *encuesta de riesgo*, la técnica de *revisión de documentación* ha demostrado su eficacia en términos de cobertura global del número total de causas de riesgo identificadas y de descripción codificada. Además, la técnica de *revisión de documentación* ha proporcionado un grado mucho más alto de aportaciones originales de las causas de riesgo que la técnica de la *encuesta de riesgo*. Es entonces preferible utilizarla en primer lugar, con el fin de cubrir un abanico de riesgos más amplio y a la vez descubrir puntos débiles que podrían ser investigados mediante alguna de las técnicas grupales propuestas.
- b) La combinación de, por lo menos, dos técnicas de identificación de riesgos es altamente recomendable, y puede ser sustituido solamente en el caso de utilizar la *revisión de documentación* como la única técnica con la condición de emplear diferentes tipologías de documentación de entrada dentro de la misma. El uso de una combinación de documentos tales como "artículos científicos", junto con los de "estadísticas de fallo" o con documentos tipo "registros de riesgos de proyectos anteriores", aumenta la efectividad del proceso de identificación de riesgos. La presencia de al menos un experto en ingeniería geotécnica, sin embargo, es esencial para garantizar la fiabilidad de la información de salida, cuando se emplea únicamente la técnica de la *revisión de documentación*.
- c) La versión actual del cuestionario de riesgo para la técnica de *encuesta de riesgo* resultó ser particularmente apropiada para los expertos en geotecnia del subgrupo de entre 15 y 30 años de experiencia profesional. Para los expertos del subgrupo de más de 30 años de experiencia, se considera más adecuado el uso de las *entrevistas semi-estructuradas* de acompañamiento para que se familiaricen más rápidamente con el contenido y la complementación del cuestionario de riesgo, y también para guiarlos en el desarrollo de sus respuestas. Las *entrevistas semi-estructuradas* también pueden ser eficaces después de haber rellenado el cuestionario de riesgo cuando existe una necesidad de aclarar las respuestas, sobre todo aquellas relacionadas con las descripciones de causas de riesgo que en algunos casos podrían considerarse insuficientes.
- d) Los resultados confirmaron que el uso de tres expertos altamente cualificados puede ser suficiente para las tareas de identificación de riesgos, bajo determinadas condiciones de proyecto geotécnico. Los tres expertos del subgrupo de más de 30 años de experiencia han logrado cubrir casi el 90% de las causas de eventos de riesgo estudiados, definidas como más frecuentemente mencionadas por diferentes fuentes de información.

Por último, se presentan en esta tesis los resultados del proceso de identificación de riesgos aplicado sobre *proyecto geotécnico* característico. Un total de 170 causas de riesgo operativo de descripciones originales relacionadas con el *proyecto geotécnico* característico han sido identificadas y registradas. Todas las causas de riesgo identificadas y registradas han sido relacionadas con los eventos y los orígenes de riesgo operativo. A través del sistema de análisis de resultados, se ha podido identificar y registrar las causas de riesgo definidas como más importantes según las mediciones de

frecuencia de su mención en las fuentes de información estudiadas al utilizar el conjunto de técnicas de identificación sobre un *proyecto geotécnico* característico. Esto también constituye otra de las principales aportaciones de esta tesis.

ABSTRACT

In this thesis, the problem of identification of risks for use in civil engineering projects is studied in detail, with special emphasis on *geotechnical project*, understood in the global sense, as a series of activities carried out during the phases of feasibility study, basic design, detailed design, implementation, operation, maintenance, and contracting of the construction project, and whose result in the building works is usually a building foundation, ground improvement, or ground stabilization. They are the stages of feasibility and basic design, at which it is recommended to intensify the process of *risk management*, and where its risk identification phase is dominant.

Analyzing the methodological framework for identifying risks described in the recognized standards and guidelines available on *risk management*, some limitations were found there that can be summarized as following:

- a) None of the studied standards contained practical information on the control of the reliability of input and output data when carrying out the risk identification process that would take an appropriate decision about its continuation or not.
- b) There was a lack of information about the process of codifying the descriptions of the causes of risk identified during the risk identification process and also a lack of information concerning the analysis of the results.
- c) There was no consistent information regarding a recommendation for the use of the techniques and tools for risk identification in construction and/or *geotechnical project*.
- d) None of the standards contained sufficient information on the technical execution of the document search and review when used as one of the risk identification techniques available.
- e) Not sufficient information was found on the organization and implementation of *interactive group brainstorming* sessions commonly used to identify risks, problems, or ideas in construction and/or *geotechnical project*.
- f) There was no information regarding the use and application of a new system of risk categorization based on the hierarchical structure of project risk origins present during the development of geotechnical project.

In this thesis, a method for identifying risks in *geotechnical project* is developed. The methodological framework consists of four basic elements; the identification process, techniques and tools used, *risk register*, a system for encoding the descriptions of the identified causes of risk helpful during the analysis of results.

The new model proposed for the identification of risks in geotechnical project presented in this thesis is based on selected existing *risk management* methodologies. Based on the analysis of advantages and disadvantages of selected *risk management* standards and guidelines, the solutions have been proposed for improvement of the existing methodological framework to identify risks, considering the demands of the geotechnical project on its structure and its level of detail. The *GeoQ risk management* was chosen as the pillar for the creation of the new risk identification method for *geotechnical project*.

A cyclic risk identification process is proposed, containing control of the reliability of information obtained based on the so-called *Pareto principle* which allows taking a correct decision about its continuation or stopping. To ensure proper of the system reliability control, the risk identification method also contains a procedure for codifying the descriptions of identified causes of risk and a procedure for analyzing the output

data. The new system of codification of the descriptions of identified risk causes is based on the method for the analysis of results obtained from *open-questions* in commercial surveys.

The scope of the risk identification process is governed by the so-called *risk breakdown structure*. Studying the existing documentation on the origins of geotechnical risk, and the theoretical framework related to the operation of a new system of risk categorization, the new generic *risk breakdown structure* for use in risk identification on *geotechnical project* was designed. The new structure of the content of risk register is designed considering the origins of operational and technical risk of *geotechnical project* and also considers the changes in mission of risk identification as passing through different phases.

To check the validity of the proposed risk identification method and also the functioning of determined risk identification techniques and tools, operational risks of characteristic *geotechnical project* commonly held in the building construction projects have been studied. Identified risk scenarios should be associated with determined operational failures defined as risk events on the characteristic *geotechnical project* process flow diagram, namely: the *failure in the planning of the geotechnical investigation*, the *failure in the execution of the geotechnical investigation*, the *failure in the analysis of the data from the geotechnical investigation*, the *failure in the recommendations for geotechnical design, maintenance and execution of the geotechnical works*, and finally, *failure in geotechnical control and supervision*.

Two different techniques for identifying risks were applied for this issue; the *document review* technique and the technique of *risk questionnaire*. The application of the technique of *brainstorming* and the independent application of the technique of *risk interview* are beyond the scope of this thesis. Due to lack of sufficient information and experience with the organization of the *interactive group brainstorming* session, it was decided to execute a detailed study about this issue before being applied on a characteristic *geotechnical project*.

In accordance with the objectives, the thesis describes the methodology for applying the risk identification process, along with two risk identification techniques used. The identified risk scenarios are studied together with the productivity and effectiveness of the geotechnical professionals participating on the *risk questionnaire*, as well as the reliability of the input and output information of the process, and the differences between the results achieved with both of the risk identification techniques. The application of the proposed risk identification method has also allowed checking the functionality and theoretical capabilities of the generic *risk breakdown structure* for *geotechnical project*.

It is worthy to mention that the application of the developed models to a construction project, and more specifically to the geotechnical one, is one of the main contributions of this thesis, provided that, so far, no *risk identification model* applied to such type of *geotechnical project* has been found in the technical literature.

From the results of research undertaken on the process, techniques and tools proposed for the risk identification method has been shown that:

a) Through the application of the *document review* risk identification technique by using documentation type "scientific articles" and a subsequent comparison with the results of the *risk questionnaire*, the *document review* technique has demonstrated its efficiency in terms of global coverage of total number of original identified causes of studied risk events. In addition, the *document review* technique provides higher level of contribution to identified original causes of risk as the technique of *risk questionnaire*. It is therefore better to use the *document review* technique as the first to cover a wider range of risk causes and reveal areas (origins of risk) with insufficient information, which might subsequently be examined through one of the other selected risk identification techniques.

b) A combination of at least two types of risk identification techniques is highly recommended, and can be replaced only when the *document review* technique with the condition to use different types of documents within itself. The use of a combination of documents such as "*scientific articles/technical standards*", along with documents such as "*failure statistics*" or document type "*existing risk registers from previous projects*", increases the efficiency of risk identification process. The presence of at least one expert in geotechnical engineering, however, is essential to ensure the reliability of the output, when using only the *document review* technique.

c) The current version of the *risk questionnaire* proved particularly suitable for the geotechnical professional subgroup of between 15 and 30 years of professional experience. For the expert subgroup of more than 30 years of experience, is considered more appropriate to use the accompanying *semi-structured interviews* to familiarize them with the content and complementation of the *risk questionnaire*, and also to guide them when developing their responses. The *semi-structured interviews* can also be effective after having completed the *risk questionnaire* when there is a need to clarify the responses, especially those related to risk cause description that in some cases could be considered insufficient.

d) The results confirmed that the use of three highly qualified experts may be sufficient for the tasks of identifying risks under certain geotechnical conditions. The three experts in the subgroup of more than 30 years of experience have managed to cover almost 90% of the causes of studied risk events, defined as the most frequently mentioned by different sources of information.

Finally, the practical results of the risk identification process applied to a characteristic *geotechnical project* are presented in this thesis. A total of 170 causes of operational risk of original description related to a characteristic *geotechnical project* have been identified and registered. All of those identified causes of risk were related to observed operational risk events and its origins. Through a system designed for the analysis of the results, it was possible to determine the most important codified causes of risk identified by measuring the repetitions in their mentions by different sources investigated, when the set of risk identification techniques applied on a characteristic *geotechnical project*. This also belongs to one of the main contributions of this thesis.

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN.

1.1 Contexto de la tesis doctoral.

A pesar del hecho de que la industria de la construcción pertenece a uno de los motores más importantes de las economías de los países desarrollados, todavía tiene que avanzar en muchos de sus problemas particulares. Según Van Staveren (2006) existen tres retos principales en la industria de la construcción (figura 1-1) que están buscando las soluciones con el fin de recuperar la iniciativa:

1. El aumento de la complejidad de los sistemas tecnológicos.
2. La creciente aversión de muchas personas en muchos países hacia la corrupción y el fraude.
3. Los altos costes del fracaso representados en gran medida por los problemas relacionados con las condiciones del terreno.

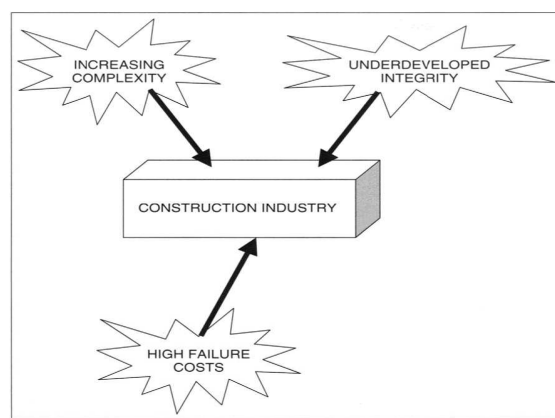


Figura 1-1: Los tres mayores retos de la industria de construcción (VanStaveren, 2006)

Brandl (2004) indica que, de acuerdo con las estadísticas europeas, 80-85 por ciento de todos los fallos en la construcción están relacionados con los problemas del suelo. Esto significa que, hasta ahora, problemas relacionados con el suelo siguen siendo la principal causa de los retrasos y sobrecostes en los proyectos de ingeniería civil, lo que sugiere que los ingenieros aún necesitan un mejor entendimiento de la naturaleza del riesgo geotécnico. A pesar de la disponibilidad de los códigos de diseño y recomendaciones al proceso de la construcción y al uso de los materiales, la seguridad objetivo de proyectos de construcción no puede ser totalmente asegurada, incluso si estos son seguidos estrictamente (Rodríguez et al, 2006).

En medio de los años 90, muchos expertos de la industria de la construcción comenzaron a proponer la integración de las metodologías de Gestión de Riesgos (GR) a los procesos de dirección, diseño y ejecución de proyectos de ingeniería civil. En los últimos años, un gran progreso se ha hecho principalmente en las áreas de estructuras de túneles, obras marítimas y portuarias, y sobre todo con los proyectos de construcción de presas. La metodología de GR reconoce el valor del riesgo como una ecuación matemática y lo define básicamente como una multiplicación de dos variables, la probabilidad de ocurrencia y el valor de posibles consecuencias en el caso de su materialización (PRAM, 2004).

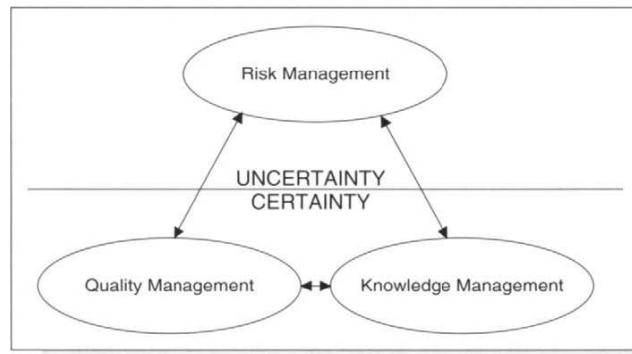


Figura 1-2: Asociación entre la gestiones de riesgos, de calidad, y de conocimiento.
(VanStaveren, 2006)

El reconocimiento de las incertidumbres existentes en los proyectos de construcción por los clientes de la industria, ha permitido la entrada de los métodos de diseño probabilístico que hoy en día están jugando un papel importante en una serie de problemas de ingeniería, y se espera que habrá un desbordamiento de los mismos hacia los problemas hoy en día resueltos por métodos tradicionales (Whitman, 2000). La percepción del riesgo, el llamado “pensamiento sistémico” (VanStaveren, 2006), y la aplicación de la filosofía del diseño sistemático (Clayton, 2001), todos ellos pertenecen a los titulares de base para la aceptación de este nuevo enfoque por los clientes, la sociedad y los ingenieros.

A la hora de gestionar y diseñar un proyecto de construcción, una asociación fuerte tiene que ser establecida entre los procesos de Gestión de Riesgos (GR), Gestión de Calidad (GC), y Gestión del Conocimiento (GCM), ya que todos son complementarios entre sí (VanStaveren, 2006) (figura 1-2). En conclusión, la GR proporciona métodos y herramientas para tratar la parte “incierto” del continuo sabido-no sabido de un proyecto.

Por otro lado, la GC es sobre realizar un proyecto en base de los estándares de calidad preescrita, mientras que la GR cubre el área que esté fuera de los mismos. Cuanto más conocimiento tengamos, más efectivamente podamos tratar la ficción en términos de su relevancia para la toma de decisiones. En otras palabras, la colaboración entre la GR y la GCM, nos lleva de hecho a la ficción, y éste puede llegar a ser una realidad en el futuro. Es por eso, que la GCM gana en interés al ser un socio de la GR.

Dentro de un proyecto de construcción, la ingeniería geotécnica es familiarizada a trabajar con la incertidumbre. Como las características del suelo son “predeterminadas” y en gran parte desconocidas al inicio del proyecto, que no es el caso, por ejemplo, de un hormigón como material artificial, el ingeniero geotécnico tiene que asumir el papel del gestor de riesgos desde el principio. Según señalan los autores, tales como Whitman (2000), Clayton (2001), Rozsypal (2001), Rodríguez (2006) y Smith (2008) entre otros, se requiere una nueva estrategia. Las personas involucradas en los problemas geotécnicos, por lo tanto deberían hacer lo siguiente:

1. Aceptar que las condiciones del terreno serán siempre, en mayor o menor medida, inciertas.
2. Introducir factores geotécnicos a los sistemas de Gestión de Riesgos (GR).

3. Identificar los riesgos geotécnicos en las primeras etapas de planificación de proyecto.
4. Seguir un proceso de la investigación de terreno fragmentado, rápido y de múltiples etapas, comenzando en las etapas de planificación de proyecto de construcción.

En diciembre de 2006, el taller de GeoCouncil (Smith, 2008) se llevó a cabo un análisis sobre una serie de tendencias en la industria de la construcción que probablemente afectaría a la ingeniería geotécnica en el próximo futuro. Estas cuestiones fueron examinadas por un grupo de 50 profesionales en geotecnia (15% académicos, 55% consultores, y 30% constructores).

Se ha hecho un llamamiento especial para los proyectos de edificación que han sido considerados como los más retrasados en términos de las expectativas en relación con los costes, plazos y la calidad. Por lo tanto, una de las recomendaciones del taller para la mejora de los aspectos de estos proyectos, mencionados arriba del texto, fue aplicar las metodologías de GR con un registro de riesgos utilizado a lo largo de todo el ciclo de vida de los mismos.

España fue uno de los primeros países que incluyó obligatoriamente los sistemas de prevención de riesgos dentro del área de los proyectos de construcción. Mediante la entrada en vigor de la nueva Ley de Ordenación de Edificación (LOE) (LEY 38/1999, 1999), se ha introducido la obligación de establecer el seguro decenal que cubre los daños relacionados con la estabilidad estructural para las obras de edificación, incluyendo los posibles problemas de estabilidad vinculados a las condiciones de terreno.

Con la entrada del seguro decenal, un agente independiente fue introducido por la LOE, conocido como el Organismo de Control Técnico (OCT). El papel de esta entidad es trabajar como gestor de riesgos técnicos para las compañías de seguro y el promotor de proyecto en cuestión. El alcance del trabajo de una OCT incluye temas geotécnicos del proyecto, ya que el terreno puede ser la causa de un fallo estructural o de servicio.

Después de más que diez años de experiencia, existe una gran necesidad de definir y cerrar el círculo de colaboración entre las demás áreas relacionadas con la GR, la GC y la GCM (figura 1-3). Es importante delimitar claramente las funciones de GR en el triángulo de relaciones, empezando por el desarrollo de unos procedimientos propios y reconocidos, compatibles con el resto de las gestiones relacionadas con la misma.

A finales del año 2005 se inicia un proyecto de investigación, subvencionado por la empresa auditora de riesgos en proyectos de construcción CPV-OCT, cuyo objetivo es el desarrollo y aplicación de las metodologías de gestión de riesgos compatibles con la misión de una empresa tipo OCT y enfocadas hacia la identificación de los riesgos relacionados con el terreno.

Haciendo hincapié en la obra de Whitman (2000), Clayton (2001), VanStaveren (2006) y muchos otros, se considera esencial para el ingeniero geotécnico identificar todos los posibles mecanismos de fallo (estados límite), entender como las soluciones de ingeniería geotécnica contribuyen al riesgo en general, y saber explicar cómo este riesgo puede ser modificado. Sólo después de hacer eso correctamente, sería entonces posible

estimar efectivamente la probabilidad de ocurrencia y el valor de impacto de riesgo para finalmente poder preparar y priorizar las acciones para su tratamiento.

Los riesgos registrados podrían proporcionar una información valiosa para el gestor de riesgos o un técnico responsable de su análisis, quienes, luego, serían capaces de preparar medidas óptimas para su mitigación. Esto podría producir un efecto de proyecto "mejor y más barato", y también facilitar la entrada de pólizas de seguro al mercado de proyectos de edificación.

En base a su experiencia profesional y los problemas comentados por varios autores, DelCaño y DelaCruz (2008) mencionan que existen las siguientes barreras de una eficaz identificación de riesgos en los proyectos:

- a) El proceso de identificación de riesgos no está adecuadamente planificado y gestionado.
- b) Los recursos asignados al proceso no son suficientes.
- c) El grupo de personas que participan en el proceso no es adecuado.
- d) Los participantes no están realmente comprometidos con los resultados del proceso.
- e) El proceso de identificación de riesgos se ha desarrollado sin un previo estudio en profundidad del proyecto y su entorno (personas; programa, si existe, organización, ambiente técnico, social, jurídico, y natural), del producto de proyecto, de los objetivos de proyecto y su priorización, y de los planes del mismo.
- f) Se aplican procesos genéricos, sin tener en cuenta las características de proyecto y de organización (nivel de madurez de proceso de gestión de riesgos de organización encargada de llevarlo a cabo, el tamaño de proyecto, y la complejidad de proyecto).
- g) El gestor de riesgos no tiene en cuenta el comportamiento humano y su influencia en el proceso de identificación de riesgos. Por ejemplo, las ideas de las personas extrovertidas se imponen a las procedentes de los individuos introvertidos.
- h) La combinación del conjunto de técnicas de identificación de riesgos empleadas no es la adecuada.
- i) Las técnicas de identificación de riesgos no se utilizan correctamente, cortando la creatividad, entre los demás.
- j) Los eventos de riesgo no están suficientemente definidos o su descripción no tiene el detalle necesario para asegurar la eficiencia de las etapas siguientes de gestión de riesgos.
- k) Los "riesgos" identificados no son riesgos.
- l) El número de eventos de riesgo identificados es insuficiente.
- m) El riesgo es avistado, pero las formas de detectar que un evento de riesgo se está produciendo no son identificadas.
- n) Después de un primer paso de la fase de identificación, las actividades de gestión de riesgos posteriores fracasan en completar, perfeccionar y actualizar la lista de riesgos.
- o) El proceso no es adecuada o totalmente documentado.
- p) Las bases de datos de las empresas no están bien estructuradas y actualizadas.
- q) En proyectos complejos, la fase de identificación de riesgo no incluye la identificación de respuestas potenciales al riesgo.

Para garantizar la correcta identificación de riesgos, la primera de las fases de proceso cíclico de GR, es necesario aplicar una serie de procedimientos estructurados, tal como estos se definen en las guías y estándares de GR. A pesar de que en los últimos años se han hecho progresos teóricos en el contenido y la calidad de las metodologías de GR a nivel general de proyecto y sistema tecnológico, siguen existiendo problemas con su aplicación práctica, sobre todo, en la industria de construcción.

Los trabajos de Clayton (2001) y Van Staveren (2006) han introducido dos guías de GR para el uso en el proyecto geotécnico que, entre otras cosas, contenían la descripción de la fase de identificación de riesgos con sus respectivas técnicas y herramientas. La mayor carencia de estos dos trabajos es la falta de información práctica sobre el método de identificación de riesgo; optimización del uso de las técnicas, de los recursos materiales y los recursos humanos empleados, teniendo en cuenta asimismo las diferencias entre el tamaño y la complejidad de un proyecto de construcción, y también el nivel de madurez de la organización encargada de llevar a cabo las actividades de GR en el mismo. Es muy importante, a la hora de aplicar el proceso de GR, garantizar la economía y costes óptimos del mismo, valiendo esto mismo para su fase de identificación y garantizando así al cliente su economía junto con la fiabilidad de los resultados obtenidos.

Se ha encontrado que las tasas de fallo reales relacionadas con la estabilidad estructural de proyectos de construcción superan las tasas de fallo pronosticado, tal vez hasta en dos órdenes de magnitud (Van Staveren, 2006). Un examen más detallado revela que la mayoría de los fallos en los proyectos de construcción son el resultado de un error humano, por ejemplo, las estructuras no construidas de acuerdo con los planes de diseño, los materiales empleados sin cumplir los pliegos de condiciones, cargas no consideradas en el análisis de fiabilidad, etc. (Whitman, 2000).

La misma situación ocurre a nivel de proyecto geotécnico cuyo resultado seriamente influye en el resto de las áreas de un típico proyecto de construcción. Según las investigaciones de Sowers (1993) sobre los problemas que han conducido al fallo ocurridos en 480 proyectos de construcción, dándole él mismo especial enfoque a los problemas relacionados con el terreno, del total, 88 % han sido achacados al error humano. El 58 % de los problemas estudiados han tenido origen en la fase del diseño. Es por lo tanto muy importante prevenir este tipo de problemas en las fases previas al diseño final de proyecto.

El resultado de proyecto geotécnico suele ser una obra de cimentación que, en el caso de dar problemas, puede tener consecuencias económicas, y sobre la seguridad de estructura, muy graves, aumentando seriamente el coste global de proyecto en el caso de reparación de los daños producidos. No hay que olvidarse de que la obra de cimentación es la primera ejecutada y la base de la superestructura (Clayton, 2001).

Hasta este momento, no existen estudios dedicados a los problemas de carácter operativo relacionados con las actividades llevadas a cabo en el proyecto geotécnico hasta la fase de la ejecución de proyecto. Si se dispusiese de un listado detallado sobre los escenarios de riesgo operativo más importantes de proyecto geotécnico, se facilitaría la preparación de las medidas para su tratamiento, actuando eficazmente contra los orígenes de los mismos. Los escenarios de riesgo identificados podrían ser incluidos en una base de datos que serviría para monitorizar la evolución de los costes invertidos al

control y prevención y los costes de reparación de los siniestros relacionados con los mismos.

1.2 Objetivos, metodología y alcance de la tesis doctoral.

El objetivo principal que se ha pretendido alcanzar con el desarrollo de esta tesis ha sido:

Proponer un nuevo método para la identificación de riesgos relacionados con problemas geotécnicos en los proyectos de ingeniería civil.

Se han establecido los siguientes objetivos parciales relacionados con el objetivo principal:

1. Comprobar el funcionamiento y la efectividad del método de identificación de riesgos propuesto a través de su aplicación a un proyecto geotécnico característico comúnmente llevado a cabo en las obras de edificación.

2. Identificar los riesgos operativos de un proyecto geotécnico característico y analizar los resultados obtenidos a través del proceso de identificación.

Para el cumplimiento del objetivo principal y de sus dos objetivos parciales mencionados arriba del texto, se ha utilizado la metodología de investigación cuya estructura puede verse detalladamente en la figura 1-3.

El primer paso de la investigación ha sido establecer el marco metodológico para la identificación de riesgos en proyecto geotécnico. El marco metodológico fue establecido después de un análisis detallado basado en teoría y experiencia sobre la identificación de riesgos. La propuesta del marco metodológico contenía las siguientes actividades y técnicas de investigación:

- a) Seleccionar el conjunto de los estándares y/o guías de gestión de riesgos que contenían información apta para nuevo método de identificación de riesgos aplicable al proyecto geotécnico.
- b) Proponer el proceso, técnicas, y herramientas útiles para la correcta identificación y registro de riesgos de proyecto geotécnico. Se proponen el proceso, las técnicas y las herramientas a base de los resultados de análisis de ventajas y desventajas de los estándares de gestión de riesgos representativos.
- c) Proponer un sistema de control de fiabilidad y análisis de información obtenida mediante el proceso de identificación de riesgos. El nuevo sistema del control de fiabilidad y análisis de escenarios de riesgo se basa en el llamado Principio de Pareto, el en el análisis de los resultados de encuesta comercial diseñado por Grande y Abascal (ESIC, 2005), y en los principios del uso de la llamada Estructura de Desglose de Riesgos (EDR).
- d) Identificar los orígenes de riesgo geotécnico de proyecto, estructurar y registrarlos mediante una herramienta llamada EDR.
- e) Proponer un procedimiento de ejecución y organización de las técnicas de identificación de riesgos seleccionadas con especial enfoque al uso en el proyecto geotécnico.

- f) Para la tormenta de ideas grupal interactiva, estudiar los factores de organización que influyen en su productividad, efectividad y fiabilidad del resultado antes de proceder a su realización. Diseñar un cuestionario y realizar una encuesta a las personas con experiencia en organización de sesiones grupales. Comparar los resultados de la encuesta con los del estudio teórico basado en revisión de documentación seleccionada.

Una vez establecido el marco metodológico para la identificación de riesgos en proyecto geotécnico, se ha procedido a su comprobación práctica sobre un proyecto geotécnico característico, y siendo una investigación de carácter experimental, esta incluía también la creación de un registro de escenarios de riesgo operativo obtenidos durante el proceso de ejecución del método propuesto.

La aplicación experimental ha permitido comprobar y ampliar las conclusiones previas, hechas a base de investigación teórica, y así poder dar recomendaciones al empleo del método propuesto, presentar los escenarios de riesgo operativo de proyecto geotécnico característico más relevantes, y también identificar futuras líneas de investigación.

La aplicación del marco metodológico sobre un proyecto geotécnico característico contiene las siguientes actividades y técnicas de investigación:

- a) Definir el proyecto geotécnico característico que sería el objeto del estudio de riesgo operativo. Definir los eventos y los orígenes de riesgo estudiados en el mismo.
- b) Seleccionar las técnicas de identificación de riesgos para ser empleadas durante el proceso de identificación. En esta tesis, se han seleccionado la técnica de revisión de documentación y la técnica de encuesta para identificar el riesgo operativo de proyecto geotécnico en obras de edificación.
- c) Seleccionar la documentación y el equipo de expertos para obtener la información sobre los escenarios de riesgo operativo de proyecto geotécnico característico.
- d) Ejecutar el proceso de identificación de riesgos empleando las técnicas seleccionadas y registrar los escenarios de riesgo obtenidos.
- e) Ejecutar el proceso de codificación de las descripciones de causas de riesgo identificadas mediante las técnicas de identificación empleadas.
- f) Ejecutar el proceso de análisis de los escenarios de riesgo obtenidos mediante las técnicas de identificación empleadas.
- g) Evaluar cuantitativamente los diferentes grados de aportación (grados de productividad y eficacia) sobre el conjunto de causas de riesgo identificadas a través de la documentación seleccionada. Comparar los valores de los diferentes grados de aportación sobre el conjunto de causas identificadas en los documentos utilizados. En cada uno de los documentos utilizados, comparar el valor del grado de aportación sobre el conjunto de todas las causas de riesgo identificadas con el valor del grado de aportación sobre las causas de riesgo identificadas y definidas como más importantes.
- h) Evaluar cuantitativamente los diferentes grados de aportación (grados de productividad o eficacia) sobre el conjunto de causas de riesgo identificadas a través de un grupo de expertos seleccionados. En cada uno de los expertos encuestados, comparar los valores de los diferentes grados de aportación sobre el conjunto de causas identificadas por los expertos. Comparar el valor del grado

de aportación sobre el conjunto de todas las causas de riesgo identificadas con el valor del grado de aportación sobre las causas de riesgo identificadas y definidas como más importantes.

- i) Evaluar cuantitativamente la productividad y eficiencia de los equipos expertos en distintos subgrupos repartidos según años de experiencia profesional, utilizados en el proceso de identificación de riesgos, al emplear la técnica de encuesta. Comparar los valores de tiempo, número de causas de riesgo registradas, de los grados de satisfacción, de productividad y eficiencia en distintos subgrupos repartidos según años de experiencia profesional.
- j) Comparar los resultados del proceso de identificación de riesgos obtenidos a través de la técnica de revisión de documentación con los resultados la encuesta a los expertos. Comparar los valores de los grados de aportación, de la documentación revisada y de los expertos encuestados, sobre los diferentes conjuntos de las causas de riesgo definidas como más importantes.
- k) Analizar los orígenes de las causas definidas como más importantes de los eventos de riesgo observados obtenidas a través del empleo de las técnicas de revisión de documentación y encuesta. Para este fin, utilizar la EDR diseñada para el uso en el proyecto geotécnico característico.

Por último, es importante tener en cuenta que quedan fuera del alcance de esta tesis:

- a) La aplicación de todas las técnicas de identificación de riesgos propuestas en el nuevo método de identificación de riesgos sobre proyecto geotécnico característico.
- b) La identificación de riesgos operativos de proyecto geotécnico relacionados con las fases de construcción, explotación y mantenimiento, de lo que se entiende en esta tesis como *proyecto geotécnico*.
- c) La evaluación cualitativa y/o cuantitativa del valor de los escenarios de riesgo operativo de proyecto geotécnico característico identificados mediante el empleo de técnicas de identificación seleccionadas.
- d) La estimación del coste y plazos necesarios para la correcta aplicación del nuevo método de identificación de riesgos en un proyecto de construcción representativo.

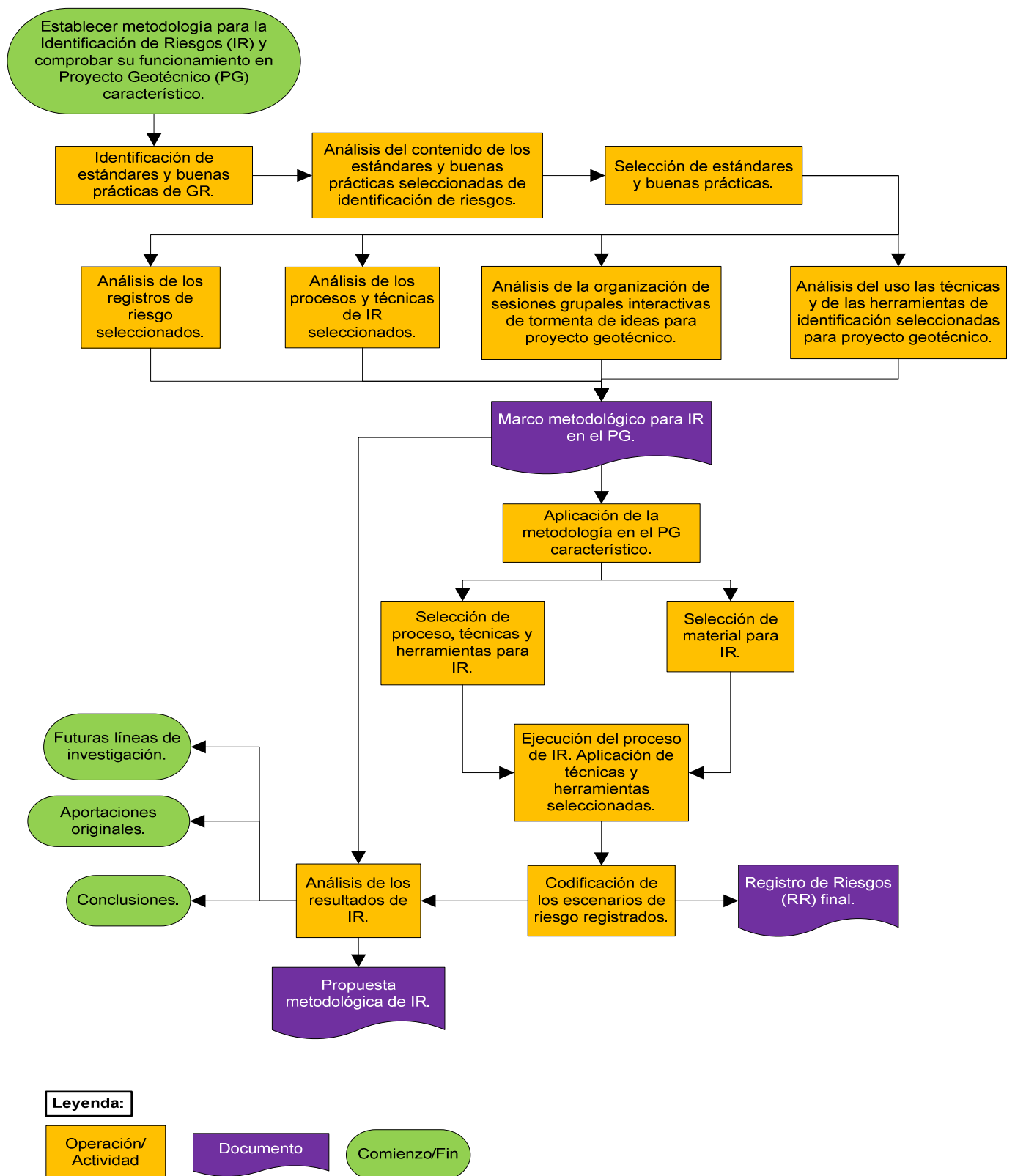


Figura 1-3: Esquema del marco metodológico de investigación de la tesis.

1.3 Estructura de la tesis doctoral.

El trabajo desarrollado en esta tesis se estructura en seis capítulos y cinco apéndices. A continuación, se describe de forma breve el contenido de los cinco capítulos restantes y de los seis apéndices.

En la primera parte del capítulo 2 de la tesis doctoral, se presenta el estado de arte que trata los temas relacionados con las causas y orígenes de los fallos, prestando especial atención a los problemas geotécnicos de las obras de construcción. La segunda parte del capítulo presenta el estado del arte relacionado con los temas de prevención en obras geotécnicas; la fiabilidad y el uso de los métodos de *gestión de riesgos*, con un enfoque a los procesos y técnicas de identificación de riesgos.

En el capítulo 3, se propone un método para la identificación de riesgos relacionados con los problemas en las obras geotécnicas. Se propone el nuevo método a base del análisis de ventajas y desventajas de los estándares de *gestión de riesgos* representativos. El método incluye el diagrama de flujo del proceso, las técnicas y herramientas de identificación, un sistema de registro, codificación de descripciones de causas, y análisis de los datos obtenidos. La última parte del capítulo 3, se dedica al tema de la organización de sesiones grupales de tormenta de ideas para ser empleados como técnica de identificación de riesgos geotécnicos. Se dan recomendaciones a la organización y ejecución de la tormenta de ideas grupal interactiva a base de los resultados obtenidos a través de la encuesta y comparados los mismos con los resultados de la revisión de documentación. Los apéndices A, B y C de la tesis enriquecen el volumen de la información presentada en el capítulo 3, e incluyen las hojas del análisis de los estándares de *gestión de riesgos*, el formato del cuestionario sobre la organización de la tormenta de ideas, y los artículos publicados relacionados con los mismos temas.

El desarrollo de las actividades de la primera parte del diagrama se expone en el capítulo 3 y contiene información más detallada en los apéndices A, B y C de la tesis. Las actividades de investigación relacionadas con la aplicación del nuevo método propuesto al proyecto geotécnico característico se describen en los capítulos 4 y 5 de la tesis.

El capítulo 4 se dedica a la aplicación del método propuesto sobre un proyecto geotécnico característico e incluye la descripción de las actividades de selección de técnicas, herramientas, documentación y expertos. También ofrece descripciones detalladas del proceso de identificación, proyecto geotécnico característico, objetivos de proceso de IR, proceso de codificación de descripciones de causas, y de análisis de datos obtenidos. En el apéndice D se adjunta la información más detallada sobre los temas tratados en el capítulo 4; el formato y la guía del cuestionario de identificación de escenarios de riesgo geotécnico presentados en dos idiomas utilizados durante el estudio (español y eslovaco).

El capítulo 5 presenta los resultados del análisis de datos obtenidos en el método de identificación aplicado sobre un proyecto geotécnico característico. Los resultados del análisis se relacionan con los dos objetivos parciales de la tesis, y son básicamente los siguientes:

1) Los resultados de investigación relativos al empleo del método de identificación de riesgos propuesto. Estos resultados enriquecen las conclusiones previas, presentadas en el capítulo 3, sobre las técnicas y herramientas de identificación de riesgos empleadas que forman el nuevo método. También se presentan los resultados relativos a la productividad y efectividad de los subgrupos de expertos utilizados para la técnica de la encuesta.

2) Los resultados de investigación relativos a la identificación de escenarios de riesgo operativo de proyecto geotécnico característico. Estos resultados enriquecen los conocimientos sobre el riesgo operativo de proyecto geotécnico. El apéndice E ofrece los registros de riesgo obtenidos mediante el uso de documentación y expertos seleccionados, antes y después de pasar por el proceso de codificación de las descripciones de causas de riesgo identificadas.

Al finalizar el proceso del análisis de resultados, se han podido establecer las conclusiones finales, definir las aportaciones, y futuras líneas de investigación de esta tesis. Esta parte de la tesis se desarrolla en el capítulo 6.

CAPÍTULO 2: ESTADO DEL ARTE.

2.1 Introducción

El problema geotécnico consiste en proyectar la cimentación de un edificio o una obra civil de la forma más funcional y económica, teniendo en cuenta la naturaleza del terreno, de forma que se consiga una seguridad suficiente y unas deformaciones o asientos compatibles con las tolerancias de la estructura (Rodríguez, 1982).

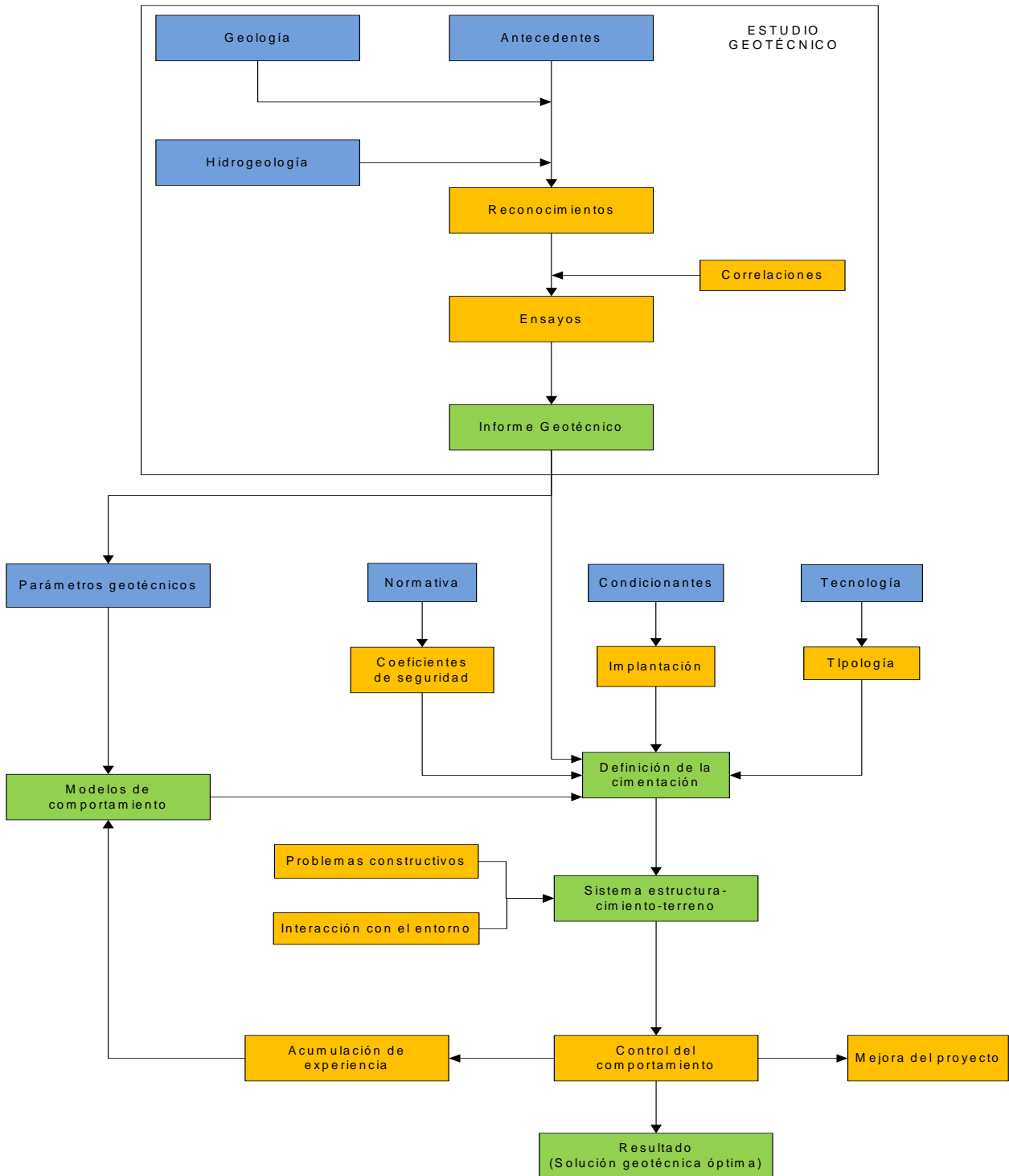


Figura 2-1: Esquema de las fases usuales de la metodología geotécnica según Rodríguez (1982)

Aunque en algunos casos la resolución de una cimentación resulte trivial, en otros muchos, da lugar a un proceso relativamente complejo en el que deben integrarse numerosos factores para llegar a una solución correcta. Un esquema de dicho proceso se indica en la figura 2-1. Como puede verse, existen varias fases diferenciadas:

1. El estudio geotécnico
2. La definición de las condiciones de cimentación
3. El proyecto de la cimentación
4. La ejecución y control de la cimentación

Dada la naturaleza del presente trabajo de esta tesis, cuyo objetivo principal ha sido preparar un nuevo método para la Identificación de Riesgos (IR) en el Proyecto Geotécnico (PG), definido de la misma manera como se explica arriba del texto, en presente capítulo del estado de arte se estudian con detalle todos los aspectos relacionados y que son los siguientes:

- a) La evolución y definición del concepto de seguridad, fiabilidad, incertidumbre y riesgo en los proyectos de construcción, con especial enfoque hacia los problemas de PG.
- b) Análisis de los fallos en las obras de edificación e ingeniería civil, con especial enfoque hacia los fallos de origen geotécnico. Se estudian la aparición de los fallos en el ciclo de vida entero de las obras de construcción, y los orígenes de riesgo geotécnico.
- c) Se justifica la importancia de garantizar la seguridad de obras de cimentaciones en los edificios mediante el análisis de los costes invertidos a la reparación de fallos.
- d) Y finalmente, se presenta el marco metodológico del proceso de Gestión de Riesgos (GR), con un especial enfoque hacia su fase de identificación de riesgos.

2.2 Riesgo geotécnico en las obras de ingeniería civil y edificación: De las estadísticas de fallos al sistema de prevención.

2.2.1. Introducción.

A lo largo de la historia ha existido una permanente preocupación de la sociedad sobre la seguridad de los proyectos de construcción. Desde la consideración de los fallos como “actos de Dios” (Morley, 1996) hasta la aplicación de la “ley del talión” en el Código de Hammurabi y el establecimiento de las responsabilidades en los códigos legales desde la época romana. Esta preocupación originó diferentes reacciones del sector de la construcción, incorporando técnicas adaptadas a buscar una respuesta adecuada y suficiente a las exigencias y escenarios establecidos (Rodríguez et al, 2006).

Todavía, en algunas sociedades del mundo, sobre todo en la parte de oriente lejano, se implementan algunas prácticas rituales para conseguir que una construcción cumpla con sus fines y que no haya siniestro de la misma. Una de las técnicas más conocidas, que se usa frecuentemente también en los países desarrollados, es la técnica o más bien práctica ritual llamada feng sui (Morley, 1996) (figura 2-2).

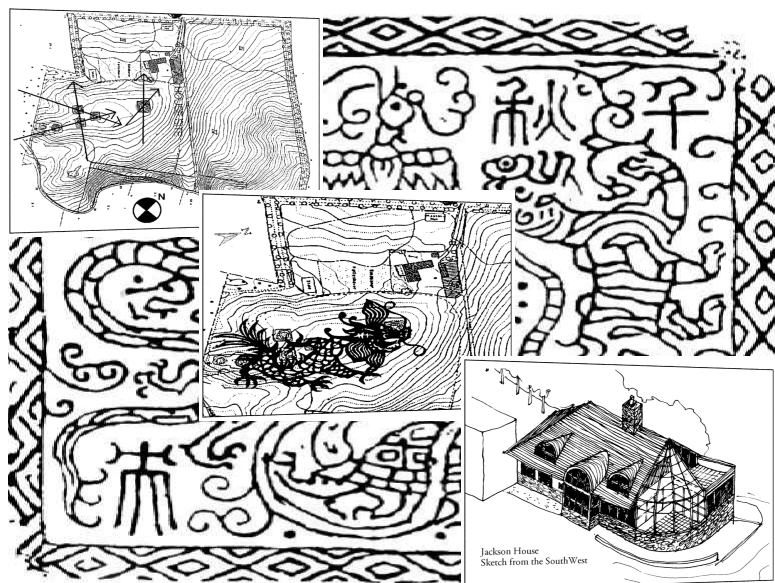


Figura 2-2: Ejemplo de la ubicación correcta del edificio en un sitio de la obra según la técnica china de Feng Shui.

Fue en el siglo XVIII cuando se desarrollaron los primeros modelos numéricos teóricos del comportamiento de las estructuras utilizando un concepto determinista de la seguridad basado en un coeficiente de seguridad. Posteriormente en la mitad del siglo XX se empieza a cuestionar esa teoría y a incorporar conceptos probabilistas de la seguridad y, en definitiva, a aceptar que la seguridad absoluta no existe y debe ser adaptada en función de las características de la construcción y de los aspectos económicos, morales y éticos, que rigen en cada momento y lugar, en la sociedad. Por tanto, los ingenieros no pueden asegurar el objetivo de la calidad en términos absolutos (cero defectos, satisfacción de las necesidades de los clientes, etc.) sino en términos ajustados a los aspectos citados (Rodríguez et al, 2006).

Posteriormente, en el año 1978 comenzó en Europa una corriente política encaminada (en relación a la construcción), a otorgar garantías de resultado a los usuarios una vez demostrado que el proceso de los proyectos y de las obras no podía garantizar por sí misma la seguridad absoluta, produciéndose conflictos a la hora de tratar de indemnizar a los usuarios frente a la responsabilidad que asumían los interesados. En definitiva, se pretendía invertir la causa de la prueba del origen del daño, poniendo ésta en manos de las partes interesadas en el proceso y no en las de los demandantes.

Esta corriente fue el origen de la evolución que ha seguido los códigos y reglamentos hasta la actualidad, desde el sistema de las prescripciones al de las prestaciones, es decir, ya no se trata de cumplir con lo que piden los códigos sino de asegurar unas prestaciones con una seguridad adecuada y garantizar la indemnización del cliente en el caso de que no se satisfagan dichas prestaciones (Rodríguez et al, 2006). En España esta política se consolida con la expresión de los requisitos esenciales de las construcciones (DPC CE106/89, 1989), en la “Ley de Ordenación de la Edificación” (1999), y el posterior Código Técnico de Edificación (CTE) (2006).

Una obra de calidad sería una obra reflejo de las especificaciones de la normativa y del proyecto y ello no sería sinónimo de satisfacción ya que los métodos de cálculo implícitos (los inherentes a las normas) pueden incluir fallos o riesgos inaceptables de acuerdo con los requisitos (Rodríguez et al, 2006).

Una obra satisfactoria sería el objetivo a alcanzar, es decir que la probabilidad de incumplimiento de los requisitos se ajusta a lo que la sociedad ha establecido, lo dentro de la normalidad del fenómeno (Rodríguez et al, 2006).

La aplicación del sistema de Gestión de Calidad (GC) en los proyectos de ingeniería civil pertenece, hoy en día, a los procedimientos rutinarios. Sin embargo, tratar con el riesgo e incertidumbre no forma parte del sistema de GC, mientras que estas tendrán un impacto importante en el cumplimiento de las normas de calidad. Existen las tendencias de aplicar el sistema de Gestión de Riesgos dentro del ámbito de los proyectos de ingeniería civil, como un procedimiento complementario a los de la GC y la Gestión de Conocimiento (GCM) (Van Staveren, 2006).

La GR puede ser utilizada para tratar las incertidumbres inevitables de proyecto. Va más allá de conocer y prever la certidumbre y entra en el ámbito de la incertidumbre de lo previsto e incluso la incertidumbre de lo imprevisto. La GR comienza donde termina la GC convencional.

2.2.2. Riesgo en los proyectos de construcción.

Las obras de ingeniería civil pertenecen a tales tipos de sistemas técnicos, que se enfrentan durante todo el ciclo de vida con incertidumbres importantes. Según el carácter de la estructura, el entorno físico, y las cargas; se hacen valer diferentes tipos de incertidumbres, cuya importancia en ciertos casos puede ser apreciablemente distinta. Las incertidumbres en las obras de ingeniería civil generalmente incluyen lo siguiente (Holický y Marková, 2005):

- Casualidades naturales de las cargas, de las características de los materiales, y de los datos geométricos.
- Incertidumbres estadísticas en consecuencia de la envergadura limitada de los datos disponibles.
- Incertidumbres en los modelos de cálculo en consecuencia de la simplificación de las condiciones reales.
- Incertidumbres provocadas por las definiciones imprecisas de los requisitos funcionales.
- Carencia del conocimiento sobre el comportamiento de los materiales nuevos en condiciones reales.
- Errores gruesos cometidos durante las fases de diseño, ejecución, y explotación de obra.

Cuando más se piensa sobre la diferencia entre la incertidumbre y el riesgo, más se inclina para ver que el riesgo sea más relevante en términos de la industria de construcción (Flanagan y Norman, 1993).

En la industria de construcción a partir de los años cincuenta del siglo pasado, existía la necesidad de analizar la incertidumbre para poder estimar con más precisión el coste global de un proyecto de construcción. Entonces, se ha introducido el valor de riesgo a la anteriormente reconocida ecuación del coste global de proyecto. En los años sesenta, E. Torroja presenta la modificación del coste global de la estructura, con el fin de optimizar la seguridad de la misma según el nivel del riesgo estimado. Se ha introducido el valor del riesgo a la ecuación para la optimización del coste de una estructura (Holický y Marková, 2005):

$$C_G = C_P + C_C + C_M + C_R + P_f \cdot E(D) \quad (2-1)$$

Donde:

C_G es el coste global del proyecto.

C_P es el coste del proyecto de diseño.

C_C es el coste de la construcción.

C_M es el coste del mantenimiento, explotación e inspección.

C_R es el coste de la demolición y reconstrucción.

P_f es la probabilidad del fallo.

$E(D)$ es el valor esperado del daño.

Puede considerarse que la suma de los cuatro primeros representa el coste de la seguridad y el quinto el coste del riesgo.

La definición del fallo no tiene por que estar relacionada directamente con la rotura de algún elemento constructivo, sino puede ser también el incumplimiento de los requisitos y prestaciones que le han dado a la obra los promotores, los usuarios y la sociedad, en general.

La probabilidad de fallo es un concepto importante en el tratamiento del riesgo, y su medición tiene una historia muy larga. Las definiciones van desde la clásica noción determinista que es la probabilidad como proporción de ocurrencia al número total de casos igualmente probables (como el despliegue de un dado o un tiro de una moneda), a unas definiciones o unos juicios mucho más subjetivos (Flanagan y Norman, 1993). Existen dos escuelas de pensamiento sobre la teoría de la probabilidad:

1. Probabilidad objetiva. “*Objetivistas*” creen que las probabilidades deben referirse a largo periodo de las frecuencias de ocurrencia. En otras palabras, solo los eventos que pueden repetirse durante largo periodo de pruebas pueden ser reguladas por las probabilidades. Entonces, solo después de las observaciones repentinas se puede hablar de la frecuencia relativa de los eventos y las probabilidades asociadas.
2. Probabilidad subjetiva. Según este concepto, la probabilidad de un evento es un grado de creencia o confianza colocada en su ocurrencia por quien toma la decisión sobre la base de evidencia disponible. Por lo tanto, si él que toma la decisión siente que un evento tenga una ocurrencia improbable, asigna el valor de la probabilidad de ocurrencia cercana a nula; cuando cree que es muy probable que un evento ocurra asigna el valor de la probabilidad de ocurrencia cercano a uno. Las probabilidades subjetivas representan el grado de creencia

que la persona cree que es correcto. Estas probabilidades se basan en la información que tiene el evaluador.

En el análisis de las estructuras no se dispone del numeroso banco de datos relativos a los tiempos de fallo de los elementos o la posibilidad de realizar ensayos con gran número de repeticiones como en otros campos de ingeniería, por ejemplo, en la ingeniería aeroespacial, la nuclear o la electrotécnica (Whitman, 2000) (Clayton, 2001) (Christian, 2004), (Van Staveren, 2006). Además la población y las acciones tienen una naturaleza no homogénea (no hay dos estructuras iguales, en la misma ubicación, con la misma cimentación y solicitadas por las mismas cargas).

De acuerdo con el apartado anterior, la probabilidad subjetiva parece ser más fructífera para el análisis de la fiabilidad estructural mediante los métodos de decisión en los que se incluyen la valoración de las consecuencias (Rodríguez, 2008). La probabilidad subjetiva está condicionada por el grado de conocimiento acerca del objeto o suceso.

La estimación de un valor esperado de daño, o en otras palabras, las consecuencias de un evento de riesgo, tiene también sus peculiaridades. El impacto de un riesgo técnico puede tener distintos efectos sobre el sistema. Por ejemplo, en el caso del riesgo inherente a la estructura pueden producirse fallos operativos, fallos irreversibles leves, reparables con un mantenimiento más o menos costoso que devuelve la obra a sus condiciones originales. Pueden producirse también “roturas” o fallos graves que obligarían a reparaciones mayores y, además, podrían implicar consecuencias desproporcionadas (Soriano, 2000).

Hay que tener en cuenta, que el sistema no es solo la estructura portante de una obra cualquiera sino también el sistema pueden ser las operaciones y los procedimientos necesarios para ejecutar a la misma. Las operaciones y los procedimientos afectan a la fiabilidad de una estructura.

No siempre es posible expresar las consecuencias de un riesgo técnico en términos económicos. Cuando existen daños al medioambiente o a ciertos valores patrimoniales y sobre todo cuando el fallo de la obra puede implicar el riesgo de pérdidas humanas, el riesgo ha de “calcularse” usando distintas unidades de medida (Soriano, 2000).

Por ese motivo, para clasificar las obras en cuanto a su riesgo potencial, suelen considerarse de forma separada los “daños” puramente económicos de los daños al medioambiente y de los daños a la población (posible número de víctimas). En países con elementos patrimoniales de gran valor, existe un cuarto tipo de daño que también habría de considerarse en aquellas obras que pudieran afectarlo (Soriano, 2000).

El proyecto es un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único (PMI, 2004). Las organizaciones realizan trabajos con el fin de lograr un conjunto de objetivos. Por lo general, los trabajos se clasifican en proyectos y operaciones, aunque en algunos casos estos se superponen. Los proyectos y las operaciones difieren primordialmente en que las operaciones son continuas y repetitivas, mientras que los proyectos son temporales y únicos (PMI, 2004).

En otras palabras podemos decir que el proyecto es un conjunto de actividades, de tareas y de operaciones que se tienen que ejecutar para terminarlo. Cada actividad, tarea

y operación conlleva un riesgo que lo llamamos el “riesgo operativo y de procesos”. No es el único tipo de riesgo que aparece en proyecto y que tenemos que gestionar. Hay también el llamado “riesgo de diseño de un producto o de un servicio” que en el caso de construcción es un riesgo de solución de una obra de edificación o de infraestructura.

Esta división de riesgos de proyecto está fomentada también por los estándares de la llamada “*Gestión de riesgos*” (capítulo 2.3) que se distinguen entre los estándares que tratan el riesgo de diseño y los estándares que se dedican puramente al riesgo operativo y de los procesos.

El objetivo de la “gestión de riesgos de diseño” es conseguir la optimización de seguridad de sistema, identificando y analizando todos los posibles modos de fallo del sistema durante su diseño, construcción y explotación. También se han de tener en cuenta las operaciones o procedimientos inherentes al diseño, ejecución, mantenimiento y a la explotación de un sistema constructivo.

El objetivo de “gestión de riesgos de las operaciones y de los procesos de proyecto” es garantizar el cumplimiento de los objetivos básicos de proyecto que son el coste, el plazo y la calidad. Estos tres objetivos mencionados influyen indirectamente a la fiabilidad de los productos, es decir, a las entregables de proyectos.

Un buen proyecto geotécnico intenta tratar adecuadamente los riesgos inherentes al diseño de una solución y consecuentemente ajustar bien el coste de la misma. Bajo el concepto de proyecto geotécnico se entiende la investigación de suelo, diseño, cálculo, y una ejecución de cimentación y/o de la mejora de terreno.

2.2.3. Fiabilidad del proyecto geotécnico.

Los encargados de llevar a cabo la gestión de proyecto intentan conseguir un equilibrio entre una buena solución económica y una buena solución técnica (PMI, 2004). Problemas relacionados con el terreno siguen siendo las causas más grandes de retrasos y de sobrecostes de los proyectos de ingeniería civil.

El profesor Clayton de la Universidad de Southampton afirma en su artículo sobre riesgos geotécnicos que a pesar de los avances en las ciencias de investigación del subsuelo, el diseño geotécnico no será nunca el mismo que el diseño de estructuras por las siguientes razones (Clayton, 2001):

1. Las propiedades del suelo, la distribución de suelo y el nivel del agua freático por debajo de sitio de construcción son predeterminados y, por lo tanto, en gran medida fuera de control.
2. Las propiedades del suelo y el nivel del agua freático suelen ser variables de un sitio a otro. Por ejemplo, los valores de resistencia pueden variar en órdenes de magnitud de 6 veces mayor que el valor mínimo y los valores de permeabilidad incluso en el orden de 13 veces mayor que el valor mínimo. Esto supone un contraste fuerte comparándolo con otros materiales como hormigón o acero con especificaciones mecánicas predeterminadas y bien controladas.
3. Las obras de geotecnia se llevan a cabo al comienzo de la construcción por lo que los retrasos en esta fase afectan a las fases posteriores de la misma.

La figura 2-4 propone un resumen de todo el proceso de un proyecto geotécnico con las incertidumbres relacionadas con cada paso del mismo. El primer paso es la entrada de la información geotécnica que luego se introduce a distintos métodos de verificación, que son las ecuaciones deterministas, semiprobabilistas o probabilistas. De acuerdo con los resultados obtenidos de estos métodos se consiguen valores que sirven como entrada para la toma de decisiones sobre las instrucciones de carácter geotécnico para diseño, mantenimiento o explotación de la obra. Estas instrucciones son, en la mayoría de los casos, deterministas, recogidas por una larga experiencia con los sistemas empleados en los proyectos.

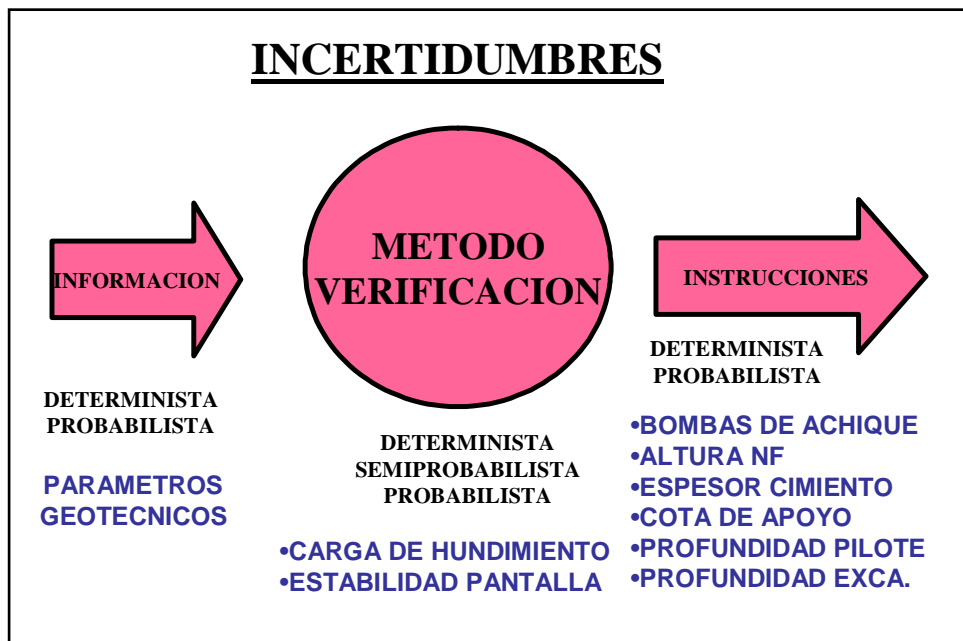


Figura 2-4: Esquema general de las fases del proyecto geotécnico con las incertidumbres pertinentes (Rodríguez, 2008).

Los parámetros geotécnicos sobre las condiciones del terreno que sirven de entrada para el método de verificación, contienen varias fuentes de incertidumbre cuando se estiman estos mediante las pruebas en el campo o en el laboratorio. La categorización básica viene señalada en la figura 2-5 (Whitman, 2000).

La incertidumbre en las propiedades de suelo se caracteriza a través de la dispersión de datos o un error sistemático de las herramientas de medición y del modelo de transformación. La dispersión de datos consiste en la variación espacial real del terreno y de los errores aleatorios de pruebas. Los errores aleatorios no deberían influir en la selección del parámetro (Whitman, 2000). La magnitud de estos errores debería ser identificada y luego descartada de su posterior análisis. La variación espacial real puede ser importante, dependiendo de las distancias sobre las que ocurre comparada con la escala real de proyecto.

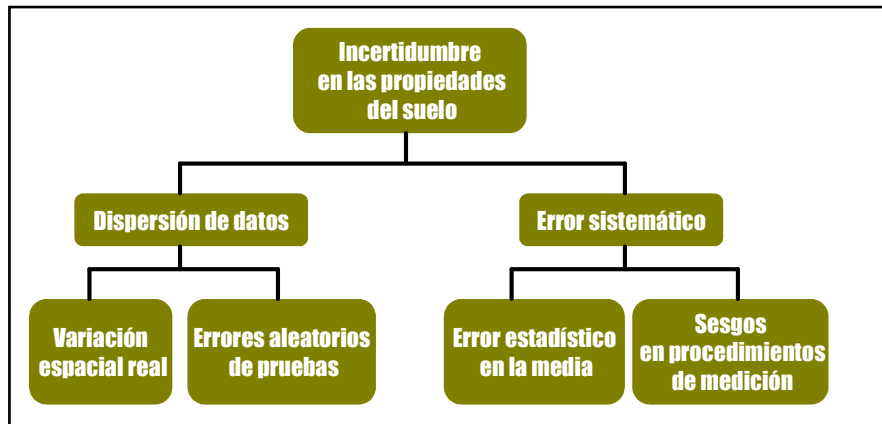


Figura 2-5: Categorías de la incertidumbre en las condiciones del terreno (Whitman, 2000).

El error sistemático resulta de los errores en medición y de los errores estadísticos. Los errores de medición ocurren porque los métodos de pruebas miden con cierto nivel de precisión el parámetro deseado. Los modelos de transformación concebidos para explicar los datos obtenidos de las medidas tipo, tienen también un error inherente. Los errores estadísticos vienen del número de pruebas ejecutadas. El nivel de la incertidumbre crece cuando menos pruebas se consiguen para equilibrar los errores aleatorios de las mismas (Whitman, 2000). Si más pruebas se ejecutan más se reducirá la incertidumbre del error estadístico.

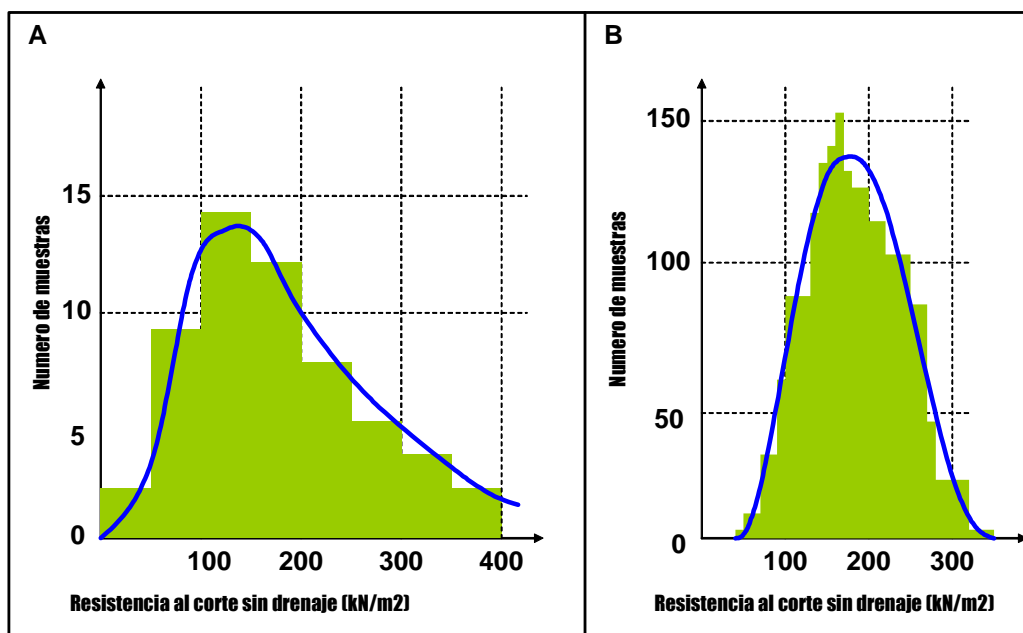


Figura 2-6: Distribución de datos de la resistencia al corte obtenidos de varias muestras. ¿Cuál es el valor de diseño? (Trenter, 2003)

En la figura 2-6 se muestra un ejemplo de la situación que puede ocurrir a la hora de seleccionar los valores de diseño analizando dos distribuciones estadísticas de datos. La parte A es un caso de datos de la resistencia al corte sin drenaje de arcillas del noroeste de Inglaterra, que han demostrado ninguna subida de la resistencia al corte con la profundidad. Parece ser que sigue una distribución logarítmica normal y la hipótesis

sobre el valor de media convencional en este caso sería bastante incorrecta (Trenter, 2003).

La parte B de la figura 2-6 demuestra la distribución de los datos de la resistencia al corte sin drenaje de las arcillas compactadas de un núcleo de la presa de Keilder (Trenter, 2003). El método de pruebas y la recogida de muestras han sido iguales como en el caso A. En este caso, los datos coinciden con la distribución normal, y entonces, la selección de la media probabilística podría ser justificada en base a los resultados obtenidos.

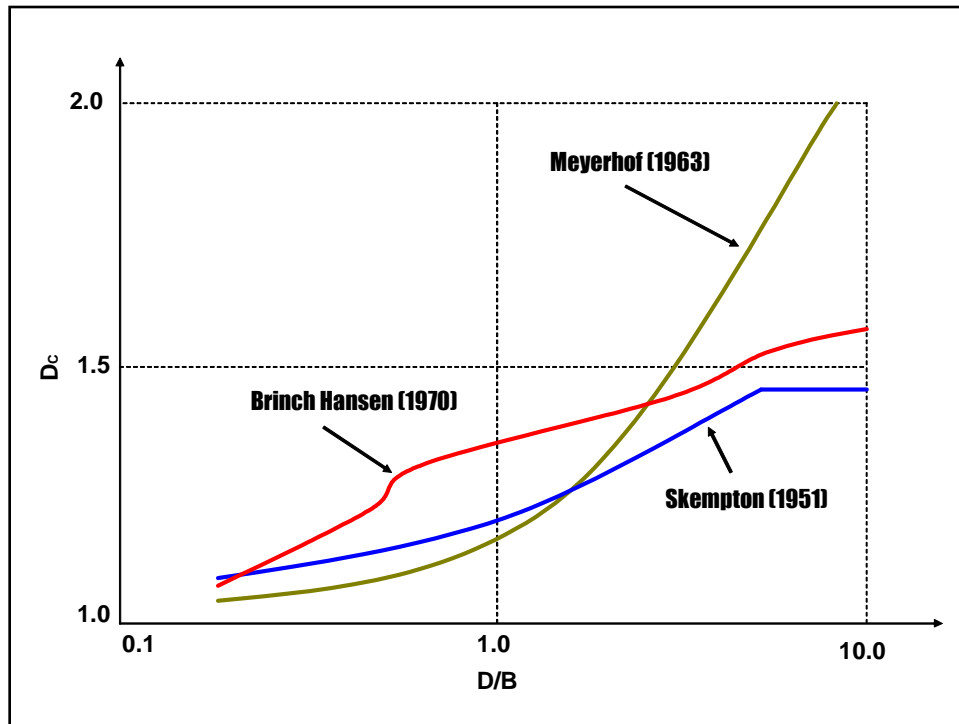


Figura 2-7: Tres métodos establecidos dan resultados muy diferentes sobre el valor del factor de profundidad (D_c) cuando se calcula la capacidad portante de las cimentaciones. (Trenter, 2003)

Para ilustrar la conveniencia de uso de los modelos de transformación de datos, Powrie (1997) cita tres métodos para calcular el factor de profundidad necesario para el cálculo de la capacidad portante de las cimentaciones de los suelos arcillosos, según Skempton, Meyerhof, y Brinch Hansen. Cada método puede ser adecuado en el marco de la hipótesis declarada por el autor, pero podría ser incorrectamente aplicado, si las hipótesis no han sido chequeadas contra la estructura y las condiciones específicas del emplazamiento. Esto se ilustra en la figura 2-7, donde se demuestra un gráfico de la relación entre el factor de profundidad (D_c) y el factor de la proporción entre el canto y el ancho de cimentación (D/B). Se reconoce la diferencia significativa entre los resultados de los tres métodos.

Como ya se ha señalado en los apartados anteriores, las incertidumbres deben ser iluminadas por un cierto grado de conocimiento para que puedan ser reducidas a un riesgo de diseño aceptable (Trenter, 2003).

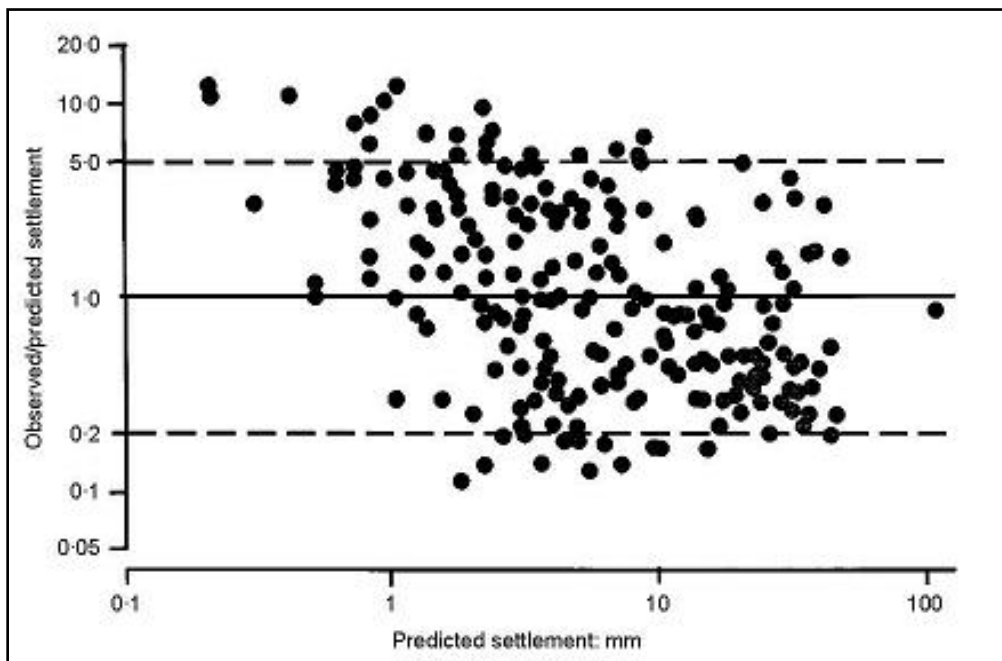


Figura 2-8: Los asentamientos predichos de las cimentaciones en arenas comparados con los asentamientos reales observados. (Clayton, 2001)

Puede haber mucha diferencia entre un resultado teórico y un resultado observado de la resistencia del terreno al hundimiento o del asentamiento de cimentación de una estructura. Como puede verse en la figura 2-8, la diferencia entre el valor real del asentamiento de estructura puede alcanzar, en algunos casos, hasta 15 veces más del valor predicho (Clayton, 2001).

El valor teórico de los métodos de verificación utilizados en el caso de la figura 2-8 se ha basado sobre los resultados del ensayo estándar de penetración (SPT) en los suelos arenosos. A través de esta figura puede verse lo impreciso que puede ser el cálculo de asentamiento basado sobre este tipo de ensayo.

2.2.4. Siniestralidad en proyectos de ingeniería civil: Enfoque a los problemas de cimentaciones.

Cuando se habla de un fallo del origen geotécnico, en la mayoría de los casos se entiende como un evento de graves consecuencias para la estructura o para el proyecto, respectivamente. El fallo no debe entenderse solo como una catástrofe sino también como la no capacidad de cumplir con las exigencias y prestaciones dadas para la estructura. También existen proyectos de ingeniería civil, donde las actividades de los mismos en centros urbanos pueden amenazar la estabilidad estructural de las estructuras colindantes. Esto también coincide con el concepto de fallo.

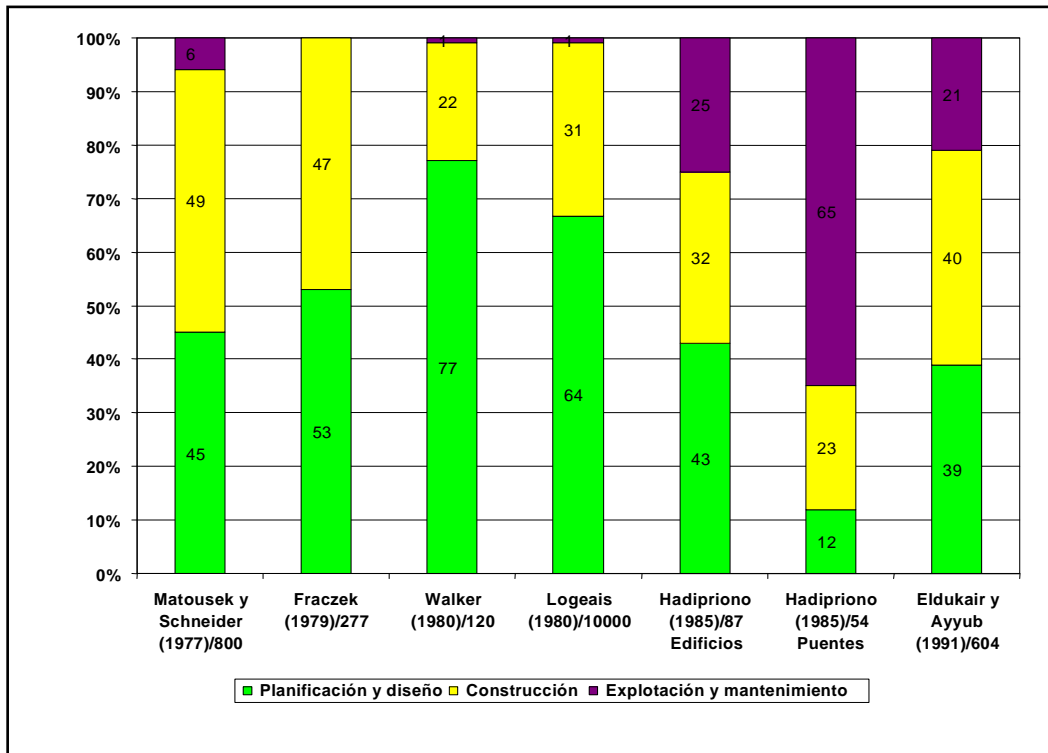


Figura 2-9: Distribución relativa de los fallos y errores por las fases de proyectos de ingeniería civil (Stewart y Melchers, 1997).

A finales de los años setenta surge la necesidad objetiva de estudiar la siniestralidad y los fallos en las obras de ingeniería civil para poder analizar los mismos en la escala global. Es cierto, que al obtener los resultados de las obras reales a través de un sistema organizado de la recopilación de datos, se podrían preparar soluciones globales para la prevención y el tratamiento de posibles fallos. A pesar del avance en tecnologías, los fallos en los proyectos de ingeniería civil siguen ocurriendo (Moorhouse y Millet, 1994). Sin embargo, no existen muchos estudios que se hayan elaborado sobre el tema.

Stewart y Melchers (Stewart y Melchers, 1997) hicieron un resumen sumando las partes de los estudios sobre fallos y errores en ingeniería de estructuras. En la figura 2-9 puede verse un resumen de los estudios sobre los fallos y errores que condujeron a los accidentes o daños económicos en varios tipos de estructuras. En algunos casos, estos accidentes produjeron las pérdidas de vidas humanas. Los resultados de los estudios de varios autores parecen ser coherentes, sin embargo, se puede observar que la distribución puede desviarse cuando se consideran solo unos tipos específicos de las estructuras, como, por ejemplo, los puentes.

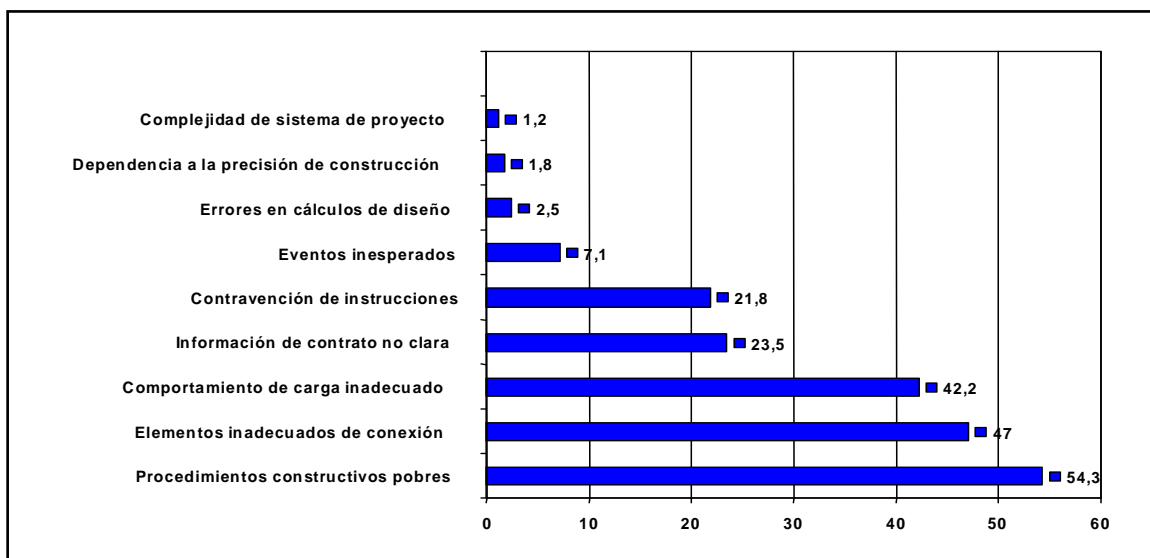


Figura 2-10: Ilustración de las causas primarias de fallos estructurales (Stewart y Melchers, 1997).

El análisis mencionado de los estudios de siniestralidad en la figura 2-9, hecho por Stewart y Melchers (Stewart y Melchers, 1997), también revela las causas de los fallos y errores. En la figura 2-10 puede verse que la mayor contribución en los fallos estructurales se achaca a los procedimientos constructivos pobres, elementos de conexión y comportamientos de carga inadecuados.

Uno de los estudios más amplios es el trabajo de Matousek y Schneider (Matousek y Schneider, 1976), basado en 800 fallos y errores anunciados que condujeron a accidentes y/o daños del área de ingeniería de estructuras. Matousek y Schneider han elaborado la revisión detallada de las causas, y también revisaron como los fallos y errores podrían ser prevenidos por tratamientos o medidas adecuados a los riesgos.

En la figura 2-11 puede verse que la media de los fallos y los errores fueron descubiertos, durante la ejecución y explotación de las estructuras (Matousek y Schneider, 1976). Las distribuciones entre diferentes tipos de estructuras son evidentemente distintas. La explicación de estas diferencias puede ser atribuida a la interacción entre el hombre y la estructura durante el periodo de la explotación. Las estructuras puramente industriales sufren predominantemente los fallos y errores durante la fase de explotación, mientras que las presas con muy poca interacción humana, experimentan la parte más grande de los errores y de los fallos durante el periodo de ejecución.

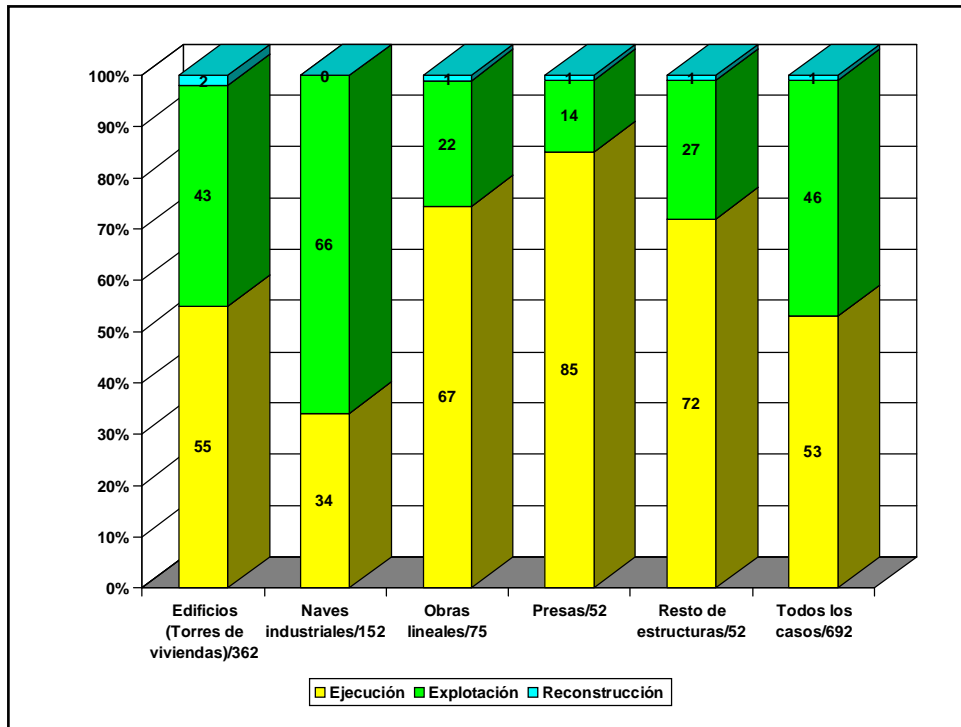


Figura 2-11: Ilustración de cuando en el curso de proyecto fueron descubiertos los fallos y los errores (Matousek y Schneider, 1976).

En la figura 2-12 puede verse la distribución relativa donde en las fases de un proyecto los riesgos no fueron tratados adecuadamente. Puede verse que la mayoría de los fallos y de los errores ya tienen origen en las fases de planificación y ejecución (Matousek y Schneider, 1976).

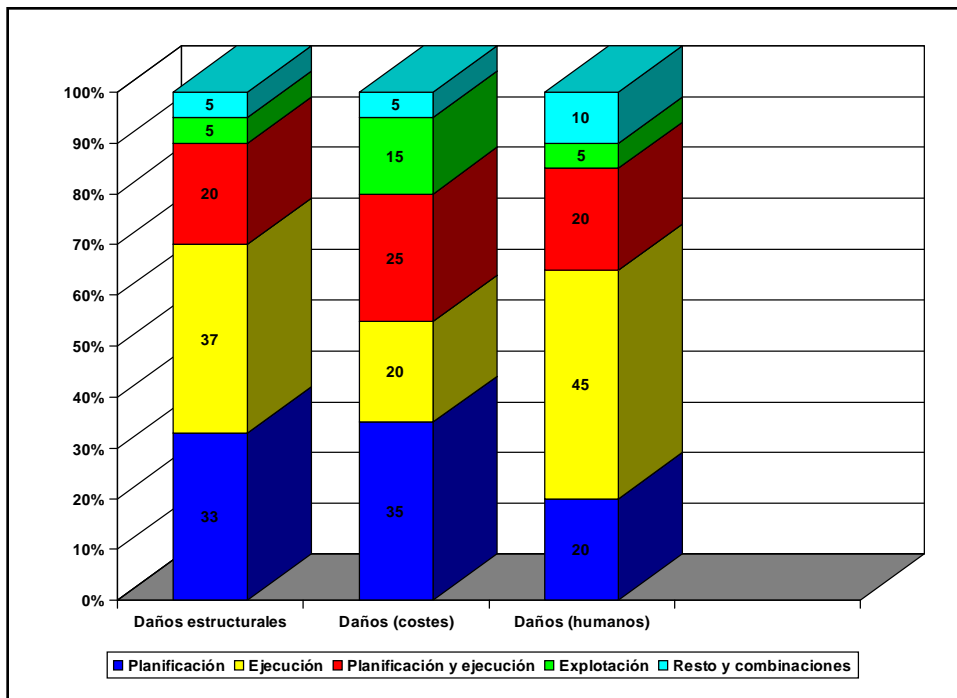


Figura 2-12: Distribución relativa del origen de fallos o errores produciendo consecuencias económicas o la pérdida de vidas humanas (Matousek y Schneider, 1976).

Los fallos y los errores con consecuencias puramente económicas tienen su origen predominantemente, en la fase de planificación. Los fallos y los errores que conducen a pérdidas de vida o lesiones tienen su origen predominantemente en la fase de ejecución.

En la figura 2-13 puede verse que la ignorancia y conocimiento insuficiente contribuyen mayoritariamente a la presencia de los fallos y de los errores (Matousek y Schneider, 1976). Posteriormente, viene la subestimación de los efectos, incapacidad de recordar, transferencia incorrecta de responsabilidad o simplemente el no saber.

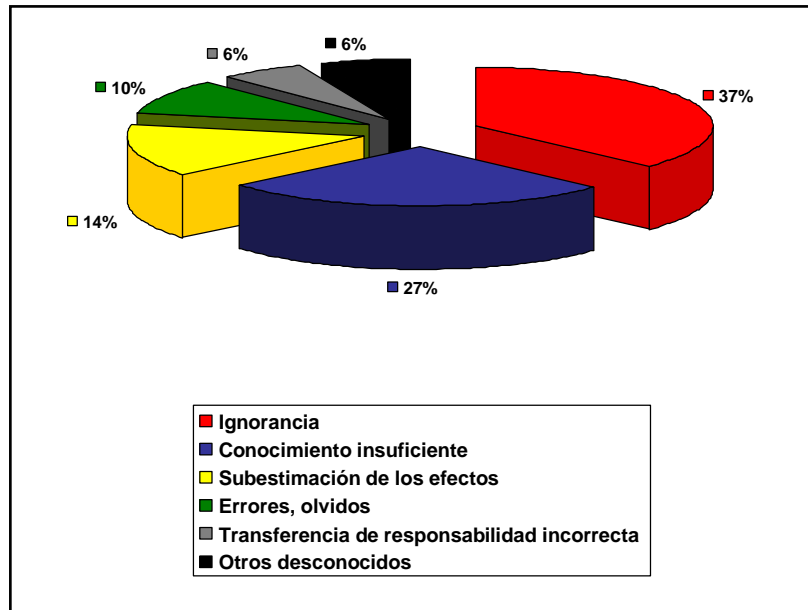


Figura 2-13: Distribución de las razones porque ocurren los fallos y los errores (Matousek y Schneider, 1976).

Otro trabajo muy interesante sobre los fallos y errores de los proyectos de ingeniería civil viene de EEUU y fue elaborado por G.F. Sowers (1993). El autor menciona que hizo su estudio estadístico según la información disponible, en la que tenía de 480 casos de fallo. El autor centró su investigación a identificar el origen y ocurrencia del problema que condujo al fallo de la estructura. G.F. Sowers como otros autores mencionados previamente, reconocen cuatro orígenes del problema, la planificación, el diseño, la ejecución de la construcción y la explotación de la estructura. Dándole él mismo especial enfoque a los problemas relacionados con el terreno, del total de los 480 casos de fallo analizados, 88 % han sido achacados al error humano.

Los problemas originados en el diseño se suelen materializar proporcionalmente, es decir, 1/3 de los problemas en la fase de construcción, y 2/3 de los problemas en la fase de explotación (Tabla 2-1). El número desproporcionado de los fallos durante explotación ocurre según el estudio durante los primeros años de funcionamiento y el resto está dispersado a lo largo del ciclo de vida de la estructura.

Tabla 2-1: Origen del problema y ocurrencia del mismo en los proyectos de ingeniería civil (Sowers, 1993).

FASE DE PROYECTO	ORIGEN DEL PROBLEMA (%)	OCURRENCIA (%)
Planificación	< 1	< 1
Diseño	58	< 1
Construcción	38	41
Explotación	4	57

Las causas de fallo de las estructuras las clasifica de la siguiente manera (Sowers, 1993):

1. Ausencia del conocimiento contemporáneo o de la tecnología (12% de todas las causas).
2. Ignorancia de buenas prácticas (33 % de todas las causas).
3. Rechazo de tecnología contemporánea (55 % de todas las causas).

Sowers (1993) menciona que la ausencia de conocimiento en ingeniería de suelos y en algunas otras especialidades de ingeniería tiene dos dimensiones:

1. Ausencia de datos.
2. Ausencia de conocimiento teórico o experiencia.

Habría que mencionar que dentro de la causa clasificada como ausencia de tecnología contemporánea, el autor excluyó los casos donde se había demostrado la carencia en número de sondeos y muestras de suelo obtenidos durante la investigación de subsuelo. Si se considerasen estos casos como una ausencia de datos el resultado final sería 33 % de todos los fallos achacables a esta causa comparados con 12 % de informe final. Sowers declara que más bien los encargados de adoptar decisiones no sabían que los datos podrían ser conseguidos (ignorancia) o decidieron que los datos no habían sido necesarios o que habían sido muy caros (rechazo).

La ignorancia de buenas prácticas la define sencillamente como un problema que surge porqué se toman decisiones incorrectas, hechas por personas que no tienen el conocimiento adecuado o entendimiento para tomar una buena decisión. Esta falta de conocimiento tiene dos dimensiones. Según Sowers (1993) son las siguientes:

1. Carencia de profundidad de conocimiento, donde el ingeniero educado en la toma decisiones universales carece de un conocimiento especial de alguna tarea en particular.
2. Carencia de amplitud de conocimiento, donde en la toma de decisiones multidisciplinarias el ingeniero puede carecer de conocimiento adecuado.

El rechazo de la tecnología reciente, la aplica el autor a las situaciones donde el ingeniero entiende la tecnología actual pero fracasa en aplicarla a la situación que conduce al fallo. Los casos que analizó el autor le demostraron que existían tres dimensiones del rechazo que son las siguientes:

1. Comunicación defectuosa.
2. No comunicación (falta de enlace).

3. Comunicación maliciosa (surgida por las presiones entre personas).

Las presiones a los ingenieros, individuales y también a grupos, causan mucho rechazo de tecnologías que conducen a problemas serios y a fallo de estructuras. Pueden venir de muchas fuentes: del cliente, del empleado, de la sociedad incluyendo los medios de comunicación, constructores, trabajadores, abogados, etc.

Para poder explicar bien el fallo de un sistema técnico es muy importante tener una buena clasificación de las causas del mismo. Un fallo puede suponer un problema pequeño o un daño de grandes consecuencias para la estructura. De acuerdo con lo anteriormente mencionado en este capítulo y según las definiciones propuestas por Moorhouse y Millet (1994), las causas de fallo pueden ser las siguientes:

1. Causas técnicas de fallo. Causas que tienen el origen en la configuración del sistema y también en la localización del proyecto. Generalmente explican la incapacidad de un sistema de afrontar a un evento no deseado.
2. Causas operativas de fallo. Causas que contribuyen en el fallo técnico. Estas causas tienen origen en las actividades y las operaciones llevadas a cabo para diseñar, construir, explotar y mantener un sistema técnico.

Se ha demostrado que las operaciones y las actividades ejecutadas durante un proyecto contribuyen indirectamente a un posible fallo de la estructura (Moorhouse y Millet, 1994). En el estudio de 37 casos geotécnicos se analizaron las causas que habían contribuido al fallo técnico. En total, se han identificado 90 causas en los casos estudiados. Las dos primeras de mayor frecuencia de ocurrencia han sido las siguientes:

1. Promotores o contratistas no contemplaron las recomendaciones de los profesionales.
2. Faltaba información sobre posible riesgo (probabilidad de ocurrencia de evento y su posible grado de su impacto).

2.2.5. Importancia económica de los riesgos geotécnicos.

Aunque en la mayoría de los proyectos de ingeniería civil no se materializa un fallo grave, como podría ser el derrumbe parcial o total de la estructura o el deslizamiento global de un talud, es muy frecuente observar la incapacidad de cumplir el presupuesto o los plazos acordados por problemas, muchas veces, de carácter geotécnico.

El proyecto geotécnico tiene, en sentido amplio, varias fases diferenciadas. Entre ellas podrían citarse las siguientes (Soriano, 2000)

1. El reconocimiento del terreno
2. La caracterización de los materiales
3. La concepción del proyecto
4. Los tratamientos del terreno
5. Los cálculos de verificación
6. Las disposiciones constructivas
7. La observación de la obra durante la construcción y durante su servicio.

Tal como en otras partes de proyecto de construcción de ingeniería civil, el coste del proyecto geotécnico según la dirección de proyecto se suele desglosar en dos partes; los costes presupuestados y los costes para las obras adicionales y de retrasos (Rozsypal, 2001).

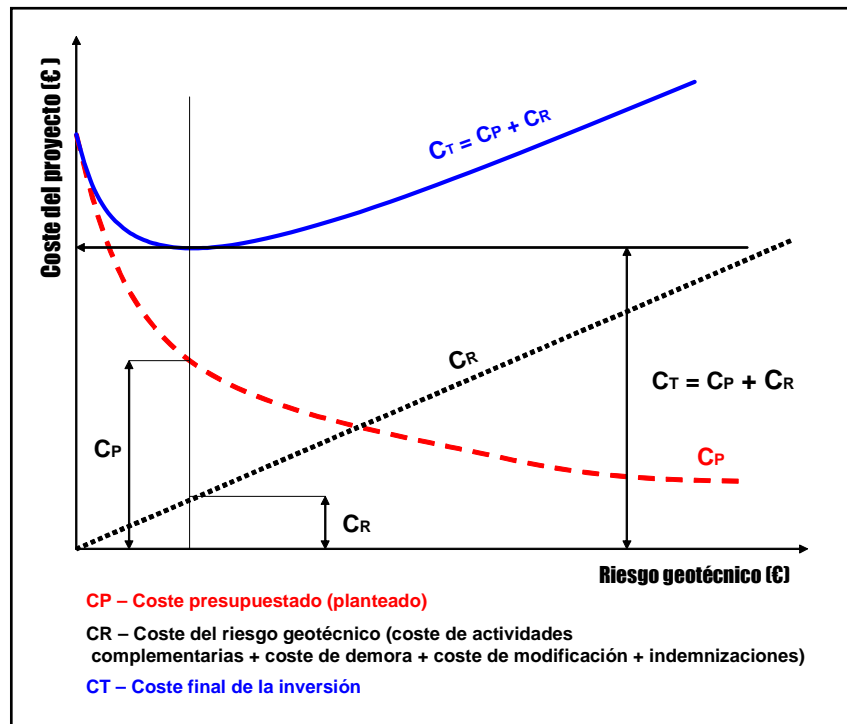


Figura 2-14: Optimización de los costes presupuestados de proyecto y el riesgo geotécnico del mismo (Rozsypal, 2001).

En la mayoría de los casos, se ha de resolver la contradicción entre un empeño de aumentar la fiabilidad y un empeño de disminuir los costes presupuestados. El aumento de la fiabilidad conlleva un aumento de costes presupuestados pero disminuye la probabilidad de ocurrencia o el impacto de los eventos no deseados (Rozsypal, 2001). La distribución de las funciones del coste presupuestado (coste de proyecto geotécnico) y del riesgo geotécnico pueden verse en la figura 2-14.

Las posibles consecuencias de riesgo geotécnico coinciden con la suma del coste de las actividades complementarias, del coste de demora, del coste de la modificación y del coste de las indemnizaciones.

El objetivo de la dirección de proyecto es encontrar un punto óptimo, es decir, tomar la decisión sobre la solución técnica óptima para su proyecto geotécnico. Para este fin se tienen que comparar las soluciones propuestas en base a la gráfica expuesta en la figura 2-14. Es cierto, que algunas soluciones no son necesarias para el proyecto, porque el coste presupuestado (C_p) supera notablemente a los posibles costes adicionales (C_R) en el caso de la materialización del riesgo. Por otro lado, pueden existir soluciones que tampoco sean validas porque existirá una probabilidad muy alta de la ocurrencia de costes adicionales de alto valor.

Muchos sobrecostes en los proyectos de ingeniería civil tienen su origen en una solución inadecuada del proyecto geotécnico. El riesgo geotécnico forma parte sustancial de los proyectos de las obras lineales, de las obras de túneles y las obras de presas de materiales sueltos. En las recomendaciones de diseño para obras portuarias y marítimas aparecen ya las ecuaciones que relacionan la solución técnica con el nivel de riesgo de la estructura (proyecto) (Puertos de Estado, 2001).

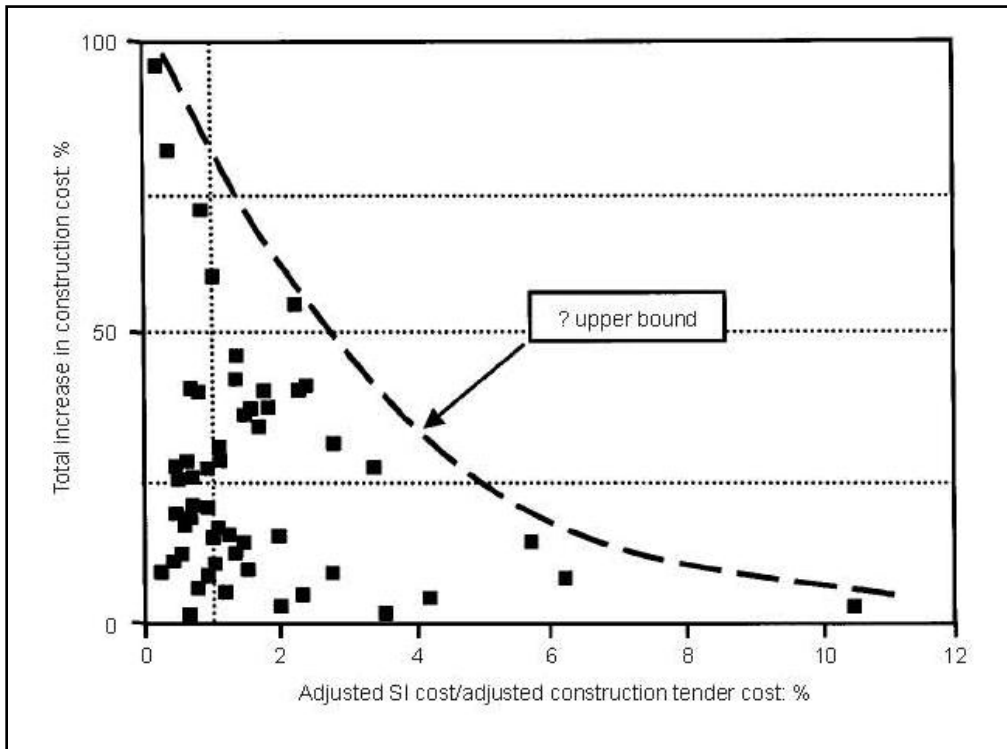


Figura 2-15: Incremento del coste de construcción como la función de los expedientes a la investigación de terreno (TRL, 1994).

La figura 2-15 demuestra los resultados de un estudio que se había elaborado con el fin de obtener los datos relacionados con la eficiencia de las prácticas de la investigación de terreno en las construcciones de carreteras en Reino Unido (TRL, 1994). Los autores buscaron una relación entre el incremento del coste presupuestado de los proyectos de carreteras y el coste adjudicado para la investigación de suelo.

El estudio reveló que con los niveles tradicionales de expedientes destinados a la investigación de terreno (típicamente menos del 1%), los sobrecostes en los proyectos de carreteras alcanzaban hasta el 100%, mientras que las expedientes de 6% del coste de construcción para la investigación de suelo parecían ser necesarios para garantizar un sobrecoste del 10%.

Por otro lado, hay que notar que los proyectos de edificación tienen menos peso de trabajo con el terreno, y también suelen ser menos complejos, entonces sería bastante difícil interpolar directamente los resultados de este estudio.

En los últimos años se promociona una política activa y abierta frente a los fallos y errores en los proyectos de ingeniería civil. Desde cuando se estableció para los

edificios la obligación del llamado “*seguro decenal de daños*” (SDD) en Francia, se han conseguido importantes estadísticas sobre el tema de los problemas estructurales y la siniestralidad de la edificación.

Con el fin de recopilar y analizar los datos sobre los errores y fallos y sus consecuencias económicas en los proyectos de edificación se ha creado una herramienta llamada SYCODÉS (SYsteme de COLlecte des DÉSordres).

Agence Qualité Construction (AQC) es la agencia francesa que observa la siniestralidad de los proyectos de ingeniería civil a través de la herramienta de indicadores llamada SYCODÉS y su repercusión en los costes de reparación del proyecto en caso de su ocurrencia. Hasta el año 2007 desde hace ya más que 12 años, se han registrado y analizado más de 80000 desórdenes (AQC, 2007). Todos los proyectos registrados en SYCODÉS fueron asegurados a través de (SDD).

El SDD establece el sistema de control y prevención de riesgos para prevenir que el proyecto, en la mayoría de los casos, no tenga fallos estructurales durante el periodo de 10 años desde su puesta en marcha. El sistema permite analizar las causas y los orígenes de los desórdenes registrados y preparar así las respuestas adecuadas para estas causas con el fin de intentar disminuir la frecuencia de las mismas. AQC emite informes de SYCODÉS detallados cada dos años con el fin de informar sobre varios factores de siniestralidad analizados y el impacto de éstos en los costes de reparación.

Para definir el desorden, SYCODÉS lo codifica como un fallo estructural, la causa, la forma de manifestación y el origen de su discapacidad. Cuando ocurre el siniestro en un edificio varias partes del mismo pueden ser afectadas (AQC, 2002). Como explica el mismo informe varios desordenes pueden darse en un mismo siniestro del edificio (por ejemplo dos desordenes en un siniestro observados en cimentación y en canalización). Es más una causa que un sitio donde se demuestra el daño.

Las distribuciones estadísticas de los desordenes se observan en los términos del peso relativo, coste relativo de reparación, y el coste de reparación, entre otros (AQC, 2007). El peso relativo de desordenes es un número de determinados desordenes del total de desordenes registrados durante el periodo de observación. El coste relativo de reparación es el porcentaje del coste total de la obra donde apareció el desorden. El coste de reparación es el coste promedio de un determinado desorden.

Hay que tener en cuenta que cualquier fallo inducido por los problemas geotécnicos suele afectar, en la mayoría de los casos a otros elementos de un edificio. En la figura 2-16 se puede observar que el peso relativo de desordenes (número de desordenes de cierto tipo del total de desordenes registrados durante el periodo de observación) en los elementos de cimentación es 2,5 veces menor comparado, por ejemplo; el peso relativo que corresponde a los desordenes en las fachadas en caso de un fallo.

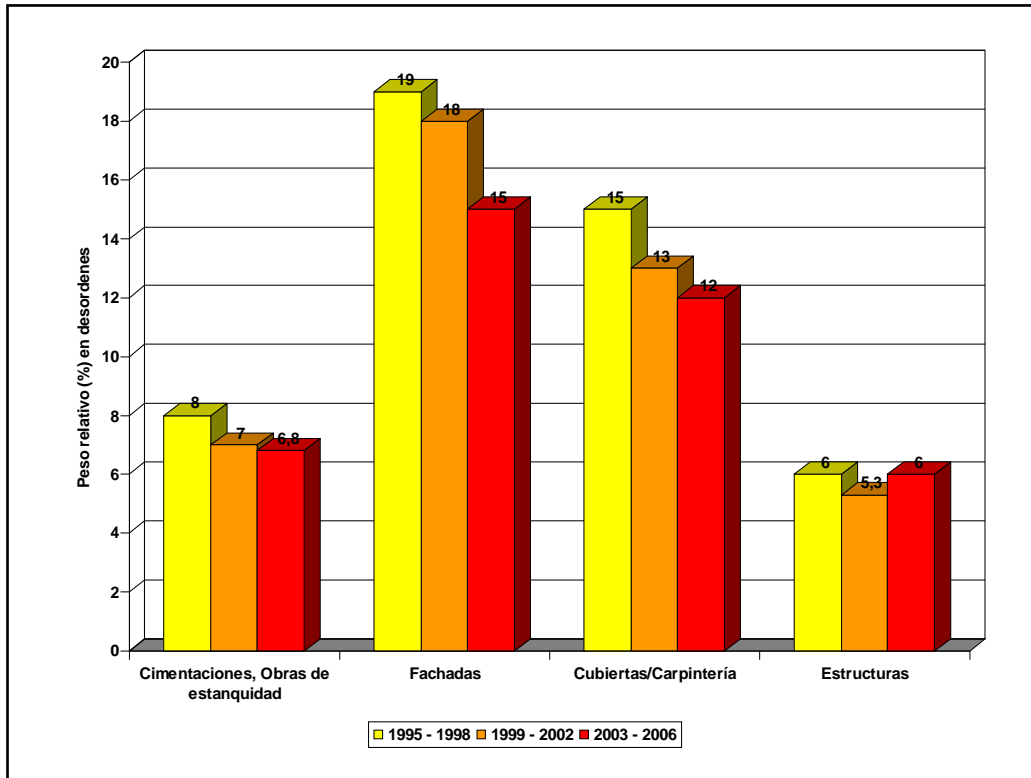


Figura 2-16: Repartición del peso relativo de los desordenes atribuibles a los elementos del edificio. Este gráfico muestra solo algunos de los elementos de edificio considerados en los informes de AQC (AQC, 2007).

Si el origen de fallo está en la cimentación, el coste relativo de reparación suele rondar el 10 % del coste total de un edificio mientras que en el caso de las fachadas está en torno de un 3 % (figura 2-17). Los costes relativos de reparación de los desordenes de cimentación representan un valor tres veces mayor que los costes relativos que se producen por los desordenes en fachadas. Esto hace tratar al proyecto de cimentación con mucho cuidado en un intento de garantizar su fiabilidad real.

En términos de porcentaje del total de los 80 000 desórdenes, registrados entre los años 1995 hasta el año 2007, suponen un valor de alrededor del 7 % de todos los elementos constructivos mientras que los desórdenes en la cimentación desórdenes en las fachadas rondan el 17 %.

El valor promedio de coste de reparación de un desorden de cimentación rondaba los 10 000 euros mientras que el valor promedio de coste de reparación de un desorden de fachadas estaba en torno de un 3500 euros. Durante los 12 años del registro los desordenes de cimentación costaron 56 millones de euros, mientras que las reparaciones de fachadas costaron en torno del 47,5 millones de euros.

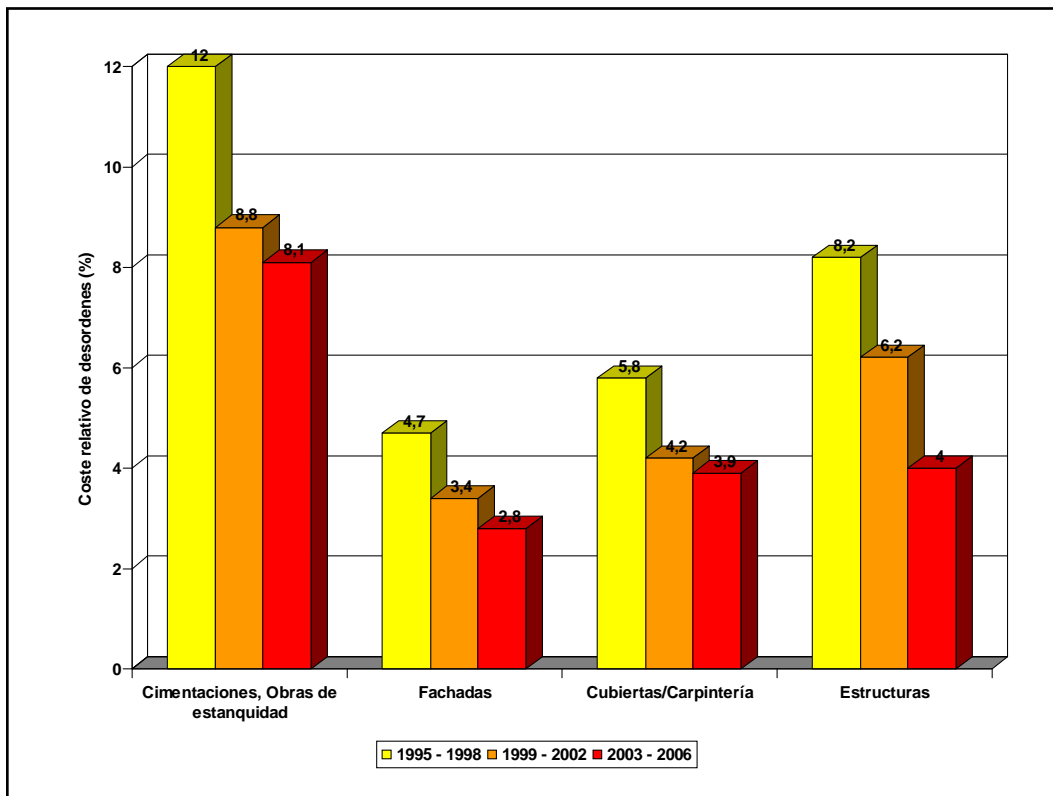


Figura 2-17: Coste relativo de desordenes (CRD) repartido según elementos del edificio. Este gráfico muestra solo algunos de los elementos de edificio considerados en los informes de AQC (AQC, 2007).

Muchos de los desordenes en las cimentaciones ocurridos durante los 12 años de funcionamiento de SYCODÉS, pertenecen según la clasificación de AQC a los grandes siniestros. Los costes de reparación no incluyen a los costes indirectos, como, por ejemplo, las pérdidas de beneficio para los clientes.

Los siniestros de tamaño grande suelen tener, en la mayoría de los casos, plazos de reconstrucción muchos más largos que los siniestros pequeños a los que pertenece la mayoría de los desordenes en fachadas. Entonces, el coste económico de los fallos producidos por cimentaciones y obras de estabilidad inadecuadas es muy importante.

2.3. La Gestión de Riesgos (GR): Proceso, definición, clasificación y registro de riesgos.

2.3.1. Introducción: Riesgo geotécnico en el contexto de la Gestión de Riesgos (GR).

En base de la tipología de los riesgos de construcción y la tipología de fallos relacionados con los problemas del terreno, varios autores presentan lo que es el concepto de riesgo del proyecto geotécnico.

Según la definición de Clayton (2001) el riesgo de proyecto geotécnico es el riesgo relacionado con las condiciones del terreno y de las aguas subterráneas en el sitio de la obra. Los problemas relacionados con el terreno pueden afectar negativamente los costes, los plazos, la rentabilidad, la seguridad y salud, la calidad y la adecuación al uso del proyecto, y también pueden provocar daños sobre medioambiente.

Clayton (2001), Trenter (2003) reconocen el carácter híbrido de riesgo del terreno. En base de la definición que aparece arriba del texto, reconocen las tres tipologías básicas del riesgo geotécnico que son las siguientes:

1. Riesgo de diseño.
2. Riesgo contractual de subsuelo.
3. Riesgo de la Dirección Integrada de Proyectos (DIP).

El objetivo de la GR en el caso de llevar a cabo un Proyecto Geotécnico (PG) dentro de cualquier obra de ingeniería civil, es actuar sobre estas tres áreas. Cada uno de los proyectos geotécnicos tiene proporciones distintas y existe una relación entre cada uno de ellos.

El objetivo de una buena GR, según Trenter (2003), es reducir el quantum total de riesgo geotécnico. En la figura 2-18 se ve que aunque, el riesgo de diseño no ha sido disminuido con igual proporción que el riesgo de gestión, el resultado final es la disminución total del riesgo geotécnico de proyecto.

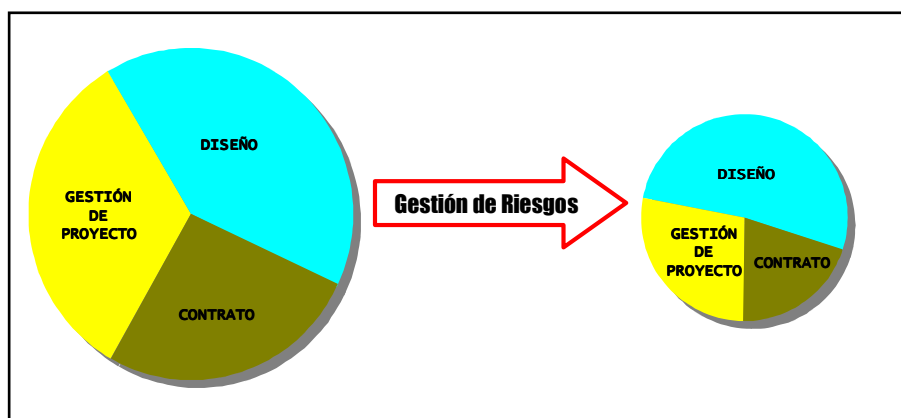


Figura 2-18: Tres componentes de riesgo geotécnico varían en la naturaleza de un proyecto a otro. Lo importante es la reducción de cantidad total de riesgo (Trenter, 2003).

El carácter híbrido del riesgo de terreno lo confirma Van Staveren (2006) cuando al mismo lo define dentro de las 4 tipologías generales de riesgo de proyecto de construcción que son las siguientes:

1. Riesgo externo
2. Riesgo de la organización
3. Riesgo técnico o de diseño
4. Riesgo legal

Para evitar las confusiones y mezclas no deseadas con las 4 tipologías anteriormente presentadas propone separar el riesgo del terreno y formar un tipo específico. Esto, según Van Staveren (2006) asegura que los riesgos de terreno obtengan una atención adecuada que necesiten. Entonces, dentro de lo que son los riesgos relacionados con el terreno, Van Staveren (2006) define las 4 tipologías básicas que son las siguientes:

1. Riesgos geotécnicos
2. Riesgos hidrogeológicos
3. Riesgos medioambientales
4. Riesgos antropicos

Las 4 tipologías pueden formar tanto la parte externa como la parte técnica, operativa y legal de riesgo de proyecto. A continuación, Van Staveren (2006) hace hincapié a la necesidad de considerar las descripciones de causas y efectos en las definiciones de los riesgos de terreno.

Basándose en la división de las causas de fallo en los proyectos de construcción (Moorhouse and Millet, 1994) presentada en el anterior capítulo, las definiciones de las causas del riesgo de terreno pueden partir de la misma división, reconociendo entonces las causas técnicas y operativas del mismo. En el caso de la definición de los efectos del riesgo de terreno, se puede partir de la descripción del mismo por Clayton (2001), reconociendo entonces diferentes efectos negativos sobre el proyecto tales como los costes, los plazos, la rentabilidad, la seguridad y salud, la calidad y la adecuación al uso, y daños sobre medioambiente.

La Dirección Integrada de Proyecto (DIP) es la que gestiona el proyecto geotécnico. Las posibilidades de la DIP en reducción del riesgo en proyectos de construcción son probablemente más grandes que en el caso de otras dos categorías definidas. Según la teoría de ingeniería de proyectos (PMI, 2004), la DIP es el mayor responsable de llevar a cabo las actividades de Gestión de Riesgos (GR). Otros actores de proyecto tales como los organismos independientes de control técnico pueden ser encargados de llevar a cabo las actividades de GR en áreas particulares del mismo, vinculadas con las coberturas de riesgos de las compañías de seguro o por las obligaciones legales.

Como se puede ver en la figura 2-19, cualquier proyecto de ingeniería civil tiene las siguientes fases básicas:

1. La planificación (el inicio).
2. El diseño.
3. La construcción.
4. La explotación.

5. Desmontaje (el cierre).

Para tratar correctamente los riesgos geotécnicos es necesario actuar sobre estos por cada fase de una manera distinta. El riesgo geotécnico, tal como la mayoría de los riesgos de proyecto de ingeniería civil, se suelen materializar en las fases posteriores a la del diseño. Por eso, la DIP debe empezar a identificar y a analizar los riesgos geotécnicos en la fase de planificación y diseño. Normalmente, el resultado de estas actividades de la DIP es un registro de riesgos geotécnicos. A partir de la fase de construcción, se recomienda intensificar el control de riesgos registrados para poder observar posibles desviaciones y tomar las medidas pertinentes para su reducción.

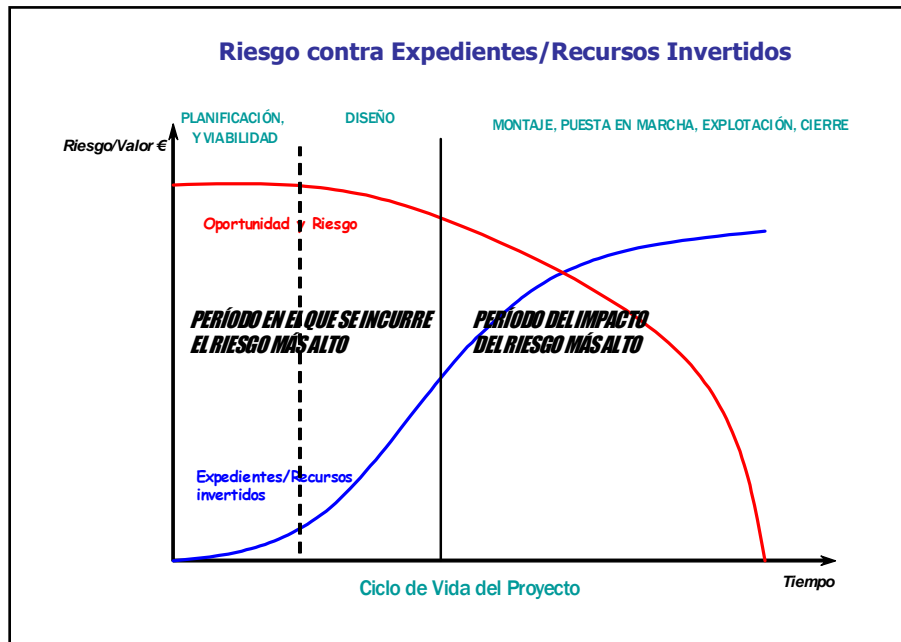


Figura 2-19: Relación entre el nivel de riesgo de un proyecto de ingeniería civil y los recursos invertidos durante el ciclo de vida del mismo (Wideman, 1992).

2.3.2. Proceso de Gestión de Riesgos.

Los encargados de llevar a cabo la gestión de proyecto intentan conseguir un equilibrio entre una buena solución económica y una buena solución técnica. Consecuentemente están ajustando el nivel de fiabilidad en el proyecto. Mucho trabajo en este campo lo aporta la llamada gestión de riesgos (GR).

Últimamente se habla también sobre su aplicación para resolver y sobre todo prevenir problemas geotécnicos. Habría que mencionar que algunas ramas de la construcción ya tienen estándares de GR y contemplan la probabilidad de ocurrencia de los modos de fallo y sus posibles consecuencias sobre la estructura.

Entre los más desarrollados en este campo podemos mencionar las presas, los túneles y los puertos. Además, la GR se empieza a promocionar también para las obras de edificación. Para elegir, diseñar y ejecutar un tipo de cimentación o la mejora del

terreno óptimo, los responsables de proyecto afrontan con incertidumbre en las características geotécnicas del terreno.

El procedimiento de GR es generalmente conocido (figura 2-20). Hoy en día existe una gran variedad de estándares para GR con objetivos y alcance diferentes (anexo A.1). Entre los objetivos y los beneficios importantes de una correcta GR podemos distinguir los siguientes:

- Optimización técnico – económica en los proyectos.
- Optimización de seguridad en los sistemas (entregables de proyecto).
- Ayuda en la consecución del cumplimiento de costes y de plazos acordados con el promotor.
- Ayuda en la optimización del ajuste contractual de proyecto.
- Comparación más objetiva de las alternativas de diseño o procedimiento.
- Ayuda en el desarrollo de la capacidad de personal para identificar y analizar los riesgos.

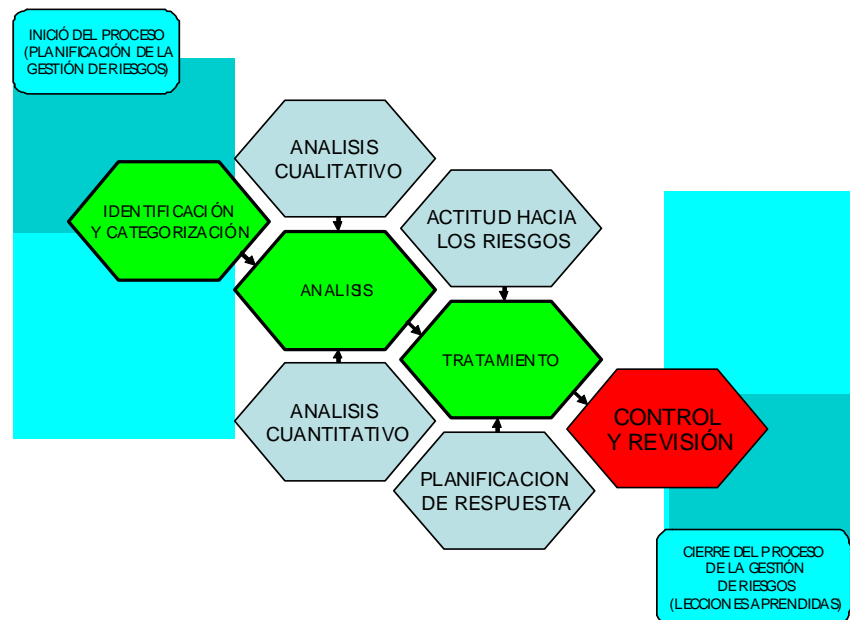


Figura 2-20: Esquema genérico de proceso de Gestión de Riesgos según PRAM (APM, 2004).

En el mundo amplio de la aplicación de la GR, existe mucha variedad de los estándares con los fines y los objetivos diferentes (apéndice A.1). Básicamente, estos estándares se utilizan para la GR en los proyectos, en los sistemas tecnológicos y de procedimientos, y en las organizaciones de todo tipo (empresas públicas, empresas privadas, bancos, ministerios, hospitales, etc.). En un sentido amplio, el proyecto geotécnico forma parte de la toma de decisiones relacionada con las actividades a ejecutar y también se toman las decisiones en el sentido de la configuración del diseño de sistema, que puede ser la cimentación, la mejora del terreno, etc.

En todo proyecto de ingeniería civil existen las fases de planificación y diseño (figura 2-19). Normalmente se juzgan las alternativas durante el diseño conceptual y en las fases siguientes se intentan prevenir y resolver los fallos y debilidades de la alternativa

elegida. Las decisiones, sobre que alternativa es la que se desarrolla detalladamente, se toman de acuerdo con los objetivos básicos de proyecto (coste, plazo, calidad, prestaciones). Estos objetivos determinan indirectamente la elección de la alternativa, es decir, determinan la configuración técnica de sistema. Así que el deber de GR es conseguir una optimización técnico-económica de proyecto según el nivel de riesgo que el cliente, los interesados y la sociedad sean capaces de aceptar.

En el caso de la GR se puede distinguir entre dos tipos de estándares genéricos de la GR para cualquier tipo de proyecto que parecen ser más útiles desde el punto de vista de los objetivos específicos. Estos son los siguientes:

1. Los estándares que tratan los riesgos inherentes a la gestión de proyecto. El objetivo de GR presentado en este grupo de estándares es sobre todo una ayuda en la toma de decisiones de DIP frente al riesgo analizado hecha mediante técnicas y procedimientos reconocidos. La GR se centra en los riesgos que podrían alterar el cumplimiento de los objetivos básicos de proyecto (costos, plazos, y calidad). A estos estándares pertenecen también el PMBOK 2004 (PMI, 2004), y el PRAM Second Edition (2004), entre otros.
2. Los estándares que tratan los riesgos inherentes al sistema o producto entregable del proyecto. El objetivo de análisis presentado en este grupo de estándares es sobre todo el tratar los posibles modos de fallo identificados, conseguir el buen funcionamiento de sistema y la facilidad de su mantenimiento. A estos estándares pertenecen también el FMEA 60812 (IEC, 2006), y el DM 300-3 (IEC, 1995), entre otros.

Estos cuatro estándares suponen el conocimiento genérico sobre el tema de la GR para los riesgos geotécnicos. Los estándares se distinguen en lo siguiente:

- Alcance.
- Procedimientos recomendados.
- Técnicas y herramientas recomendadas.
- Meta – lenguaje de riesgos recomendado.

El procedimiento en el nivel estratégico de la GR es muy simple. En la mayoría de los estándares se reconocen estas cuatro fases básicas (figura 2-20):

1. Identificación de riesgos.
2. Análisis cualitativo de riesgos.
3. Análisis cuantitativo de riesgos.
4. Tratamiento de riesgos.

En la organización ordenada de la GR los riesgos tienen que ser identificados, analizados y tratados. Para este fin se utilizan varios procedimientos y técnicas de GR. Una parte muy importante que se intercala con la fase del análisis cuantitativo es la fase de clasificación, o más bien, categorización de riesgos identificados. La clasificación tiene que servir para el análisis posterior de los riesgos.

Normalmente se crea un registro de riesgo que se desarrolla durante todo el proceso hasta su cierre. El registro de riesgo registra toda la información valiosa, incluyendo los riesgos identificados con sus valores obtenidos de análisis (cuantitativo o cualitativo) y

las medidas propuestas para su tratamiento. Se registra toda la información sobre el comportamiento de riesgo y otras características suyas como, por ejemplo, si se trata de un riesgo desproporcionado, en qué fases de proyecto se puede materializar (figura 2-20), etc. Se suele registrar el nivel esperado de riesgo después de aplicar las medidas para su reducción. A veces, cuando los costes de riesgo son elevados se proporciona una estimación de la efectividad de las medidas de tratamiento.

Las medidas del tratamiento de riesgo se aplican con el mutuo acuerdo de los interesados. La mayor ventaja de la GR es también su manera organizada de anticipar los eventos no deseados y planificar las respuestas adecuadas. Para los riesgos de valor estimado alto se suelen preparar los llamados planes de contingencia y los planes de continuidad.

Los planes de contingencia son planes para determinados riesgos que se ponen en marcha solo si estos se materializan o si ocurre un evento no deseado que amenace la estabilidad o funcionalidad del sistema. El proceso de la GR tiene, aparte de las fases mencionadas, la fase de la planificación, la fase del control y la fase del cierre.

Los planes de continuidad se preparan para algunos escenarios materializados, que suponen grandes consecuencias, con el fin de conseguir llevar un proyecto o un sistema al mismo estado en el que estaba cuando se produjo un fallo.

Hay que tener en cuenta, que también existen estándares especializados para cierta área de proyectos que suelen tener el formato de una guía. En el área de proyectos de ingeniería civil existen estándares o más bien guías específicas de la GR de proyecto geotécnico. Uno de ellos es el GeoQ (Van Staveren, 2006).

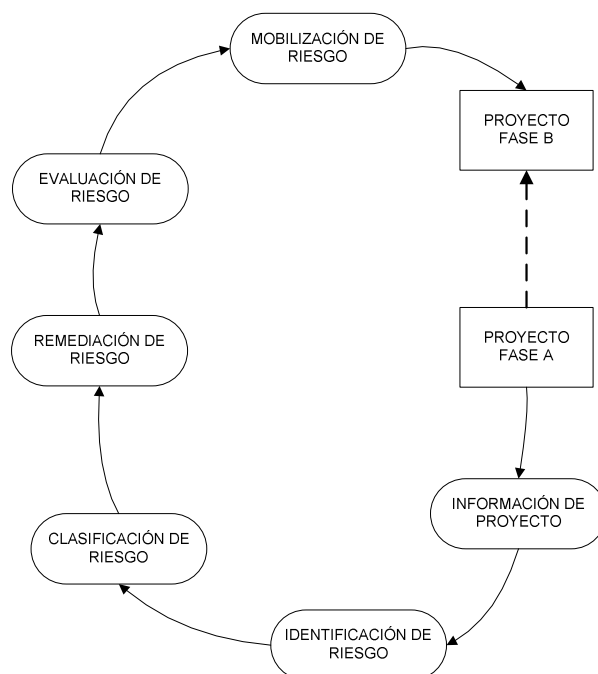


Figura 2-21: 6 pasos cíclicos de GeoQ. (Van Staveren, 2006)

Una de las características principales del proceso de GeoQ es la Gestión de Riesgos (GR) cíclica, por la repetición de 6 pasos de GR (figura 2-21) en 6 fases de proyecto geotécnico genéricas (viabilidad, diseño básico, diseño detallado, construcción, mantenimiento y la fase de contratación), y el almacenamiento de sus resultados en los registros de riesgos. Por otra parte, GeoQ tiene por objeto complementar, en lugar de reemplazar, las disciplinas existentes de gestión, tales como la gestión de riesgos, la gestión de calidad y la gestión del conocimiento.

2.3.3. Definición de riesgo. Meta-lenguaje para riesgos geotécnicos.

En muchos proyectos los errores ocurren por la distribución de información de un agente hacia el otro. La información suele pasar a través de muchas personas y normalmente llega deformada si no existe algún sistema de comunicación estandarizado, también llamado meta lenguaje. Entonces, si hablamos de riesgo geotécnico lo primero que debemos establecer es un meta lenguaje para facilitar el entendimiento (PMI, 2004) (APM, 2004).

En la mayoría de los estándares de GR se utiliza la fórmula que aparece bajo el texto en la figura 2-22.



Figura 2-22: Fórmula básica del meta lenguaje de riesgo (PMI, 2004) (APM, 2004).

Un ejemplo de aplicación de esta fórmula de descripción de un escenario de riesgo podría ser el siguiente:

“Hundimiento de terreno por carga de estructura emitida a través de los elementos de cimentación <evento de riesgo>. Posible existencia de cavidades en zona de influencia del bulbo de tensiones de la cimentación <causa de riesgo>. Esto podría producir un impacto sobre los elementos constructivos del edificio <efecto de riesgo>.”

Para poder trabajar con el riesgo geotécnico hay que tener una vista clara sobre él mismo (Rodríguez y Hruškovič, 2007). En el mundo de 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, 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 2-22). Utilización de estos tres componentes del riesgo en la GR 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 pueden ser los estándares IEC 60812 (IEC,

2006) y la serie IEC 300 (IEC, 1995) que desarrollan la problemática sobre técnicas de análisis de la fiabilidad de los sistemas.

Un ejemplo gráfico de los riesgos geotécnicos definiendo el modo del fallo de la cimentación, de excavación o de talud como el evento del riesgo aparece en la tabla 2-2 (Rodríguez y Hruškovič, 2007). De allí podemos observar que un evento puede tener numerosas causas que puedan provocar su ocurrencia. Si el evento 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.

Tabla 2-2: Ejemplo que demuestra algunas de posibles fuentes y efectos del evento (modo de fallo) de riesgo geotécnico (Rodríguez y Hruškovič, 2007).

Causa del riesgo	Evento del riesgo	Efecto del riesgo
Mala estimación de las características del suelo	<i>Asentamiento del edificio</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

Para una buena definición de riesgo geotécnico también deberíamos tener en cuenta los siguientes parámetros:

- Situación de partida (fase de proyecto, componentes de sistema, actividades y operaciones al ejecutar).
- Jerarquía de sistema (suelo, cimentación, superestructura, etc.).
- Fuentes de riesgo geotécnico (informe geotécnico, contrato, ejecución, etc.).
- Elementos de proyecto posiblemente afectados por riesgo geotécnico (dianas de riesgo). No son solo los elementos estructurales los afectados en el proyecto. Lo puede ser el medioambiente, por ejemplo.
- Escenarios de riesgo. Describir las relaciones entre los riesgos (diagramas de riesgo).

2.3.4. Comportamiento y dependencias entre los riesgos. Escenarios de riesgo.

La descripción de las relaciones entre los riesgos es muy importante sobre todo cuando se trata de los riesgos técnicos de algún sistema (por ejemplo, el sistema constructivo). En las relaciones entre los riesgos suelen ser importantes dos características para crear una cadena de reacción. La primera característica es el tiempo real, la duración de riesgo en plazo determinado, y también el plazo y duración de su posible impacto. Otra característica es la existencia o no de las dependencias entre los eventos de riesgo (Thiry, 1997). En la figura 2-23 vienen ejemplos de relaciones de los eventos de riesgo basadas en función de estas dos características.

Las relaciones suelen describirse más comúnmente a través de llamado árbol de fallos y árbol de eventos (figura 2-23). Un evento de riesgo observado conocido también por el

nombre de suceso iniciador, puede ocurrir por una serie de cadenas de eventos que le preceden (escenarios causales), y en el caso de la generación física de un suceso iniciador (evento de riesgo) se pueden desarrollar una serie de cadenas de eventos de riesgo posteriores (escenarios consecuenciales).

Las relaciones entre los eventos de riesgo en la cadena de un escenario se definen a través de dos símbolos básicos, el “Y” y el “O”. A la hora de identificar y registrar los escenarios de riesgo, el responsable de esta tarea debe tener primero claros los sucesos iniciadores (o también los modos de fallo, si tratamos un sistema tecnológico) que debe prevenir, y después considerar los escenarios causales y consecuenciales del mismo.

No siempre es necesario tener tanto nivel de detalle sobre un suceso iniciador observado, sobre todo cuando un gestor de riesgos esté limitado por los recursos materiales y humanos y por falta de conocimiento (APM, 2004). De todas maneras, es conveniente mantener la formula básica del meta lenguaje de riesgo recomendada por la mayoría de los estándares de gestión de riesgos y vista en la figura 2-22 y con un ejemplo de riesgo geotécnico en la tabla 2-2. Lo más importante es buscar una descripción óptima para un escenario (causal o consecucional) de riesgo observado, teniendo en cuenta su evaluación, y su futuro tratamiento posterior, y también a quien se le distribuye la información sobre el mismo.

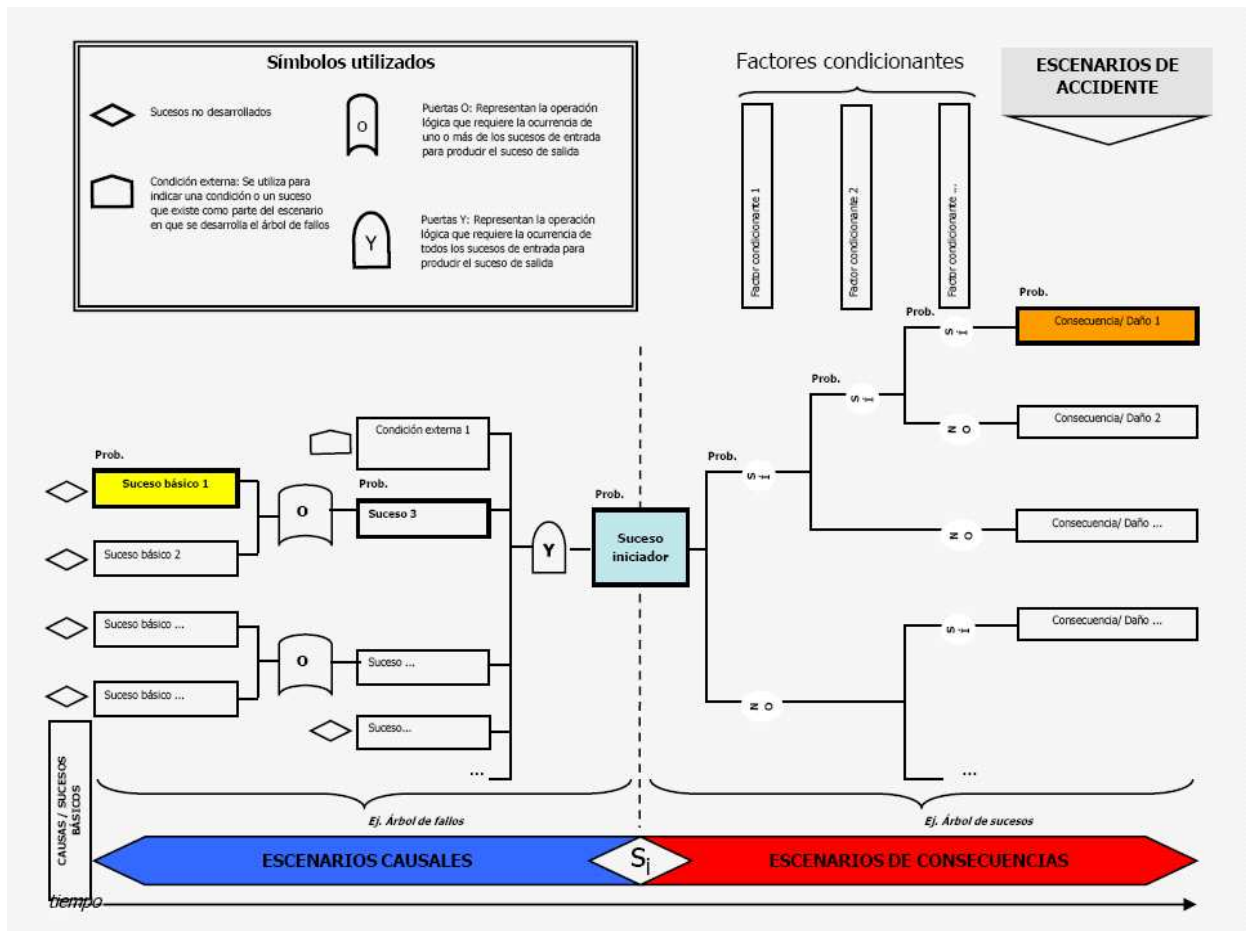


Figura 2-23: Esquema de relaciones básicas entre los riesgos a través de la aplicación y uso del árbol de fallos y árbol de sucesos según UNE 150008:2008 (AENOR, 2008).

2.3.5. Categorización y registro de riesgos.

En los proyectos grandes y complejos la categorización de riesgos juega un papel importante para poder tratar, controlar y gestionar efectivamente los mismos. El riesgo se puede categorizar de distintas maneras. Puede ser categorizado por las áreas de proyecto, por los elementos de sistema, por las fases de proyecto, por los paquetes de obra o por los paquetes contractuales y también por las fuentes de riesgo.

Como los proyectos de construcción suelen estar plagados de riesgos provenientes de muchas fuentes, lo que se prefiere es una clasificación jerárquica de riesgo a través de estas. La estructura jerárquica que se elabora para este fin se llama Estructura de Desglose de Riesgo (EDR) o Risk Breakdown Structure (RBS).

La EDR introducida en varios estándares de GR 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 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. Refiriéndose al llamado “principio sucesivo” (PMI, 2001) cada nivel del desglose está más detallado, entonces representa una mejor estimación de la probabilidad y efecto (o impacto) del riesgo respetando siempre el concepto “causa – evento – efecto” del riesgo estudiado.

Hillson (2002) reconoce las posibilidades de la EDR en la GR del proyecto que son las siguientes:

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

Categorización de los riesgos mediante la EDR proporciona según Hillson (2002) un número de vistas adicionales al riesgo que no pudiera estar disponible en los simples listados del riesgo aunque serían priorizados. Estos incluyen:

1. Entender el tipo de la exposición del riesgo al proyecto
2. Exponer fuentes más significativas del riesgo al proyecto
3. Revelar causas del riesgo mediante análisis de afinidades
4. Indicar áreas de 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 para el proyecto en desarrollo desde nuevo software hasta las genéricas utilizables para cualquier proyecto. Las EEDDRR para los proyectos de ingeniería civil suelen ser más complejos porque estos están generalmente plagados de los 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 Heredia (1998) y también otro trabajo interesante de Klemetti (2006) contiene muchos tipos de las categorizaciones de riesgos que podrían servir como 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. (Tah y Carr, 2001) que utiliza la EDR (figura 2-24) para llevar a cabo la GR 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 como 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 están relacionados con la gestión de los recursos internos y aquellos que predominan en el ambiente externo.

Los riesgos del ambiente externo se tienen que pronosticar continuamente una vez identificados. Los riesgos internos son más controlables y varían entre los proyectos. Los 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 allí cada riesgo pueda tener varios factores.

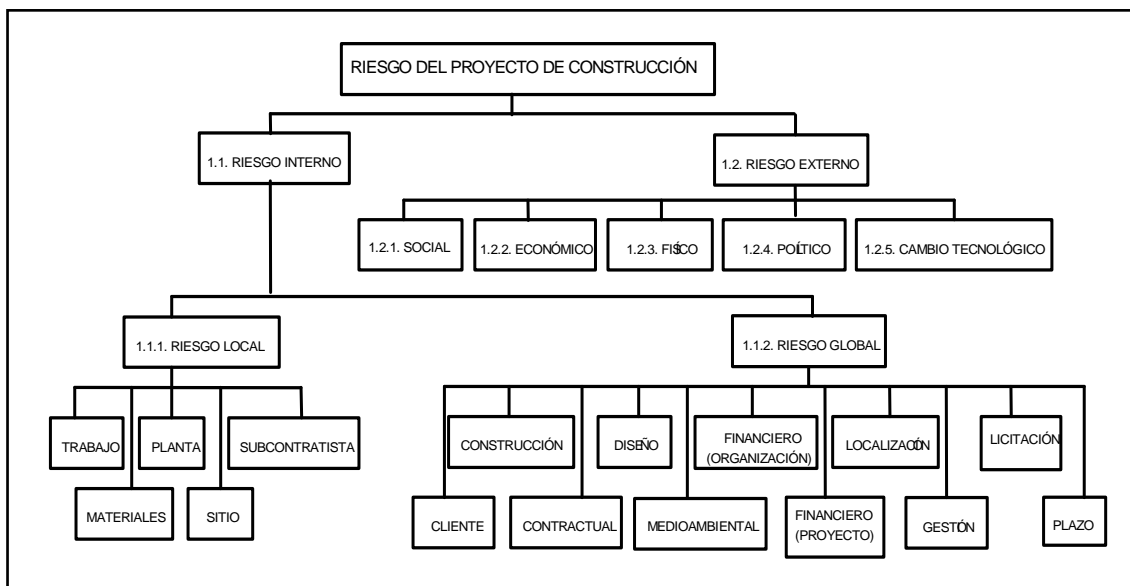


Figura 2-24: EDR genérica para el proyecto de construcción según Tah et al. (Tah y Carr, 2001).

Otro trabajo basado sobre la EDR (figura 2-25) genérica es la tesis de Arican (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 solo 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 de riesgo local diferente. El proceso inicia bajo el principio de la separación del proyecto entre los paquetes de obra y asigna los riesgos entre paquetes específicos. Estos riesgos se llaman los riesgos locales (Arican, 2005). El sistema permite definir la relación entre la EDR y la EDT y soporta la integración de la gerencia de riesgos con la función de la estimación de costes. El llamado “riesgo global” es él que no está relacionado con una sola actividad sino con todas, y entonces debe ser estimado separadamente. Riesgo global es un tipo riesgo que existe fuera de proyecto y lo afecta en términos de los riesgos relacionados con las condiciones políticas, sociales, legales y económicas de un país y con la fuerza mayor (Arican, 2005). Una vez estimado el valor del riesgo global, se añade este a cada uno de los paquetes de obra analizados.

Ambos sistemas comentados no aprovechan todas las posibilidades de la EDR mencionadas anteriormente (Rodríguez y Hruškovič, 2007). 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 las causas dependientes.

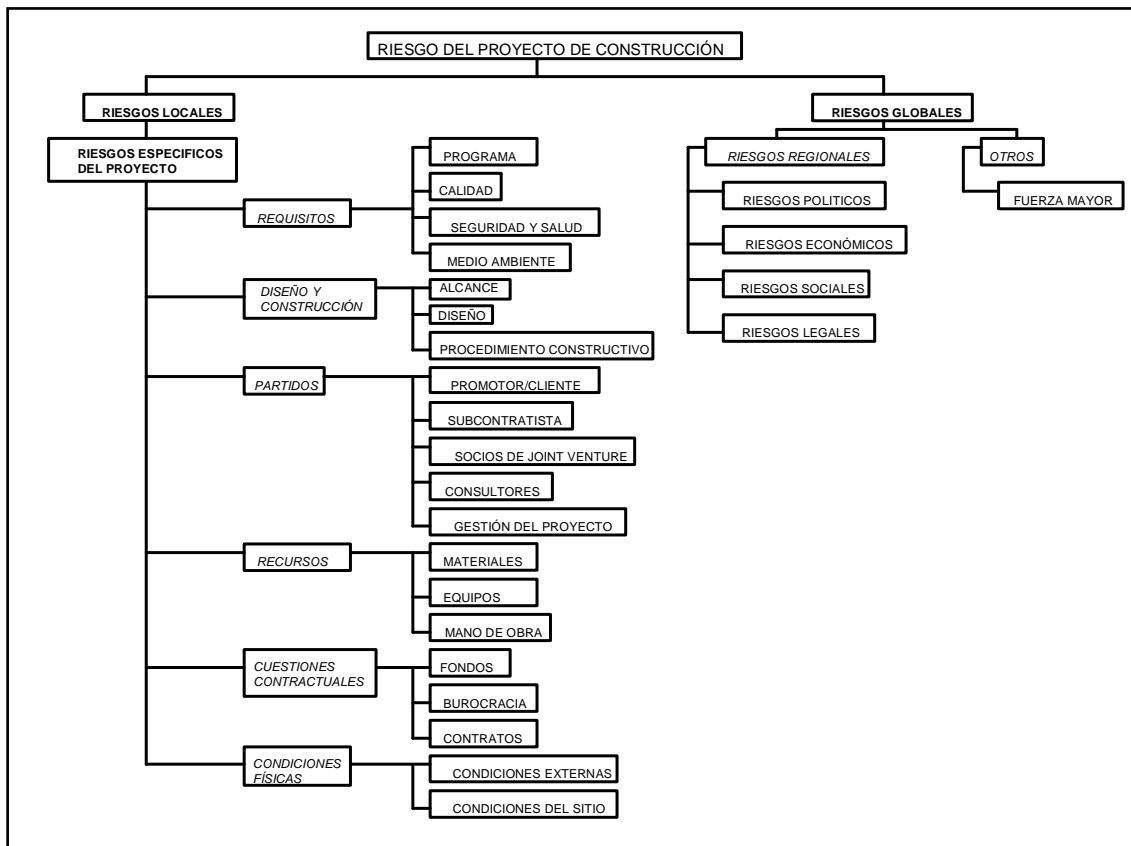


Figura 2-25: EDR genérica para el proyecto de construcción (Arican, 2005).

Para aportar la claridad, y poder utilizar los datos sobre riesgo obtenidos durante el proceso de gestión de riesgos en futuros proyectos, es necesario establecer un registro de riesgos. Un registro de riesgos proporciona un enfoque estructurado de datos sobre el riesgo a lo largo del desarrollo de las fases del proceso de gestión de riesgos en las diferentes fases de proyecto. El nivel de detalle que es conveniente mantener puede variar considerablemente de un proyecto al otro (APM, 2004).

Para proyectos muy simples, o para el primer paso del proceso de gestión de riesgos, puede ser conveniente restringir el registro de riesgos para el mínimo número de campos. Sin embargo, para proyectos más complejos, o cuando se conoce más información, los campos de datos tienen que ser añadidos con el fin de ser capaz de enfocar, analizar y ordenar los datos para diferentes propósitos. Los campos de datos que contribuyen poco o nada a los procesos de la toma de decisiones del proyecto deben ser omitidos.

La estructura genérica de un registro de riesgos debería contener por lo menos lo siguiente (PMI, 2004):

1. La descripción de riesgo (origen, causa, evento, efecto)
2. La estimación de valor de riesgo (probabilidad e impacto)
3. Las medidas y los responsables del tratamiento y control sobre el riesgo
4. El periodo de posible ocurrencia de riesgo

En la figura 2-26 se puede ver una estructura genérica de un registro de riesgos, basada sobre las recomendaciones de PRAM (APM, 2004), y que contiene un ejemplo de riesgo geotécnico con sus respectivos orígenes y acciones mitigadoras propuestas. Es importante comparar la capacidad de las acciones mitigadoras de riesgo, propuestas en disminuir el valor de riesgo, con el coste de las mismas (Rozsypal, 2001).

Riesgo (Descripción)	Origen (Descripción)	Tipo del riesgo	Estimación			
			Dueño	Probabilidad P (1-3)	Consecuencias C (1-3)	Nivel del riesgo R (R = PxC)
7. Fallo estructural de pilotes, pilas u otros elementos de cimentación	7.1. Rozamiento negativo –hinchamiento del terreno (EDR 1.1.2.7.1.2.)	Riesgo técnico	Diseñador	2	3	6
	7.2. Descalce del pilote por circulación del agua (EDR 1.1.2.7.1.3.)	Riesgo técnico	Constructor	2	2	4
	7.3. Lavado del hormigón del pilote por presencia del agua (EDR 1.1.2.7.1.4.)	Riesgo técnico	Constructor	2	1	2
	7.4. Dimensionamiento inadecuado del pilote (EDR 1.1.2.8.2.)	Riesgo técnico	Calculista	1	2	2

Acción mitigadora (por origen del riesgo)	Estimación de la acción mitigadora				
	Probabilidad P	Consecuencias C	Nivel del riesgo mitigado $R_m = P \times C$	Ejecución	Fase del proyecto
7.1. Superar espesor de la capa activa	1	3	3	Constructor	Construcción
7.2. Evaluación del lavado de finos en estratos permeables	1	2	2	Especialista	Diseño
7.3. Pilotes encamisados	1	1	1	Constructor	Construcción
7.4. Control independiente del cálculo	1	2	2	OCT	Diseño

Figura 2-26: Esquema del contenido de registro riesgos según PRAM (APM, 2004)

2.4. La Gestión de Riesgos: Técnicas y herramientas de identificación y análisis cualitativo de riesgos.

2.4.1. Introducción

Las técnicas y herramientas de identificación de riesgos forman la base del proceso cuyo objetivo es obtener un listado estructurado de riesgos y aportar la información de entrada a los procesos posteriores del análisis y tratamiento de riesgo. Es recomendable aún en la fase de identificación de riesgos, proponer las medidas previas para su tratamiento (APM, 2004).

Teniendo en cuenta los procesos posteriores a la identificación de riesgos, es importante que los resultados del proceso sean útiles en cuanto a la descripción de riesgo identificado. Por lo tanto, es necesario garantizar la fiabilidad de los datos de entrada y salida al proceso (PMI, 2004). La selección de los recursos de entrada para garantizar buenos resultados del proceso de identificación se tiene que hacer en la fase de su planificación (PMI, 2004).

También es necesario para que los recursos seleccionados tengan buena productividad, es decir, sean capaces de generar resultados en menor tiempo posible, eficacia, es decir, tengan la capacidad de lograr un efecto deseado, y eficiencia, es decir, alcanzar los resultados deseados con el mínimo de recursos humanos o materiales utilizados (APM, 2004) (ISO, 2005).

2.4.2. Técnicas seleccionadas de identificación de riesgos.

A la fase de Identificación de Riesgos (IR) se le presta mucha importancia. En muchos proyectos de tamaño pequeño o mediano y con uso de la tecnología tradicional, se aplica solo un pequeño análisis de riesgos y se procede directamente a concebir las medidas de tratamiento. No es lo mismo un riesgo conocido, que un riesgo desconocido.

Generalmente se puede concluir que la mayoría de las técnicas de la GR se pueden aplicar con alguna pequeña modificación a la GR de proyecto geotécnico. En los capítulos 4 y 5 se aplican el procedimiento de IR que contempla el uso de técnicas y herramientas seleccionadas.

En la tabla 2-3 se presentan algunas de las técnicas más comunes que se utilizan en la GR para la IR. Las técnicas han sido escogidas de los estándares que proporcionan descripciones detalladas de estas con varios ejemplos gráficos. En el apéndice A.2 viene descrito en breve el contenido de la mayoría de estas técnicas con referencia a su posible aplicación en otra fase del proceso de la GR. Muchas de estas técnicas están concebidas de tal manera que permiten su aplicación en fases posteriores a la fase de la identificación.

Para una buena identificación es necesaria la aplicación de varias de estas técnicas. Dentro del listado de técnicas de IR (apéndice A.2) aparecen técnicas cuya aplicación no necesita a ninguna otra técnica complementaria, para ser estas utilizadas

correctamente, llamadas “básicas”, y también las técnicas complementarias que no funcionan sin ser acompañadas por alguna de las técnicas básicas.

Tabla 2-3: Algunas de las técnicas de identificación de riesgos y su posible aplicación en otras fases de la GR.

TÉCNICAS DE IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS	ESTÁNDAR DE GR (REFERENCIAS)	POSIBLE APLICACIÓN
Revisiones de documentación “<i>Document Review</i>”	GeoQ 2006, PRAM 2004	A, C
Tormenta de ideas “<i>Brainstorming</i>”	GeoQ 2006, PRAM 2004	N
Entrevista “<i>Risk Interview</i>”	GeoQ 2006, PRAM 2004	A
Encuesta “<i>Risk Questionnaire</i>”	GeoQ 2006,	A
Registros de riesgos “<i>Risk Registers</i>”	GeoQ 2006	C
Análisis de los escenarios “<i>Scenario Analysis</i>”	GeoQ 2006	N
Listas de control “<i>Risk Checklists</i>”	GeoQ 2006, PRAM 2004	C

Nota: A – posible aplicación en fase de análisis de riesgos, C – posible aplicación en fase de control de riesgos, N – sin posibilidad de aplicación en otra fase de Gestión de Riesgos

A continuación se describen brevemente las técnicas de identificación de riesgos básicas que aparecen en la tabla 2-3. Las técnicas “listas de control”, “registros de riesgos”, y “análisis de los escenarios” necesitan, para su funcionamiento, ser acompañadas con alguna de las cuatro primeras “básicas” que aparecen en la misma tabla.

Revisiones de documentación “Document Review”

Se puede realizar una revisión estructurada de la documentación de proyecto o de sistema, incluidos planes, hipótesis, archivos de proyectos anteriores y otra información (PMI, 2004). La calidad de los planes, así como la consistencia entre esos planes y con los requisitos e hipótesis del proyecto, pueden ser indicadores de riesgos en el proyecto.

En el mundo de ingeniería la normativa técnica, recomendaciones para diseño, cálculo y ejecución, y la documentación sobre siniestralidad, pueden ser una buena fuente básica de identificación del riesgo. Durante la revisión de la normativa técnica, se intenta identificar las situaciones de sistema o sus escenarios de riesgo que no están cubiertas por la misma. La normativa también ayuda a identificar los escenarios que ya están contemplados dentro de la misma. Es cierto, que cada proyecto de ingeniería civil es diferente y que aparecen distintas situaciones a resolver. Por eso, es necesario identificar todos los posibles modos de fallo con sus causas y sus efectos pertinentes.

Sesiones de tormenta de ideas “Brainstorming sessions”

La técnica conocida por el nombre de tormenta de ideas está reconocida por la mayoría de los estándares de gestión de riesgos. Según los estudios, la técnica de tormenta de

ideas pertenece a las técnicas más comúnmente utilizadas para la identificación de riesgos en el ámbito de la ingeniería civil (del Caño y de la Cruz, 2002) (Lyons, Skitmore, 2004). También se recomienda el uso de la técnica para identificar y evaluar los riesgos geotécnicos (van Staveren, 2006).

La mayor ventaja de este método de identificación es "fomentar la creatividad basada en las ideas de los demás, tratar de combinaciones y mejoras" (PRAM, 2004). De lo que se llama la sesión de tormenta de ideas, existen varios tipos (figura 2-27). Básicamente puede ser ejecutada mediante la participación en un grupo nominal (generación de ideas por un individual del grupo establecido sin presencia física de los demás) o interactivo de personas (generación de ideas de un individual en presencia de los demás miembros del grupo).

Las sesiones de tormenta de ideas que no utilizan las tecnologías de información y conexiones en línea de la red como base fundamental para la ejecución de proceso, se conocen como "tradicionales". La tormenta de ideas "moderna" ejecutada mediante el uso de las tecnologías de información, evita las posibles influencias negativas entre los miembros del grupo, pero sigue sin satisfacer las necesidades de interacción social. Debido a los limitados recursos, el nivel de madurez tecnológica de los miembros del grupo, la cultura empresarial, y así sucesivamente, el tipo tradicional de tormenta de ideas interactiva aún sigue siendo el más frecuente aplicado en el entorno de la ingeniería civil.

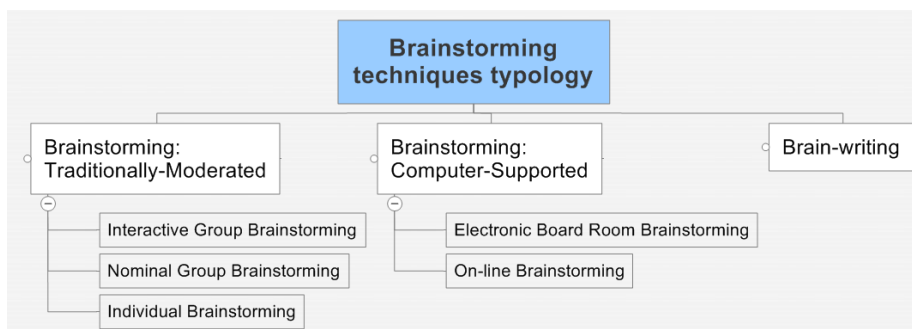


Figura 2-27: Tipología de las sesiones de tormenta de ideas según VanStaveren (2006), Chapman (1998) y Aiken et al. (1996).

La meta de la *tormenta de ideas* es obtener una lista completa de los riesgos de un proyecto o de un sistema (PMI, 2004). El equipo de proyecto suele realizar tormentas de ideas, a menudo con un grupo multidisciplinario de expertos que no pertenecen al equipo.

Se generan ideas acerca de los riesgos de un proyecto o de un sistema bajo el liderazgo de un facilitador. Pueden utilizarse como marco categorías de riesgo, tales como una EDR (figuras 2-24 y 2-25). Los riesgos luego son identificados y categorizados por tipo de riesgo y sus definiciones son refinadas. Se recomienda también el uso combinado de tormenta de ideas con otras técnicas y/o herramientas de identificación, como pueden ser los llamados árboles de fallo o de eventos, los diagramas de flujo de proyecto o de sistema (Millet, 1999).

La tormenta de ideas captura los riesgos con rapidez, y ofrece un medio de elevar el entusiasmo por la gestión del riesgo a través de un equipo (PRAM, 2004). Se puede utilizar para enganchar a los interesados de proyecto en el proceso de identificación de riesgos. Un facilitador independiente que se utiliza normalmente para garantizar que el período de sesiones está lo suficientemente bien estructurado y mantiene un buen ritmo.

Normalmente la salida de una sesión de *tormenta de ideas* es un listado de riesgos, cada uno descrito por una frase o una frase indicativa de la fuente de riesgo. Aunque ampliamente utilizado por los proyectos, las sesiones de tormenta de ideas tienen algunas limitaciones. A pesar de las normas destinadas a fomentar la igualdad entre los participantes, la naturaleza del caso puede dar lugar a parcialidad en favor del extrovertido.

Encuestas sobre Riesgo “Risk questionnaires”

Las encuestas pueden ser utilizadas para obtener gran cantidad de riesgos identificados de una manera estructurada y desde un grupo grande de diversos expertos (Van Staveren, 2006). Hoy en día, las herramientas electrónicas funcionan muy eficazmente para alcanzar a muchos expertos por todas las partes del mundo. Para la realización de la encuesta es necesario crear un cuestionario estructurado. Al obtener los datos a través de la encuesta estos se analizarán según el carácter de la misma. El análisis de los resultados básicamente dependerá de la tipología de preguntas planteadas (Grande y Abascal, 2005).

La realización de la encuesta para la identificación de los riesgos es una tarea novedosa, sin previas experiencias profesionales o de investigación publicadas. En base teórica, existen también menciones de que el contenido de cuestionario para la encuesta puede ser derivado de los resultados de las entrevistas sobre riesgo ejecutadas previamente (Keizer et al, 2002). La encuesta puede ser una técnica muy apta para las fases de GR posteriores a la de identificación (Van Staveren, 2006).

Entrevistas sobre Riesgo “Risk Interview”

Entrevistar a participantes experimentados de proyecto, interesados y expertos en la materia puede servir para identificar riesgos. Las entrevistas son una de las principales fuentes de recopilación de datos para la identificación de riesgos (PMI, 2004).

Las entrevistas tienen muchas de las ventajas de la *tormenta de ideas* y requieren un similar enfoque semiestructurado, con el entrevistador asumiendo el papel del facilitador (PRAM, 2004). Las desventajas son que el proceso consume más el tiempo del facilitador y que las oportunidades que ofrece el intercambio de ideas son más limitadas.

Las entrevistas también pueden ser empleados para la evaluación del riesgo y la gestión de las respuestas frente al riesgo. Sin embargo, las entrevistas utilizadas para este fin han de ser más estructuradas. Cuando las entrevistas se utilizan regularmente, puede resultar conveniente utilizarlas para abarcar todos los elementos clave del ciclo de gestión del riesgo. Esto genera una oportunidad regular para la identificación de nuevos riesgos.

Como ha sido mencionado en el apartado de la encuesta sobre el riesgo, los resultados de la técnica de entrevista pueden ser útiles como base para la encuesta. Sin embargo, la entrevista puede ser útil también como técnica acompañante durante la encuesta. Las entrevistas acompañantes de la encuesta permiten comprobar la consistencia y garantizar la estabilidad de la investigación, por entender los puntos de vista de los respondientes con mínima alteración o influencia (McGivern, 2006). Las entrevistas semi-estructurales permiten al entrevistador la libertad de reaccionar a las respuestas de los entrevistados y adaptar el programa en consecuencia (Descombe, 2007).

2.4.3. Herramientas seleccionadas de ayuda para la identificación de riesgos.

Identificación de las fuentes de riesgo (EDR) “Source Identification (RBS)”

Proporciona una estructura que garantiza el proceso completo de identificación sistemática de los riesgos con un nivel de detalle uniforme, y contribuye a la efectividad y calidad de la identificación de riesgos (PMI, 2004). Una organización puede usar una categorización de riesgos típicos preparada previamente. Una EDR (figura 3-6) es uno de los métodos para proporcionar dicha estructura, pero también se puede utilizar un listado de los diversos aspectos del proyecto.

Las categorías de riesgo pueden revisarse durante el proceso de la identificación de riesgos. Una buena práctica es revisar las categorías de riesgo durante el proceso de planificación de la GR antes de usarlas en el proceso de la identificación de riesgos. Es posible que sea necesario adaptar, ajustar o extender las categorías de riesgo basada en proyectos anteriores a las nuevas situaciones, antes de que dichas categorías puedan utilizarse en el proyecto actual.

Diagramas de flujo o de influencias “Influence and Flow Diagrams”

Estos diagramas muestran cómo se relacionan los diferentes elementos de un sistema, y el mecanismo de causalidad (APM, 2004) (PMI, 2004). Los diagramas de flujo ayudan a analizar cómo se producen los problemas. Un diagrama de flujo es una representación gráfica de un proceso. Pueden ser de muchos estilos, pero todos los diagramas de flujo de procesos muestran actividades, puntos de decisión y el orden de procesamiento.

Un ejemplo de un diagrama de influencias que señala una parte del desarrollo de proyecto geotécnico se muestra en la figura 2-28. Se pueden ver en el las relaciones que existen entre las diferentes condiciones y puntos de decisión que influyen, en este caso, en el rendimiento del sistema. La dirección de las flechas representa las dependencias entre los objetos definidos (Christian, 2004).

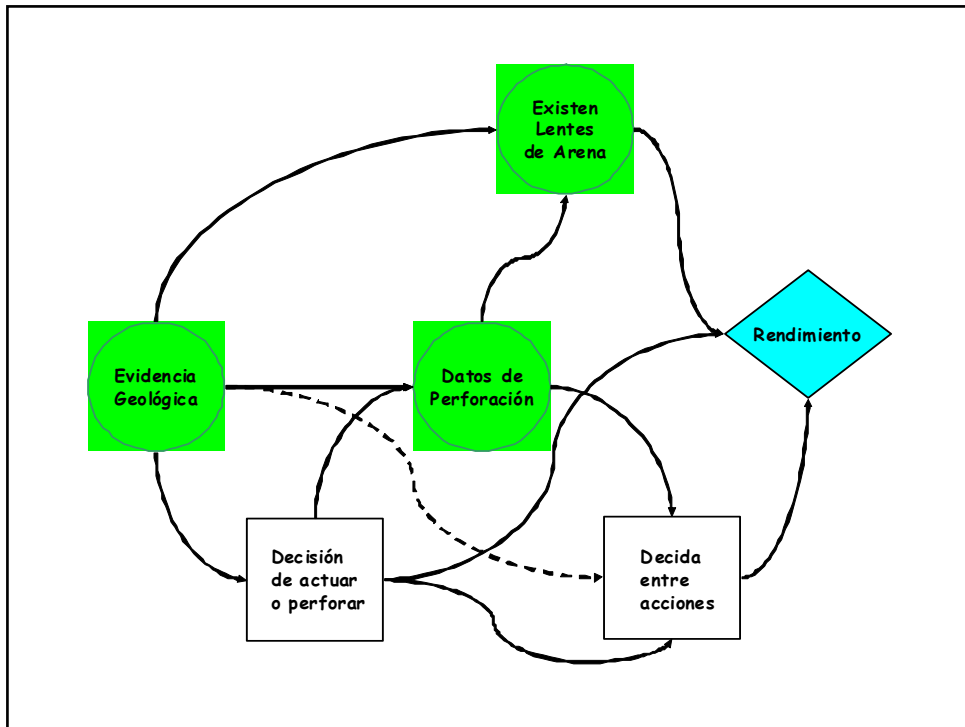


Figura 2-28: Diagrama de influencias para la decisión de exploración de dos fases, basado sobre la guía de gestión de riesgos de seguridad de presas (Cristian, 2004).

2.4.4 Técnicas seleccionadas de análisis de riesgos.

La aplicación correcta de las técnicas del análisis cualitativo puede aportar una visión general sobre el valor, importancia o comportamiento de todos los riesgos identificados de un proyecto o de un sistema. El uso de la mayoría de estas suele ser muy simple y fácilmente entendible. Los factores que influyen en la selección de las técnicas del análisis, se reconocen tales como el plazo de los proyectos, la comunicación entre los interesados de proyecto, y también el nivel de fiabilidad de los resultados obtenidos a través de estas técnicas.

En la tabla 2-4 se presentan algunas de las técnicas más comunes que se utilizan en la GR para el análisis cualitativo de riesgos. Las técnicas han sido escogidas de los estándares que proporcionan descripciones detalladas de estas con varios ejemplos gráficos. En el apéndice A.2 viene descrita la mayoría de estas técnicas con referencia a su posible aplicación en otra fase del proceso de la GR. Muchas de estas técnicas están concebidas de tal manera que permiten su aplicación en las fases posteriores o anteriores a la fase del análisis cualitativo.

El resto de las técnicas que forman la tabla 2-4, son el *análisis a través de árboles de fallo* (AAF) y el *análisis de árboles de eventos* (AAE). Estas dos técnicas son las que se utilizan en mayor medida para el análisis de los riesgos técnicos en los sistemas tecnológicos. Parecen ser muy aptos para la identificación y el análisis de riesgos geotécnicos.

Tabla 2-4: Algunas de las técnicas de análisis cualitativo de riesgos y su posible aplicación en otras fases de la GR.

TÉCNICA DE ANÁLISIS CUALITATIVO DE RIESGOS	ESTÁNDAR DE GR (REFERENCIAS)	POSIBLE APLICACIÓN
Estimación de probabilidad “Probability Assessment”	GeoQ, PRAM Second Edition, IEC 60812	N
Estimación de impacto “Impact Assessment”	GeoQ, PRAM Second Edition, IEC 60812	N
Matriz de probabilidad e impacto “Probability-impact matrix”	GeoQ, PRAM Second Edition, IEC 60812	N
Análisis de modos de fallo y sus efectos (AMFE) “Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)”	GeoQ, IEC 60812, IEC 300-3	I
Análisis a través de Árboles de fallo (AAF) “Fault Tree Analysis”	GeoQ, IEC 61025, IEC 300-3	I
Análisis DAFO “SWOT Analysis	PRAM Second Edition, PMBoK 2004	I

Nota: N- sin posibilidad de aplicación en otra fase de Gestión de Riesgos, I – posible aplicación en fase de identificación de riesgos

A continuación se describen brevemente las técnicas del análisis cualitativo de riesgos que aparecen resumidas en la tabla 2-4.

Estimación de probabilidad “Probability Assessment” y Estimación de impacto “Impact Assessment”

La probabilidad suele ser una de las dos dimensiones utilizadas para evaluar el tamaño o la importancia del riesgo (la otra dimensión es el impacto) (PMI, 2004) (APM, 2004) (IEC, 2006). La probabilidad del riesgo es una probabilidad estimada de la ocurrencia de un evento de riesgo y normalmente se registra como un porcentaje o como un rango (por ejemplo, 20-50 por ciento) y se denomina por una palabra que indica su importancia (por ejemplo, "media").

En los casos en los que los riesgos están asociados a eventos que son más o menos inevitables, un proyecto puede optar por utilizar "frecuencia de ocurrencia" como una medida alternativa a la probabilidad.

El impacto de riesgo es una evaluación de las consecuencias para el funcionamiento de un sistema o para los objetivos de un proyecto en caso de que el riesgo se materialice. La práctica común de la evaluación del impacto de riesgo, es la evaluación frente a varias categorías diferentes. En los proyectos, las categorías del impacto de riesgo incluyen el calendario, los costes y el producto, etc.

Las categorías de un impacto de riesgo para los sistemas constructivos, por ejemplo, para los edificios, pueden ser el funcionamiento, el coste, el medio ambiente, la seguridad y salud de las personas, etc.

Tal como en el caso de las definiciones de los grados para la probabilidad de ocurrencia se aplican las palabras que indican la importancia del impacto (por ejemplo, alto, medio y bajo). Con el fin de producir estos datos un equipo de proyecto ha de definir una norma de clasificación (criterios de riesgo) para cada tipo de impacto relevante.

Matriz de probabilidad e impacto “Probability-impact matrix”

Los riesgos pueden ser priorizados para un análisis cuantitativo posterior y para las respuestas posteriores, basándose en su calificación. Las calificaciones son asignadas a los riesgos basándose en la probabilidad y el impacto evaluados. La evaluación de la importancia de cada riesgo y, por consiguiente, de su prioridad, se realiza generalmente usando una tabla de búsqueda o una matriz de probabilidad e impacto (Figura 2-29).

PROBABILIDAD \ IMPACTO	BAJO (0.3)	MODERADO (0.6)	ALTO (0.9)
BAJA (0.3)	0.09	0.18	0.27
MEDIA (0.6)	0.18	0.36	0.54
ALTA (0.9)	0.27	0.54	0.81

Figura 2-29: Matriz de probabilidad e impacto (MPI) “Probability-Impact Matrix”. (APM, 2004)

Dicha matriz especifica las combinaciones de probabilidad e impacto que llevan a la calificación de los riesgos como de prioridad baja, moderada o alta. Pueden usarse términos descriptivos o valores numéricos, dependiendo de la preferencia del equipo de GR. La organización debe determinar qué combinaciones de probabilidad e impacto resultan en una clasificación de riesgo alto, moderado o bajo.

La puntuación del riesgo ayuda a guiar las respuestas a los riesgos. Por ejemplo, los riesgos que se encuentran en la zona de riesgo alto de la matriz, pueden requerir prioridad de acción y estrategias de respuesta agresivas. Los riesgos de la zona de riesgo bajo pueden no requerir una acción de gestión proactiva, más que ser incluidas en una lista de supervisión o añadidas a una reserva para contingencias.

Análisis de modos de fallo y sus efectos (AMFE) “Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)”

AMFE es un método, principalmente cualitativo, aunque se puede cuantificar. Con el AMFE el efecto o las consecuencias de los distintos modos de fallo de los componentes son sistemáticamente identificados (IEC, 2006) (IEC, 1995). Se trata de una técnica de inducción que se basa en la pregunta “¿Qué pasa si...?”. La característica esencial en cualquier AMFE es la consideración de cada una de las principales partes o componentes del sistema, cómo estas se convierten en defectuosas (el modo de fallo), y qué efecto tendría el modo de fallo sobre el sistema (efecto del modo de fallo). Por lo general, el análisis es descriptivo y se organiza mediante la creación de una tabla gráfica o una ficha de control.

Un AMFE puede ser ampliado para realizar lo que se llama *Análisis del grado de amenaza de modos de fallo y sus efectos (CAMFE) Fault Modes Effects and Criticality Analysis (FMECA)*. En CAMFE cada modo de fallo identificado se clasifica en función de la influencia combinada de su probabilidad de ocurrencia y el grado de sus consecuencias sobre el conjunto del sistema o proceso analizado.

El AMFE y el CAMFE proporcionan entradas para el análisis como el Análisis de árbol de fallo (AAF) (técnica se explica más adelante en este capítulo). De la misma manera como tratar con los componentes de un sistema, el AMFE puede ser utilizado para analizar un error humano. Se puede utilizar tanto para la identificación de riesgos como para la estimación de probabilidad (solo cuando un nivel limitado de redundancia está presente en el sistema).

Otro método derivado del AMFE es el PAMFE (en inglés PFMEA), donde la letra P representa la palabra "Proceso (Process)". Se trata entonces de analizar los modos de fallo relacionados con un proceso determinado dentro de un sistema tecnológico o un proyecto.

Análisis a través de Árbol de fallo (AAF) "Fault Tree Análisis (FTA)"

El AAF es una técnica que puede ser cualitativa o cuantitativa. Mediante el AAF las condiciones y los factores que pueden contribuir a un determinado evento indeseable (llamado evento de primer grado) están identificados deductivamente, organizados de una manera lógica y representados gráficamente (IEC, 1995). Los fallos identificados en el árbol pueden ser acontecimientos que están asociados con un fallo de algún elemento constructivo, errores humanos o cualquier otro evento pertinente que conduce al evento no deseado.

La aplicación del sistema "de arriba hacia abajo", inherente a la técnica, enfoca la atención a aquellos efectos de un fallo que están directamente relacionados con la parte superior. El AAF es especialmente útil para el análisis de sistemas con muchas interfaces e interacciones.

El AAF puede ser utilizado para la identificación de riesgos, aunque principalmente se utiliza para la evaluación de riesgos como instrumento para proporcionar la estimación de las probabilidades de fallo. La representación pictórica conduce a la fácil comprensión sobre el comportamiento de un sistema y de los factores incluidos (Millet, 1999). Millet (1999) recomienda el uso combinado del método de AAF con las sesiones de tormenta de ideas incluso para los proyectos de ingeniería civil de pequeño tamaño.

En la figura 2-30 se puede ver un ejemplo de la aplicación de dicha técnica del análisis para un caso de un fallo de la esclusa de un dique de protección contra la marea con todos los posibles eventos que la preceden. Las relaciones entre los distintos acontecimientos de este ejemplo, se expresan mediante dos funciones básicas, la función OR y la función AND.

El portal OR significa que un suceso superior se produce cuando ocurre alguno de los eventos de entrada. El portal AND significa que un suceso superior se produce sólo si todos los eventos de entrada ocurren simultáneamente.

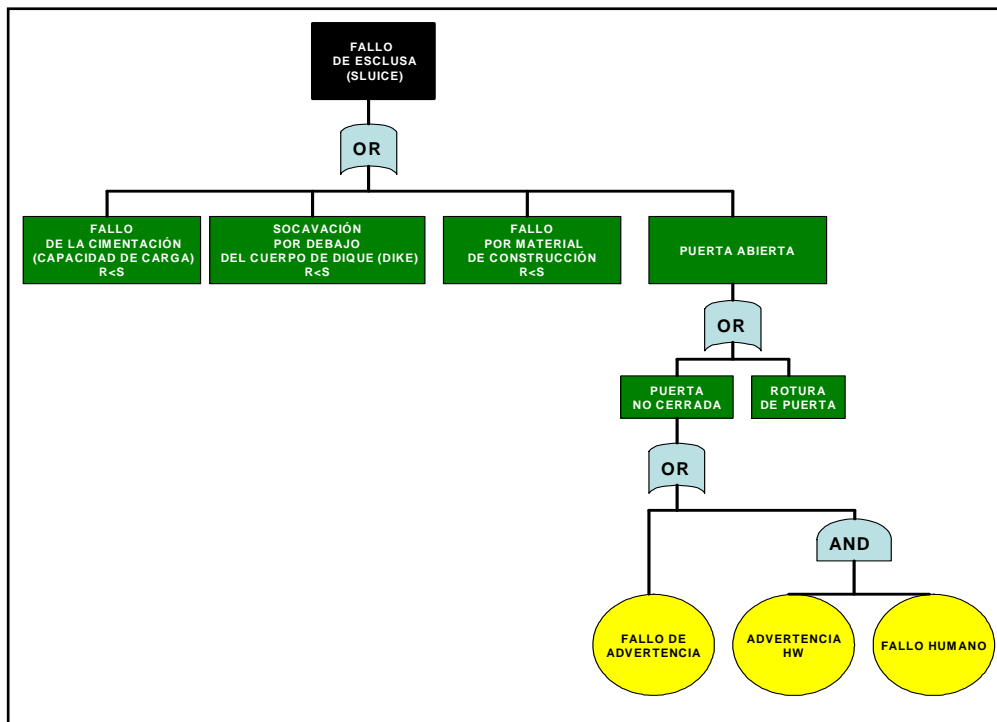


Figura 2-30: Ejemplo de un Árbol de fallo para fallo de la esclusa del dique de protección (Wrijling, 2000).

Análisis de Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades (DAFO) “Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats (SWOT) Analysis”

La técnica del análisis de DAFO fue originalmente propuesta por Albert Humphrey durante los años sesenta y setenta en los Estados Unidos durante una investigación del Instituto de Investigaciones de Stanford que tenía como objetivo descubrir por qué fallaba la planificación corporativa.

El objetivo original del análisis DAFO es determinar las ventajas competitivas de la empresa bajo análisis y la estrategia genérica a emplear por la misma que más le convenga en función de sus características propias (factores internos) y de las del mercado en que se mueve (factores externos).

Aparte de ser útil para determinar las estrategias de las organizaciones en el mercado, el análisis de DAFO se puede aplicar en otros campos, tales como la planificación anticrisis y su gestión preventiva, y sobre todo para dar recomendaciones de actuación futura durante el estudio de viabilidad de proyecto.

En el caso de un proyecto los factores internos (debilidades y fortalezas) están vinculados con las capacidades de las organizaciones que lo llevan a cabo, mientras que los factores externos (amenazas y oportunidades) son los inherentes al mismo y a su entorno económico, social, medioambiental en el que se sitúa (APM, 2004) (PMI, 2004).

El análisis de DAFO básicamente consta de los siguientes cinco pasos:

1. Análisis Externo (identificación de oportunidades y amenazas)
2. Análisis Interno (identificación de fortalezas y debilidades)
3. Confección de la matriz DAFO
4. Análisis de resultados
5. Determinación de la estrategia a emplear

El Análisis comparativo de Ventajas y Desventajas (AVD) tiene muchas similitudes con el análisis de DAFO. AVD fue utilizado entre otros por Leopoulos et al. (2006) para la propuesta de un nuevo modelo de IR para los sistemas de planificación de recursos empresariales. Como en el caso de DAFO, el proceso consiste de lo siguiente:

1. Describir los componentes de un sistema o proceso a analizar
2. Identificar las ventajas (fortalezas) y desventajas (amenazas)
3. Identificar medidas/soluciones de mejora de un sistema o proceso analizado.
4. Analizar las medidas propuestas.
5. Proponer la mejora de sistema o proceso analizado.

Dentro de la ingeniería civil existen muchas aplicaciones del análisis de DAFO/AVD en varios de sus campos. Por ejemplo, el caso de desarrollo de un nuevo sistema de control de proyecto geotécnico (Hruškovič y Rodríguez, 2009) y el desarrollo de un sistema de diseño basado en prestaciones, conocido con el nombre de “performance-based design”, para los terminales de edificios de aparcamiento (Hruškovič et al, 2010).

CAPÍTULO 3: ANÁLISIS DE METODOLOGÍAS ACTUALES DE IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS. ENFOQUE AL USO EN PROYECTO GEOTÉCNICO.

3.1. Introducción

El presente capítulo describe el desarrollo de la propuesta de una nueva metodología de Identificación de Riesgos (IR) para el uso en Proyecto Geotécnico (PG), siendo posible ser aplicable a otros ámbitos del área de ingeniería civil. La primera fase del proceso de desarrollo de nuevo método (figura 3-1) comenzó con la búsqueda de los estándares y guías existentes de Gestión de Riesgos (GR) que en su contenido tenían información válida sobre el proceso, técnicas y herramientas de IR. Al analizar el contenido de todos los estándares registrados, se han elegido los representativos que formarían la estructura principal del nuevo método.

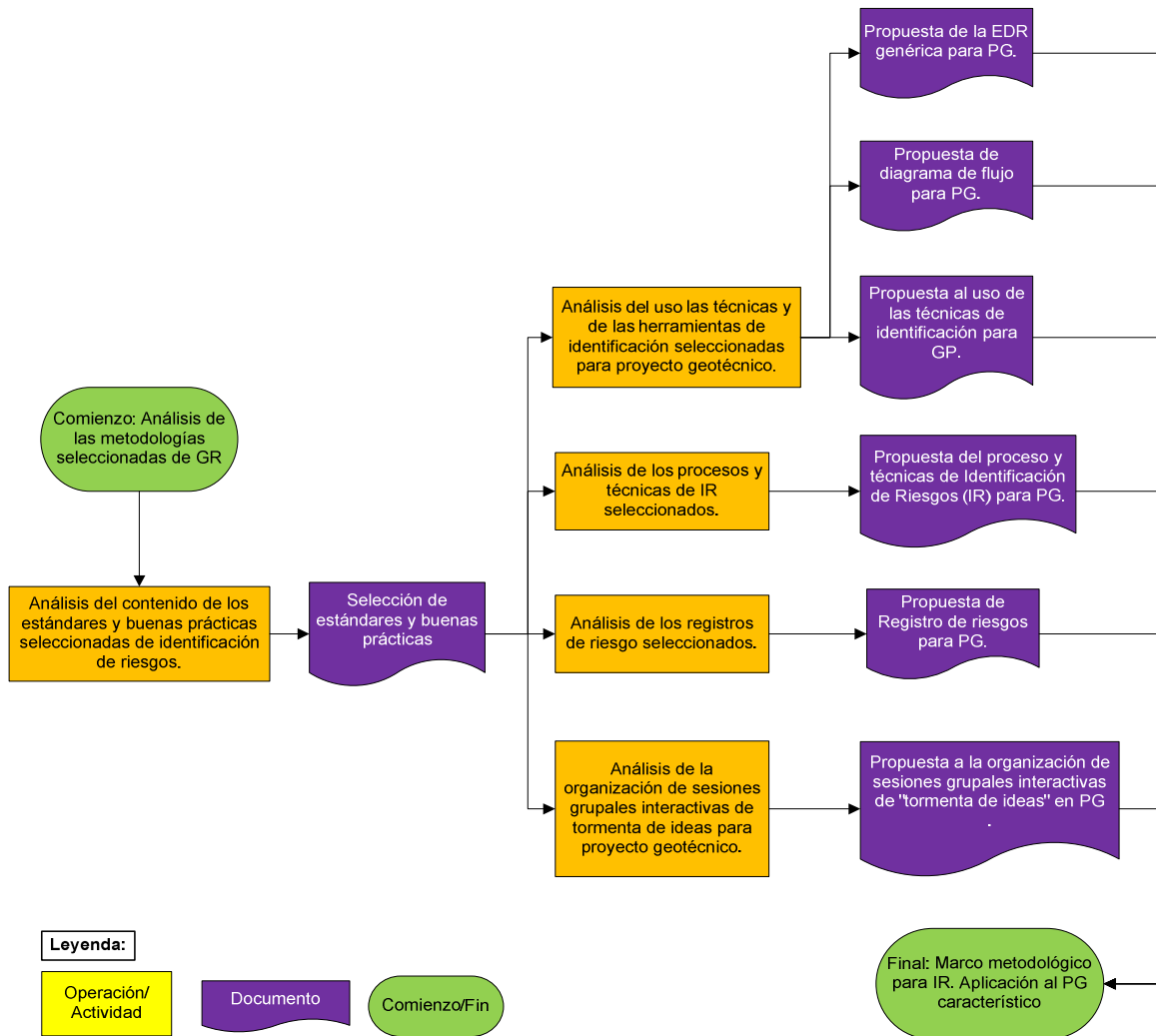


Figura 3-1: Diagrama de flujo del proceso de análisis de metodologías de Gestión de Riesgos para el uso en la fase de la identificación de riesgos de Proyecto Geotécnico.

Los estándares representativos han sido sometidos al análisis detallado comparativo de ventajas y desventajas a través del que han salido recomendaciones de aceptación o de modificaciones necesarias para ser estos compatibles con las necesidades del mismo proceso de IR y del contenido y las fases de PG.

Como puede verse en la figura 3-1 se han analizado 3 áreas del ámbito de IR; los procesos y las técnicas de IR, los Registros de Riesgos (RR) seleccionados, y el análisis

del uso y aplicabilidad de las técnicas de IR seleccionadas. Finalmente a lo largo del desarrollo de nuevo método ha surgido la necesidad de analizar también la organización de sesiones grupales interactivas de tormenta de ideas, que es una de las técnicas más comúnmente utilizadas para IR (Lyons, Skitmore, 2004), (Raz, Michael, 2001). La razón de esto ha sido la falta de experiencia y teoría con la ejecución de este tipo de sesiones, sobre todo en el ámbito del PG.

Surgiendo de los 4 análisis mencionados, se han presentado propuestas de aportaciones originales de nuevo método de IR (figura 3-1). Para comprobar su funcionamiento, se ha preparado un modelo del PG característico (capítulo 4.2) sobre el que se aplicaron las aportaciones de la nueva metodología, es decir, el proceso de IR seleccionado, las técnicas de IR seleccionadas, el RR seleccionado, y la Estructura de Desglose de Riesgos y el Diagrama de Flujo de PG seleccionados.

En el caso de la tormenta de ideas, siendo una de las técnicas de IR seleccionadas, no se ha llegado a realizar su ejecución por razones de alcance de la tesis doctoral. Sin embargo, se han conseguido obtener resultados importantes que eran necesarios para su correcta organización en el PG. Mediante el marco teórico analizado en este capítulo, y las aplicaciones de las propuestas realizadas sobre un modelo de PG (capítulos 4 y 5), se ha podido presentar conclusiones relevantes en el ámbito de IR.

Tanto el análisis de los estándares descrito en el capítulo 3.2 como el desarrollo del marco metodológico para la IR descrito en el capítulo 3.3, y el análisis de la organización de sesiones grupales de tormenta de ideas, se presentan con detalle en las publicaciones científicas del autor adjuntas en el apéndice C.

3.2. Análisis de los estándares y buenas prácticas seleccionadas de Gestión de Riesgos. Enfoque a la identificación de riesgos.

3.2.1. Introducción

Antes de iniciar cualquier trabajo relacionado con el análisis de los procesos, técnicas y herramientas de soporte necesarios para la correcta Identificación de Riesgos (IR), se ha tenido que analizar el contenido de los estándares y buenas prácticas disponibles de Gestión de Riesgos (GR), con el fin de seleccionar del conjunto los más aptos para los objetivos establecidos en la tesis doctoral. El esquema detallado de este proceso se puede ver en la figura 3-2. Del conjunto de los estándares de GR identificados se han tenido que elegir unos representativos que formarían columna vertebral del nuevo sistema de IR que estaría formado de dos componentes básicos que son los siguientes:

1. Proceso de IR con una estructura de Registro de Riesgos (RR) apta para el uso en el PG.
2. Técnicas y herramientas de IR con una Estructura de Desglose de Riesgos (EDR) aptas para el uso en el PG.



Figura 3-2: Esquema del proceso de análisis del contenido de los estándares de Gestión de Riesgos.

Los estándares de GR representativos han sido sometidos al análisis comparativo de ventajas y desventajas considerando las diferencias entre las distintas fases de PG (Van Staveren, 2006). Al terminar el análisis comparativo, se ha podido introducir modificaciones y tomar decisiones más concretas sobre el nuevo método de IR.

3.2.2. Selección de estándares y buenas prácticas de Gestión de Riesgos representativas para el uso en el proyecto geotécnico.

Al acabar el proceso de la búsqueda de estándares de Gestión de Riesgos (GR), se han registrado en total 35 de ellos, todos con alcance y contenido diferentes. El listado completo de los estándares de GR está en el apéndice A.1 de la tesis. Como ya se ha comentado en el capítulo 2.3.2 los estándares de GR se han categorizado en 3 subgrupos básicos que son los siguientes:

1. Orientados al uso en el área de Gestión de Proyectos (GP). Grupo de estándares de aplicación general en proyectos de cualquier tipo. Generalmente son de un contenido y alcance diferentes.
2. Orientados al uso en el área de diseño de sistema o proyecto. Grupo de estándares de aplicación general en área de seguridad de sistemas. Generalmente son de diferente contenido y alcance.
3. Aplicaciones de las dos categorías previamente mencionados sobre las áreas de proyectos o sistemas específicos, como pueden ser aplicaciones en la ingeniería civil, electrotecnia, industria química, etc.

La multitud de los estándares de GR, y las diferencias, mencionadas arriba del texto, en los alcances y los contenidos de los estándares de todas las categorías determinadas, han complicado la selección de un estándar representativo apto para el uso en la Identificación de Riesgos (IR) del Proyecto Geotécnico (PG). Al final se han escogido un estándar representativo y 2 estándares de apoyo, y estos han sido sometidos al

análisis comparativo de ventajas y desventajas. Los 3 estándares seleccionados han sido los siguientes:

1. Project Risk Analysis and Management (PRAM) (APM, 2004)
2. IEC 0812, Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) (IEC, 2006)
3. GeoQ (Van Staveren, 2006)

Los tres estándares cubrían los tres subgrupos reconocidos al principio de este capítulo. El primero de los estándares, el PRAM, ha sido de la categoría número 1, de estándares de GR orientados hacia la Gestión de Proyectos. Al analizar su contenido se ha visto apto para el diseño del proceso y recomendaciones al uso de las técnicas y herramientas de IR. El PRAM sobre todo poseía unas descripciones detalladas sobre la ejecución de las técnicas de IR, considerando también la efectividad de la aplicación de las mismas. El FMEA es un estándar para diseño de sistemas aplicando la filosofía de prevención, muy apto para las fases de diseño básico y detallado de proyecto. El funcionamiento del FMEA se explica en el capítulo 2.4.4. El estándar también contenía estructuras de RR muy detalladas acompañadas con ejemplos. Finalmente, el GeoQ fue escogido del subgrupo de estándares de aplicaciones específicas. GeoQ fue diseñado como estándar para GR de PG en el sentido amplio, considerando las fases de viabilidad, diseño conceptual, diseño, construcción, mantenimiento y explotación, y también la fase contractual del mismo. GeoQ, entre otras cosas, contenía el proceso de GR, las técnicas recomendadas para identificación, análisis y tratamiento de riesgos geotécnicos, etc. Por lo tanto, GeoQ ha podido ser un estándar considerado representativo y pilar del nuevo método de IR.

3.3. Análisis del marco metodológico para la identificación de riesgos. Enfoque al uso en el proyecto geotécnico.

3.3.1. Introducción

Los cinco elementos fundamentales que forman la nueva metodología de Identificación de Riesgos (IR) son el objeto de este capítulo, que trata su desarrollo en base al análisis de ventajas y desventajas de los estándares y guías de Gestión de Riesgos (GR) seleccionadas.

En los siguientes subcapítulos, se presentan las 5 propuestas para los 5 elementos del nuevo método; el proceso y técnicas, recomendaciones al uso, Estructura de Desglose de Riesgos (EDR), Diagrama de Flujo (DF) de Proyecto Geotécnico (PG), y el Registro de Riesgos (RR).

Los detalles sobre el desarrollo del análisis comparativo de ventajas y desventajas de los estándares y guías de GR seleccionadas en el primer filtro, la propuesta del proceso de IR con sus respectivas técnicas y herramientas, y los detalles sobre la evaluación del uso de las técnicas de IR, se describen en los capítulos consecutivos 3.3.2 y 3.3.3, y también en la publicación correspondiente (apéndice C.1).

Los detalles sobre el desarrollo de la EDR genérica para PG aparecen en los capítulos 2.3.5 y 3.3.4 de esta tesis. Y finalmente, la creación del registro de riesgos se describe

en detalle en los capítulos 2.3.5 y 3.3.5, y también mediante la publicación adjunta en el apéndice C.2.

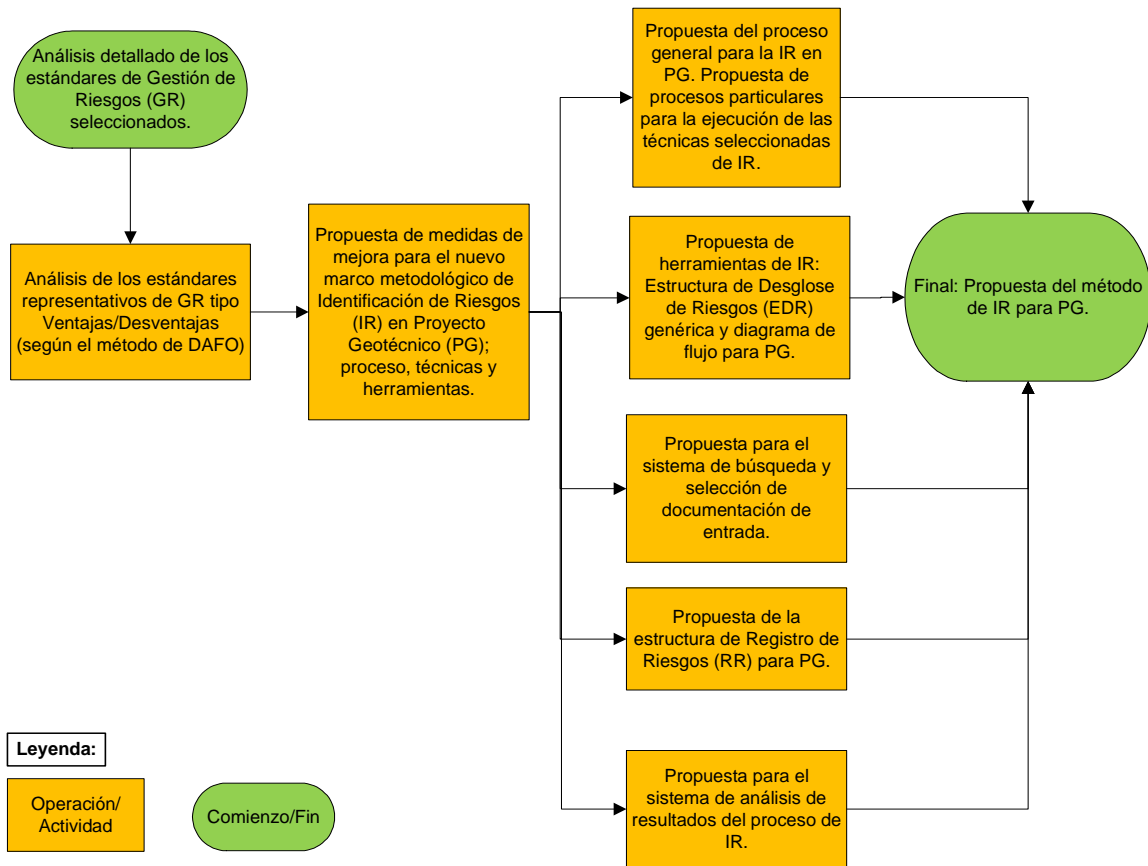


Figura 3-3: Esquema del análisis detallado de ventajas y desventajas de los estándares de Gestión de Riesgos representativos.

3.3.2. Propuesta del proceso y técnicas de identificación de riesgos.

Los objetivos principales relacionados con el diseño del nuevo proceso de IR han sido los siguientes:

- La identificación de un abanico más amplio de los escenarios de riesgo (relación causa-evento-efecto) más importantes que podrían afectar el funcionamiento de un proceso o sistema objeto de estudio de GR, y
- la garantía de la fiabilidad de los resultados mediante un procedimiento estructurado de ejecución y un sistema de control de fiabilidad de datos de entrada y salida transparente.

Parte de la creación del nuevo método de IR ha sido establecer el proceso de IR con sus respectivas actividades y técnicas, definiendo la documentación de entrada y salida, integrando él mismo las herramientas necesarias para el registro y control del alcance y de la fiabilidad de resultados. Un factor muy importante a la hora de proponer el proceso de IR, ha sido su integración dentro de las fases de PG. Se ha dado un enfoque especial a las fases de viabilidad y diseño básico de proyecto por la razón de ser las más efectivas y más intensas las actividades de IR en las mismas (APM, 2004).

Otro factor importante a la hora de diseñar el nuevo proceso de IR, ha sido su compatibilidad con el resto de las fases de GR, es decir, con las fases de análisis y tratamiento de riesgos. En otras palabras, las salidas del proceso de IR han tenido que ser fácilmente utilizables en las fases de GR seguidas. Concretamente, se trataba de preparar las salidas para lo que normalmente se recomienda en los estándares de GR; la ejecución del análisis cualitativo y el establecimiento de recomendaciones previas al tratamiento de los escenarios de riesgo identificados.

Teniendo establecidas las necesidades mencionadas arriba del texto al nuevo proceso de IR, se ha podido proceder al análisis comparativo de ventajas y desventajas de los estándares de GR seleccionados elegidos después del análisis en el primer filtro.

Las conclusiones básicas del análisis tipo Ventajas y Desventajas de los tres estándares seleccionados, desde el punto de vista de los procesos y las técnicas de IR para el uso en el PG, han sido las siguientes:

Ventajas:

GeoQ (Van Staveren, 2006) representa proceso cíclico de gestión de riesgos en el contexto del proyecto geotécnico y sus específicos. GeoQ define recomendaciones al proceso de IR, y recomienda el uso de las técnicas seleccionadas describiéndolas. Describe en detalle el uso de la técnica de “tormenta de ideas” grupal nominal para fines de identificación y clasificación de riesgos de proyecto geotécnico.

PRAM (APM, 2004) es compatible con el GeoQ (Van Staveren, 2006), representa una descripción detallada de las técnicas seleccionadas para IR acompañada de información práctica a nivel cualitativo sobre el uso de estas técnicas, teniendo en cuenta la fase y tamaño de proyecto, y la madurez del grupo de trabajo encargado de llevar a cabo las tareas de Gestión de Riesgos (GR).

FMEA (IEC, 2006) es un método recomendado por GeoQ, integrado con la fase de GeoQ llamada "remediación de riesgos (tratamiento de riesgo), que sigue después de las fases de identificación y clasificación de riesgos (figura 2-21). La manera de describir el riesgo a través del esquema de FMEA es muy conveniente para el uso en el proceso de IR de Proyecto Geotécnico (PG).

Desventajas:

- Ninguno de los tres estándares menciona la forma de aplicar las técnicas, teniendo en cuenta la fase de PG, los recursos humanos, tiempo, costes y el tamaño y la complejidad del mismo.
- No existe un sistema estructurado para la búsqueda de documentación de entrada a la hora de usar la técnica de Revisión de Documentación (RD) en el proceso de IR.
- No existe un sistema de control de fiabilidad de datos de entrada y salida del proceso de IR. En otras palabras, no hay recomendaciones para completar el proceso de IR en función del grado determinado de fiabilidad.

- No existe ejemplo de la aplicación de Estructura de Desglose de Riesgo (EDR) en el PG.
- No hay información suficiente sobre la aplicación y los resultados obtenidos al emplear las técnicas seleccionadas de IR en el PG, excepto el caso de la “tormenta de ideas” grupal nominal.
- Las recomendaciones para el uso de las técnicas seleccionadas de IR se encuentran en un nivel muy general.
- La posibilidad de aplicación práctica de los conocimientos sobre el funcionamiento de las técnicas seleccionadas de IR descrito en los estándares analizados no garantiza la fiabilidad de los resultados.
- No existen recomendaciones para la selección y nombramiento de los recursos humanos que forman grupos expertos que se utilizan para introducir la información sobre el riesgo estudiado aplicando las técnicas de IR recomendadas para el uso en PG.
- No existe un sistema de análisis con la capacidad de integrar y comparar los resultados obtenidos por diversas técnicas de IR seleccionadas.
- No existe un sistema de análisis de la productividad y la efectividad de los grupos de trabajo (grupos expertos) que participan en el proceso de IR en PG.

A base de los resultados del análisis, se han establecido las siguientes recomendaciones al empleo de los estándares de GR analizados en la creación de nuevo proceso de IR:

- a) El proceso de IR establecido en el GeoQ (VanStaveren, 2006) considera todas las fases de PG y por lo tanto fue elegido como el más adecuado para ser la base de nuevo proceso. El nuevo proceso de IR ha de ser absolutamente compatible con el GeoQ.
- b) PRAM (APM, 2004) fue elegido para servir como un estándar de apoyo al GeoQ para la ejecución de las técnicas de IR, ya que proporcionaba una información bastante completa en ese sentido.
- c) FMEA 0812 (IEC, 2006), junto con la norma FTA 1025 (IEC, 2006) fueron elegidas como las normas básicas para la descripción de los escenarios de riesgo (modo de fallo, las causas y efectos) siendo útiles para la fase de diseño detallado de PG, con posible uso en fases previas al diseño detallado y construcción.

Según las conclusiones del análisis de los estándares de GR seleccionados, se ha establecido el proceso cíclico de IR visto en la figura 3-4. El proceso de IR contiene las actividades necesarias para la elaboración de un llamado Plan de IR, luego las actividades relacionadas con la ejecución de las técnicas de IR cuyos resultados conducen a la elaboración de Registro de Riesgos (RR). El proceso cuenta con el uso de los recursos materiales y humanos que pasan por el proceso de selección controlado, y también integra las herramientas tales como la EDR y el diagrama de flujo.

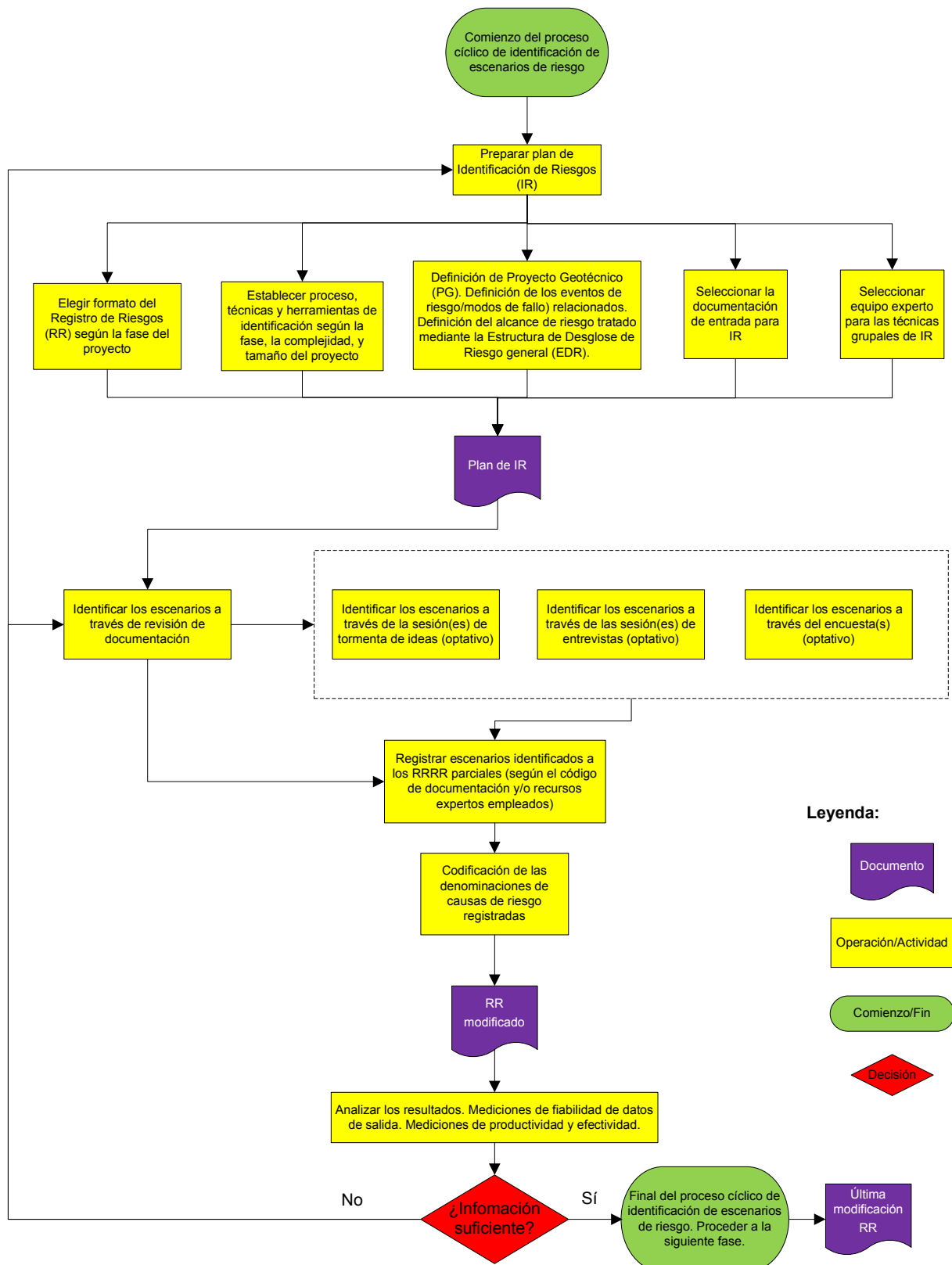


Figura 3-4: Propuesta del proceso general junto con técnicas seleccionadas de Identificación de Riesgos para el uso en el Proyecto Geotécnico.

A continuación, el proceso introduce cuatro técnicas de IR básicas recomendadas al uso en el PG (tabla 3-1). Las técnicas propuestas son idénticas con las que aparecen recomendadas por el GeoQ (Van Staveren, 2006) para la fase de IR. Aparte de las cuatro técnicas que aparecen en la tabla 3-1, GeoQ (Van Staveren, 2006) recomienda otras tres más; registros de riesgos, análisis de escenarios, y listas de control. Las tres no han sido excluidas sino que fueron incluidos dentro de lo que se llama la técnica de Revisión de Documentación (RD) en forma de documentación de entrada recomendada (figura 3-5).

Tabla 3-1: Técnicas de identificación de riesgos seleccionadas para el uso en proyecto geotécnico.

TÉCNICAS DE IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS	ESTÁNDARES DE GR DE REFERENCIA	INFORMACIÓN ADICIONAL DE APOYO
Revisiones de documentación <i>“Document Review”</i>	GeoQ (Van Staveren, 2006) PRAM (APM, 2004)	PMBok (PMI, 2004), (del Caño y de la Cruz, 2008)
Tormenta de ideas <i>“Brainstorming”</i>	GeoQ (Van Staveren, 2006) PRAM (APM, 2004)	PMBok (PMI, 2004), (Millet, 1999), (del Caño y de la Cruz, 2008), (Lyons, Skitmore, 2004), Chapman (1998), Aiken et al. (1996)
Entrevista <i>“Risk Interview”</i>	GeoQ (Van Staveren, 2006) PRAM (APM, 2004)	PMBok (PMI, 2004), (McGivern, 2006), (Descombe, 2007)
Encuesta <i>“Risk Questionnaire”</i>	GeoQ (Van Staveren, 2006)	(Grande y Abascal, 2005), (Keizer et al, 2002)

La nueva división en cuatro técnicas de IR tiene las siguientes ventajas:

- a) Cada una tiene un proceso de su ejecución particular.
- b) Cada una tiene una dinámica de trabajo particular.
- c) Todas son compatibles con los métodos de remediación de riesgo (Van Staveren, 2006), tales como FMEA o FTA. Es decir, pueden ser utilizadas para introducir la información a los métodos mencionados.
- d) Todas pueden ser utilizadas para la fase de análisis semi-cualitativo/clasificación de riesgo de PG (Van Staveren, 2006)
- e) Todas pueden ser utilizadas sin apoyo ni combinación con otra de las técnicas o métodos de IR reconocidos.

El funcionamiento y los procedimientos de ejecución de las técnicas propuestas han sido contrastados con el estándar genérico de GR, el PRAM (APM, 2004). En base de los resultados de análisis de ventajas y desventajas, información adicional sobre las técnicas ha sido estudiada con el fin de proponer mejoras y dar recomendaciones para su uso y aplicación en el PG.

Para garantizar la fiabilidad de información de salida al emplear algunas de las técnicas seleccionadas de IR (tabla 3-1), se ha tenido que garantizar la calidad de información de

entrada a las mismas y también saber estimar la fiabilidad de la información de salida; resultados del proceso de IR. Por lo tanto, en el diseño del nuevo método de IR se ha considerado lo siguiente:

Criterios de fiabilidad para la información de entrada

- Sistema estructurado de selección de documentación y de los recursos humanos.
- Uso de los criterios para la codificación de causas de riesgo identificadas mediante cualquiera de las técnicas de IR empleadas.
- Mención de los datos de referencia al emplear la técnica de Revisión de Documentación (RD): autor, tipo del documento, nombre de la publicación, año, editor.
- Mención de los datos de referencia al emplear las técnicas grupales de IR: nombre, años y áreas de experiencia profesional, años y áreas de responsabilidad profesional

Criterios de fiabilidad para la información de salida

- Uso de los criterios para la codificación de causas de riesgo identificadas.
- “Principio del Pareto” (PP) que se utiliza entre otras cosas en el ámbito de Gestión de Calidad (20% de los fallos identificados se encuentra en 80% de los procesos). PP permite seleccionar el 20 % de las causas de riesgo identificadas y más frecuentemente repetidas por la documentación estudiada y por los expertos participantes del proceso de IR.
- La mención de los datos de referencia, mencionados arriba del texto, permite para todas las técnicas de IR, controlar el nivel de fiabilidad de las fuentes de información de las causas de riesgo mencionadas más frecuentemente durante el proceso de IR.
- La comparación de los resultados de cobertura de las causas de riesgo observado e identificadas mediante alguna de las técnicas de IR utilizando la Estructura de Desglose de Riesgos (EDR) específica.
- La comparación de los resultados de productividad y efectividad de los grupos expertos utilizados para la identificación de riesgos mediante alguna de las técnicas de IR seleccionadas.

Para poder empezar con proceso de identificación de riesgos mediante la Revisión de Documentación (RD) ha sido necesario introducir los datos de entrada al mismo. Para garantizar la calidad de la información de entrada se ha tenido que diseñar y ejecutar un proceso estructurado de búsqueda de documentación (figura 3-5) que permitiría de una manera organizada y controlada identificar y seleccionar correctamente la misma.

El proceso de búsqueda consistió de varias fases (según pueden ser vistos en la figura 4-14) y ha sido diseñado para poder trabajar por ciclos según las necesidades del proceso

de Identificación de Riesgos (IR). El elemento fundamental del presente diagrama es la integración de la EDR dentro del proceso.

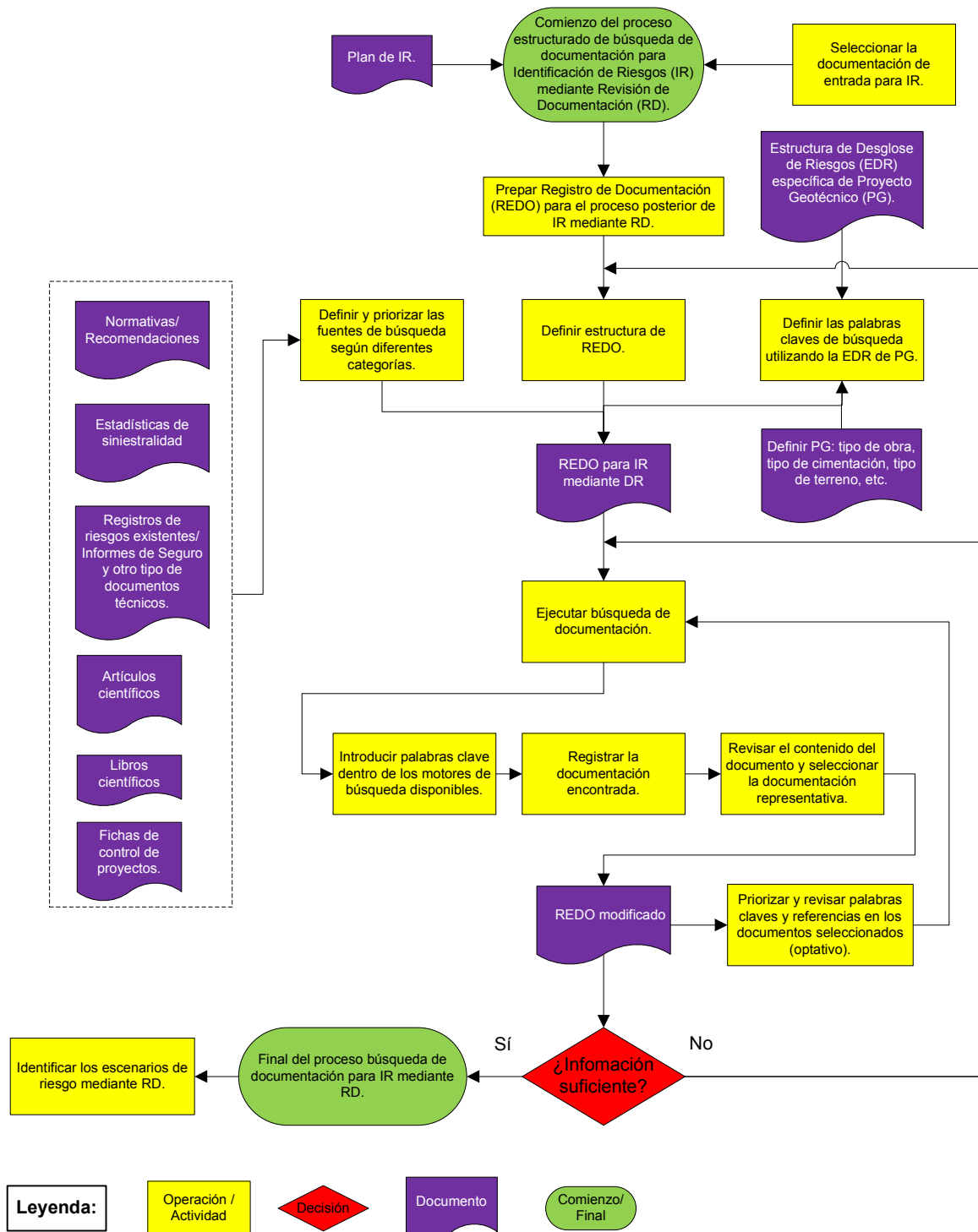


Figura 3-5: Esquema del proceso de búsqueda de documentación de entrada al proceso de identificación mediante la técnica de revisión de documentación.

La función de la EDR en este caso ha sido ayudar a definir las palabras clave introducidas posteriormente a los motores de búsqueda seleccionados. La EDR de PG (capítulo 3.3.4, figura 3-11) ha contribuido a centrar el empeño hacia la identificación

de documentación más relevante desde el punto de vista de alcance del estudio. A la hora de priorizar la documentación encontrada se tomaba en cuenta, aparte del factor de relevancia inherente al nombre de su(s) autor(es), el volumen de información sobre los orígenes de riesgo presentados mediante una EDR.

La propuesta de proceso de IR introduce un sistema de codificación de descripciones de escenarios/causas de riesgo identificados para poder observar las repeticiones, y el criterio de cierre de proceso establecido según el grado de fiabilidad de salidas del proceso de IR y basado en la llamada “Principio de Pareto” (PMI, 2004).

Pareto enunció el principio basándose en el denominado conocimiento empírico. Observó que la gente en su sociedad se dividía naturalmente entre los “pocos de mucho” y los “muchos de poco”; se establecían así dos grupos de proporciones 80-20 tales que el grupo minoritario, formado por un 20% de población, ostentaba el 80% de algo y el grupo mayoritario, formado por un 80% de población, el 20% de ese mismo algo.

El Principio de Pareto se utiliza en muchos ámbitos, entre ellos en el ámbito de control de calidad que lo utiliza ampliamente como una herramienta de gestión (el 20% de los defectos radican en el 80% de los procesos). Así, de forma relativamente sencilla, aparecen los distintos elementos que participan en un fallo y se pueden identificar los problemas realmente relevantes, que acarrearán el mayor porcentaje de errores.

Entonces, cuando el valor de reaparición de las descripciones de causas similares en el conjunto de 20% del total de las causas codificadas e identificadas mediante las técnicas de IR llega a ser un número determinado n ($c_{itop20RD+Emin} > n$), se toma la decisión de parar el proceso de IR considerando los resultados finales fiables desde el punto de vista del tomador de decisiones.

El objetivo del proceso de codificación (figura 3-6) es unificar aquellas descripciones de las causas identificadas mediante las técnicas de Identificación de Riesgos (IR) que tiene el mismo significado, mejorar la calidad de las descripciones obtenidas, y a la vez conseguir un nivel de detalle óptimo para poder ser cada una de ellas efectivamente utilizadas en la fase de evaluación de riesgos.

Para la concepción del proceso y criterios de codificación se ha utilizado el libro sobre el análisis de encuestas de los autores Grande y Abascal (ESIC, 2005) como trabajo de referencia. El caso de respuesta abierta, tal como lo definen Grande y Abascal (ESIC, 2005), que coincidió con el caso de presente estudio pertenece a los más complejos métodos de codificación.

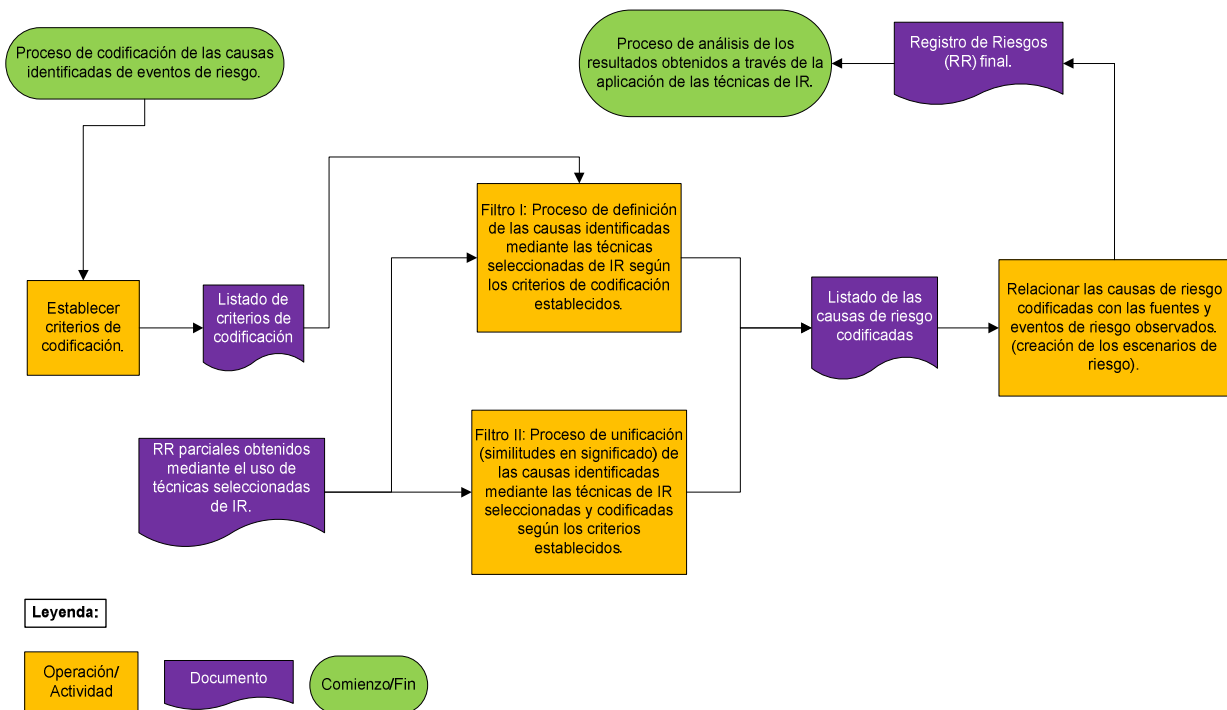


Figura 3-6: Esquema detallado del proceso de codificación de causas de riesgo identificadas mediante las técnicas de Identificación de Riesgos.

Antes de iniciar el proceso, se han establecido los criterios de codificación para las causas identificadas mediante ambas técnicas utilizadas que han sido los siguientes:

1. El contenido y el significado de la causa codificada ha de ser compatible con la(s) causa(s) identificada(s) mediante cualquiera de las técnicas de IR empleadas que la componen.
2. La causa codificada debe estar dentro del alcance del estudio realizado sobre el riesgo.
3. La causa codificada debe ser citada por alguna de las documentaciones estudiadas, o por alguno de los expertos que ha participado en técnicas grupales de IR.
4. La causa codificada debe excluir expresiones que mencionarían descripciones cualitativas o cuantitativas sobre los valores de probabilidad de ocurrencia o de magnitud de impacto económico, medioambiental y sobre la seguridad.
5. La causa codificada debe excluir expresiones ambiguas, o de tipo jerga (no entendibles en el entorno de profesión dentro del alcance del proyecto, sistema, o proceso analizado).
6. La causa codificada debe describir las causas codificadas con un detalle apto para poder ser aquellas evaluadas posteriormente mediante los barremos cualitativos considerados. Excluir las causas identificadas que carecían de un detalle suficiente. En el caso de insuficiencia en detalle de descripción de las causas identificadas mediante

alguna de las técnicas grupales de IR utilizadas, pedir explicación más detallada mediante una entrevista de soporte.

El empleo de las técnicas grupales de IR definidas como optativas en el nuevo proceso, se deja a la decisión del encargado de GR en el PG. El siguiente capítulo 3.3.3 describe las recomendaciones al uso de las técnicas de IR de nuevo proceso de IR, basadas todas ellas en el conocimiento actual.

3.3.3. Propuesta del uso de las técnicas y herramientas de identificación de riesgos en PG.

En base a los factores definidos en la figura 3-8 y el procedimiento señalado en el diagrama de la figura 3-6, se ha ejecutado el análisis del uso de las técnicas de IR para el PG. Los resultados se presentan en las tablas 3-2 y 3-3. En la tabla 3-2, ha sido juzgada la aplicabilidad de las técnicas de IR establecidas para el nuevo proceso, teniendo en cuenta las fases del proyecto más importante desde el punto de vista de GR (donde la eficiencia inherente a la aplicación de los procesos de GR, supuestamente, es la más alta), la madurez de la organización encargada de GR, y los recursos financieros y de tiempo necesarios. Para más detalle, se puede consultar la publicación adjunta en el apéndice C.1.

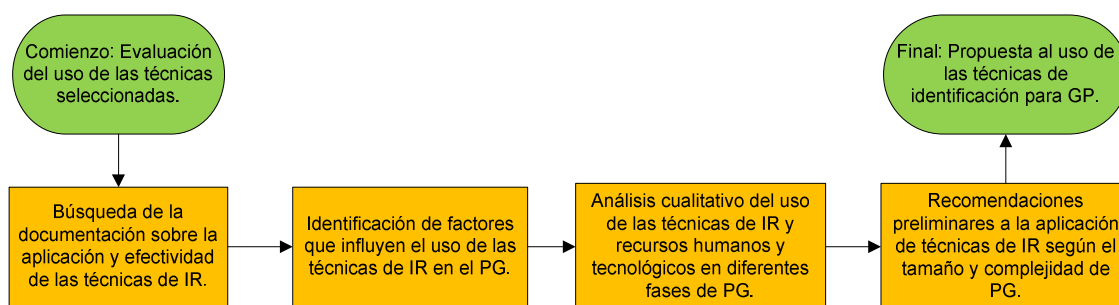


Figura 3-7: Esquema del proceso de evaluación del uso de las técnicas seleccionadas de Identificación de Riesgos.

Al evaluar el uso de las técnicas de IR, hay que considerar varios factores que forman la función de su aplicabilidad (figura 3-8). Técnicas seleccionadas para el uso en PG deben ser adaptadas al tamaño y la naturaleza del mismo, el tiempo disponible para el estudio de riesgos, la información disponible, la cultura de las organizaciones que participan en el mismo, y también la madurez de los equipos encargados de llevar a cabo las actividades de GR (APM, 2004).

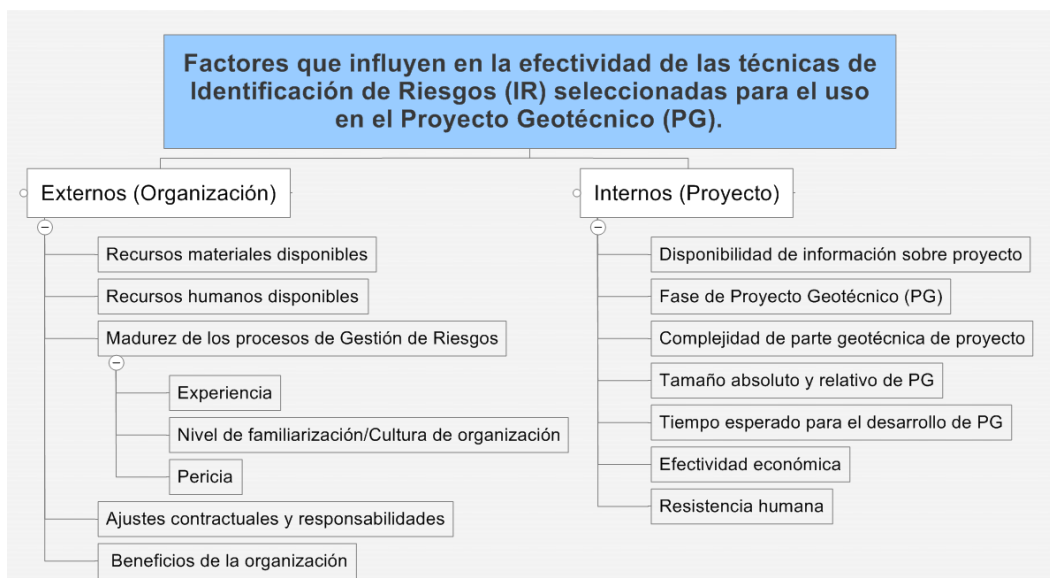


Figura 3-8: Factores seleccionados que influyen en la aplicación de las técnicas de Identificación de Riesgos en los proyectos.

Esta distribución de factores a la hora de evaluar la aplicabilidad individual de cada una de las técnicas de IR consideradas queda reflejada en la tabla 3-2. Aparte del PRAM, los valores cualitativos, presentados en la tabla 3-2, se han basado en los estudios de Chapman (1998) y Van Staveren (2006).

Tabla 3-2: Aplicabilidad y requisitos para recursos (financieros-tiempos, y nivel de madurez de los procesos de gestión de riesgos) de las técnicas de Identificación de Riesgos según las diferentes fases de Proyecto Geotécnico. (PRAM, 2004) (VanStaveren, 2008) (Chapman, 1998)

Técnicas de IR seleccionadas	Fases determinadas de PG (VanStaveren, 2008)			Requisitos sobre la madurez de procesos de GR y recursos empleados (PRAM, 2004)	
	<i>Viabilidad</i>	<i>Diseño Básico</i>	<i>Diseño Detallado</i>	<i>Recursos (Tiempo/Costes)</i>	<i>Madurez de GR</i>
TIG	Buena - Fuerte	Buena - Fuerte	Potencial	Bajos	Alta
TIN	Limitada	Buena - Fuerte	Potencial	Bajos	Media
RD	Buena - Fuerte	Buena - Fuerte	Potencial	Bajos	Baja
ET	Buena - Fuerte	Buena - Fuerte	Potencial	Medianos	Media
EN	Potencial	Buena - Fuerte	Limitada	M	Alta

Nota: TIG – Tormenta de Ideas Grupal Interactiva Interactive Group Brainstorming, TIN – Tormenta de Ideas Grupal Nominal, RD – Revisión de Documentación, ET – Entrevista de IR (Tormenta de Ideas Individual), Encuesta de IR (EN)

La metodología conocida por el nombre de PUMA (Del Caño, De la Cruz, 2002), sirvió como un ejemplo principal para organizar las recomendaciones sobre el uso del conjunto de técnicas de IR en PG. Según PUMA, las técnicas de GR (considerando también las de identificación) deben ser aplicadas teniendo en cuenta la complejidad y el tamaño absoluto o relativo del proyecto, y también la madurez de los procesos de GR dentro de la organización encargada de llevarlos a cabo. Esta distribución de factores a

la hora de evaluar la aplicabilidad del conjunto de las técnicas de IR consideradas queda reflejada en la tabla 3-3.

Del Caño y De la Cruz (2002) definen el tamaño relativo y absoluto de proyecto según el modelo de Turner y Payne (1997). Por ejemplo, se puede decir que el proyecto es relativamente pequeño, mediado o grande cuando el presupuesto es del orden de 1/100, 1/10 o 1/1 de la capitalización de la empresa. En cuanto al tamaño absoluto, podemos decir que el proyecto es pequeño, mediano, o grande cuando el presupuesto del mismo es inferior a 25.10⁶ US\$, entre 25.10⁶ y 100.10⁶ US\$, o superior a 100.10⁶ US\$.

La madurez de los procesos de GR tiene según Hillson (1997) cuatro niveles cualitativos; ingenuo, novato, normalizado, y natural. Del Caño y De la Cruz (2002) definen en base de los cuatro mencionados previamente, dos niveles de madurez; bajo (ingenuo y novato) y alto (normalizado y natural). La clasificación en la Tabla 3-2 considera también el nivel de madurez media, nivel intermedio posicionado entre lo que se define como novato y normalizado. Los tres niveles de complejidad de proyecto igualmente se basan en el trabajo de Del Caño y De la Cruz (2002).

Tabla 3-3: Recomendaciones preliminares sobre el empleo de las técnicas de Identificación de Riesgos según el tamaño y la complejidad de Proyecto Geotécnico. (PRAM, 2004) (Del Caño, De la Cruz, 2002) (Rodríguez et al, 2008) (Chapman, 1998)

Tamaño absoluto de PG	Complejidad de PG		
	<i>Baja</i>	<i>Media</i>	<i>Alta</i>
<i>Pequeño</i>	RD	RD	RD + TIG/ET
<i>Mediano</i>	RD + TIG	RD + TIG + ET	RD + TIG/ET + EN
<i>Grande</i>	RD + TIG/EN	RD + TIG + EN	RD + TIG/ET + TIN/EN

Nota: TIG – Tormenta de Ideas Grupal Interactiva Interactive Group Brainstorming, TIN – Tormenta de Ideas Grupal Nominal, RD – Revisión de Documentación, ET – Entrevista de IR (Tormenta de Ideas Individual), Encuesta de IR (EN)

Los resultados presentados en las tablas 3-2 y 3-3 pueden ser considerados como orientativos ya que se basan en análisis de documentación disponible. Por la falta de experiencia actual con la aplicación de las técnicas de identificación de riesgos en el entorno de PG e incluso de las obras de ingeniería civil, se recomienda basar el ajuste de las recomendaciones sobre experiencias reales en el uso de las mismas.

Como puede observarse, los resultados de la evaluación preliminar presentados de las dos tablas (3-2 y 3-3) son cualitativos, y se obtuvieron a base de revisión de los documentos seleccionados. Los estudios sobre el nivel de madurez de los procesos de GR y la cultura de prevención en las empresas del sector de la construcción indican que, hasta ahora, la mayoría de ellas se halla entre el nivel bajo y moderado (Hillson, 1997) (Del Caño, De la Cruz, 2002) (Lyon, Skitmore, 2004).

Las recomendaciones que aparecen en la Tabla 3-3 consideran que tanto el consultor independiente de GR y el cliente proporcionarán moderado o alto nivel de madurez de los procesos de GR. Si este no es el caso, según ha sido indicado en el apartado anterior, el encargado de gestión de riesgos (o gestor de proyecto, si este es el caso) tiene que buscar una configuración ajustada a las capacidades reales de organización de proyecto.

Se puede observar en la figura 3-4, que salvo el caso de la técnica de Revisión de Documentación (RD) que es obligatoria, el resto de las técnicas son opcionales. A la técnica de RD, además se recomienda utilizarla como primera. Al ejecutar la primera, se puede emprender el uso de otra(s) técnica(s) disponibles, siempre apoyándose sobre los resultados obtenidos a través de RD. Las razones principales para elegir la RD como la técnica obligatoria y primera al ser ejecutada en el proceso de IR han sido las siguientes:

- a) Conocimiento del estado actual en las bases de datos inherentes a la organización encargada de identificar los riesgos o la organización “dueño” de riesgo de proyecto. Exige la integración del proceso de Gestión de Conocimiento (GCO) con los procesos de GR.
- b) Bajo coste de ejecución, tiempo relativamente rápido de ejecución, baja complejidad de ejecución. No se utilizan las personas sino los documentos técnicos y/o científicos disponibles.

El empleo del resto de las técnicas definidas en la figura 3-4, se deja a la decisión del encargado de GR en el PG. La supuesta ventaja de las técnicas grupales de IR (uso de varias personas), es la tendencia de describir los escenarios que los expertos encuestados o entrevistados consideran más importantes desde su punto de vista. Este hecho permite observar las frecuencias de repetición de ciertos escenarios de riesgo definidos por los encuestados o entrevistados y así poder cerrar el proceso cuando el nivel de repeticiones se considere adecuado.

3.3.4. Propuesta de la Estructura del Desglose de Riesgos genérica y del diagrama de flujo para proyecto geotécnico.

Dos herramientas de ayuda han tenido que ser creadas para garantizar el buen funcionamiento del proceso de IR para PG y también su efectiva comprobación; la Estructura de Desglose de Riesgos (EDR), y el diagrama de flujo de Proyecto Geotécnico (PG).

La primera, la Estructura de Desglose de Riesgos, ha sido una de las herramientas necesarias para el nuevo método de Identificación de Riesgos (IR) para Proyecto Geotécnico (PG). El objetivo ha sido crear una EDR genérica para PG, siendo la misma una estructura jerárquica de todos los relacionados con los siguientes modos de fallo:

- a) Los modos de fallo relacionados el fallo estructural de distintos tipos de cimentación
- b) Los modos de fallo relacionados con el fallo estructural de obras de contención y mejora de terreno.
- c) Los modos de fallo relacionados con cualquier fallo operativo en la cadena de actividades de proyecto geotécnico, y siendo relacionados con los modos de fallo presentados en los dos puntos anteriores.

El procedimiento de creación de la EDR genérica se puede ver en la figura 3-9.

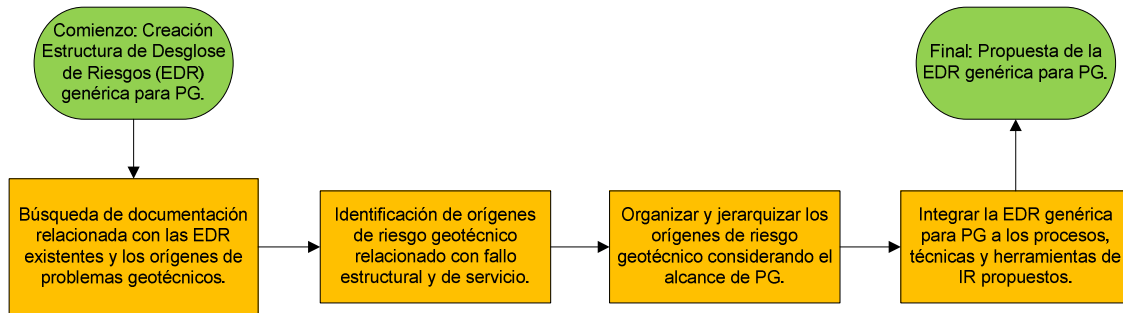


Figura 3-9: Esquema del proceso del diseño de la Estructura de Desglose de Riesgos genérica para el uso en el Proyecto Geotécnico.

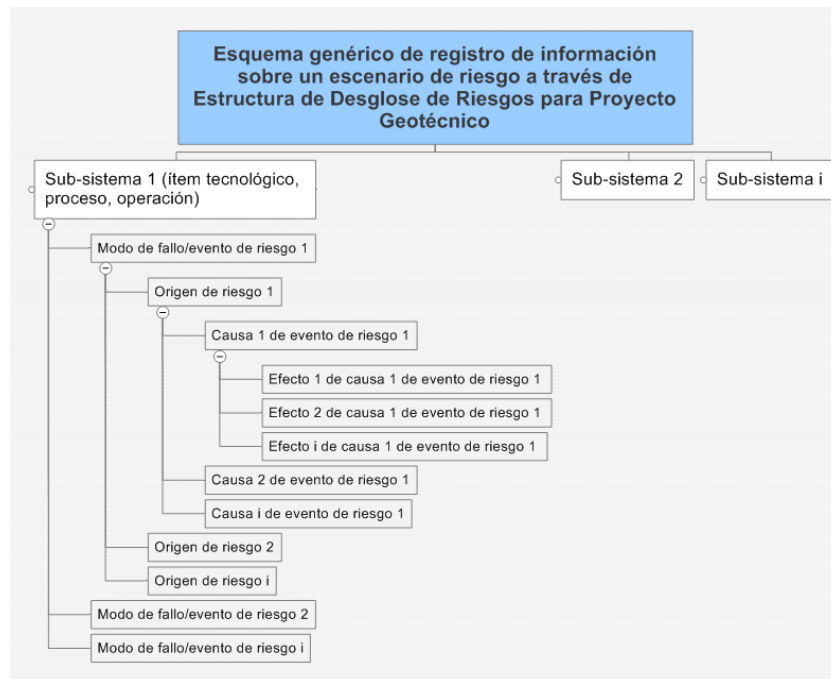


Figura 3-10: Esquema de registro de información sobre escenario de riesgo a través de la Estructura de Desglose de Riesgos para Proyecto Geotécnico.

El funcionamiento de la EDR fue diseñado sobre la base teórica establecida por el Hillson (2002), comentada detalladamente en el capítulo 2.3.5, y se han considerado también las exigencias al funcionamiento del nuevo método de IR para el uso en el PG, definidas en el capítulo 3.3.2. Para entender mejor la propuesta de funcionamiento de la EDR para PG, se presenta en figura 3-10 el esquema de su integración con los eventos de riesgo relacionados (modos de fallo a prevenir), y las causas relacionadas con cada origen determinado. Se puede observar que el primer nivel de la EDR lo forma la definición de un sistema (tecnológico u operativo) sobre el que se aplica el proceso de IR, el segundo nivel son los modos de fallos a prevenir (eventos de riesgo) con sus respectivos orígenes (tercer nivel) que permiten definir las causas de los eventos de

riesgo (cuarto nivel). El conjunto causas – evento – efecto define un escenario de riesgo sobre el que se pueden aplicar medidas de tratamiento.

Los jerarquía de los orígenes de riesgo vinculados a los modos de fallo (eventos de riesgo) definidos al principio de este capítulo, se han definido a través la EDR genérica creada para el uso en el PG, y su versión final de dos niveles de desglose se ve en la figura 3-10. La versión completa de EDR genérica para PG fue creada en el año 2007 (Rodríguez y Hruškovič, 2007). Su composición fue inspirada por los trabajos de Tah y Carr (2001) y Arikan (2005) que presentaron y aplicaron las EDR para la GR en los proyectos de construcción.

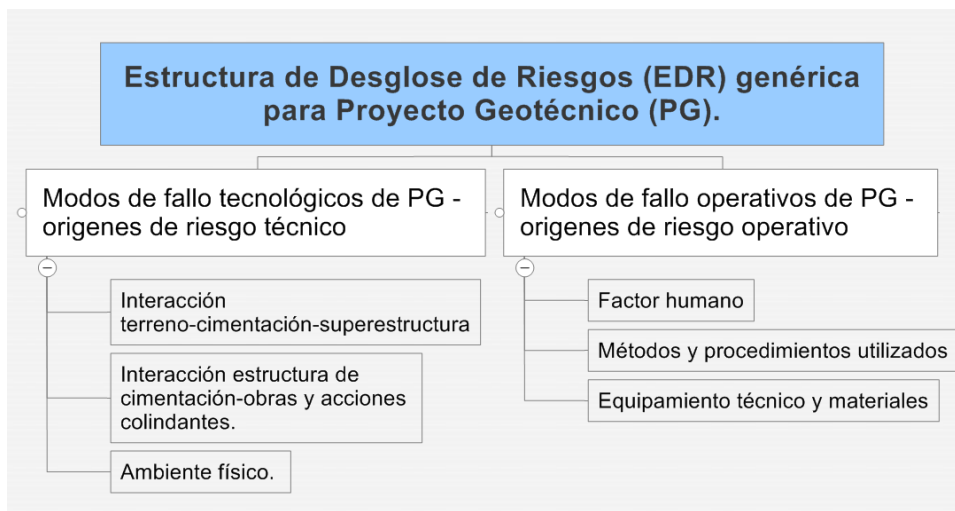


Figura 3-11: EDR genérica propuesta para la gestión de riesgos del Proyecto Geotécnico.

En el primer nivel de la EDR genérica para PG, se reconocen las diferencias en el sistema tecnológico y sistema operativo de proyecto geotécnico. Ambos son complementarios, ya que es bien cierto que los orígenes de riesgo operativo provenientes básicamente de actividades humanas y de aplicación de métodos, influyen en el resultado de la solución tecnológica y resolución de condiciones físicas del entorno.

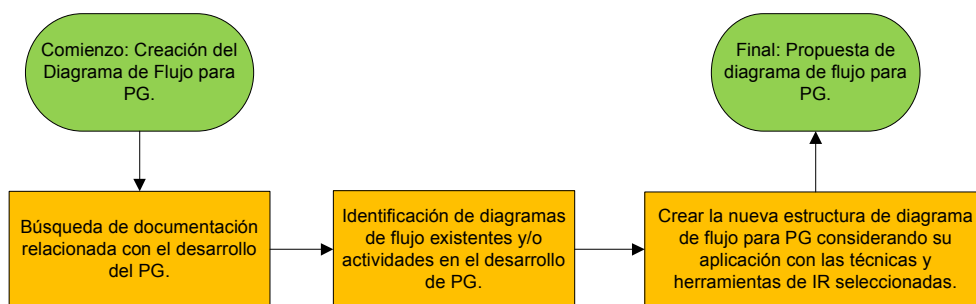


Figura 3-12: Esquema del proceso de diseño del diagrama de flujo para el uso en el Proyecto Geotécnico característico.

Se espera que las diferencias en la misión del equipo de GR, la tipología y el entorno físico, legal, etc de PG, y la tecnología aplicada sobre el mismo, puedan conducir a la versión final de EDR. Se esperan esquemas de las EDR particulares, utilizadas para el uso en ciertas misiones de GR dentro de un proyecto de construcción y también para determinadas tipologías de PG. Un caso práctico puede ser la EDR genérica utilizada en esta tesis para investigar el riesgo operativo de PG característico (figura 4-3).

La segunda herramienta creada para el uso en el proceso de IR para PG, ha sido el diagrama de flujo de las actividades llevadas a cabo en su desarrollo, que comenzaban desde el inicio del desarrollo del informe geotécnico, hasta concluir la obra geotécnica que en mayoría de los casos de obras de edificación suele ser la cimentación de edificio. En la figura 3-12 se puede ver el esquema del desarrollo que condujo a la creación del diagrama de flujo para PG.

La versión final fue creada a base del procedimiento de desarrollo de PG descrito por Rodríguez et al (1982) y el CTE: DB - C (2006), y puede verse en la figura 3-12. Para simplificar el procedimiento de desarrollo de PG, se ha diseñado un sistema de flujo de actividades serial, apto para ser utilizado en el proceso de IR en la fase de viabilidad y diseño básico de proyecto, en las que se plantean diferentes alternativas al diseño final, y se necesita tener una visión global sobre el proyecto.

El diagrama de flujo de PG dibujado en la figura 3-13 es útil cuando el objetivo del proceso de IR es prevenir los posibles fallos operativos que surgen de los orígenes de riesgo definidos en la parte derecha de la EDR genérica de PG (figura 3-11) y definidos también con detalle en la EDR de riesgo operativo de PG (figura 4-3). El empleo del sistema serial en el diagrama de flujo de PG supone que cualquier fallo de actividad definida en la cadena de las actividades afecta el resto de actividades que quedan por delante. Estas simplificaciones se pueden evitar si es necesario profundizar en detalle.

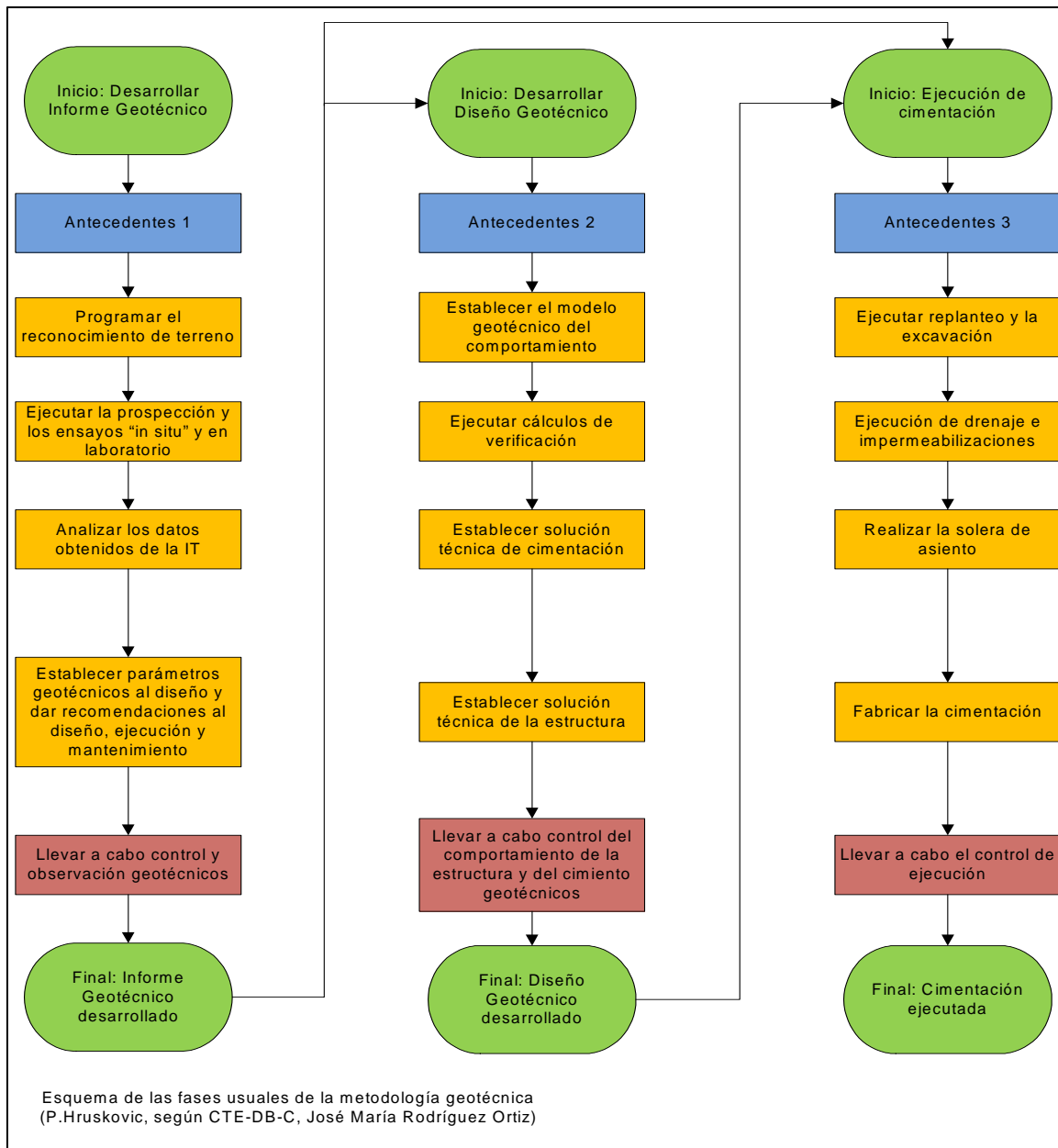


Figura 3-13: Esquema genérico de las actividades relacionadas con el desarrollo de proyecto geotécnico preparado según José María Rodríguez Ortiz (1982) y CTE: DB - C (2006)

3.3.5. Propuesta del registro de riesgos para Proyecto Geotécnico (PG).

La parte imprescindible para el nuevo método de IR que incluía el proceso, las técnicas y las herramientas, ha sido la creación de Registro de Riesgos (RR). Las necesidades fundamentales para el nuevo formato de RR han sido; que contendría toda la información relevante para poder controlar la fiabilidad del proceso de IR, y servir para las fases posteriores a la de identificación; la fase del análisis cualitativo y cuantitativo, y la del tratamiento de riesgos.

En la figura 3-14, se puede ver el desarrollo que condujo a la creación de la estructura de RR capaz de ser aplicada en todas las fases de un proyecto de construcción, o

Proyecto Geotécnico (PG) respectivamente. De la misma manera como se ha ejecutado el análisis de los estándares de Gestión de Riesgos (GR) seleccionados (capítulo 3.3.2), al seleccionar los documentos que contenían diferentes estructuras de RR, estos han sido sometidos al análisis de ventajas y desventajas. Los resultados del análisis se presentan en la publicación adjunta en el apéndice C.2.

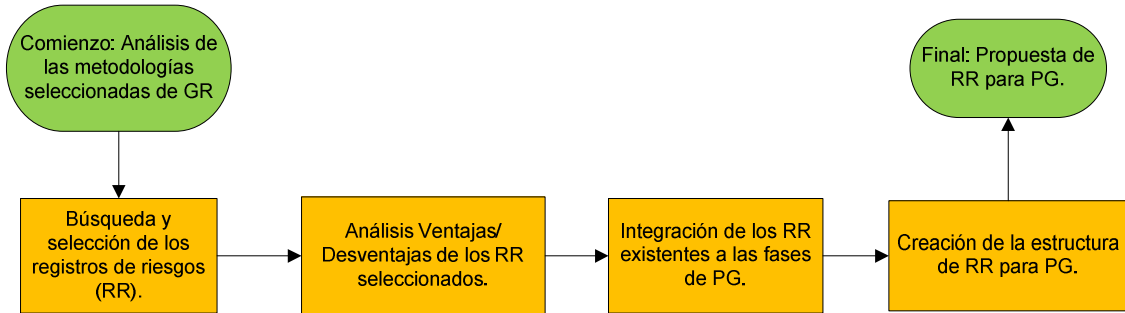


Figura 3-14: Esquema de proceso de diseño del Registro de Riesgos para el uso en el Proyecto Geotécnico.

Según las conclusiones del análisis de ventajas y desventajas de RR seleccionados (apéndice C.2), se han establecido recomendaciones a la estructura de RR para el proceso cíclico de IR de PG, visto en la tabla 3-4. La misma tabla también incluye la información sobre la distribución de comunicación sobre el riesgo identificado hacía los actores que participan en el desarrollo de PG en todo el ciclo de vida de un proyecto de construcción.

Tabla 3-4: Modificaciones en el Registro de Riesgos geotécnicos y actividades de comunicación sobre la situación actual de los procesos de Gestión de Riesgos a lo largo del desarrollo de Proyecto Geotécnico.

FASE DE PROYECTO	FORMATO RECOMENDADO PARA REGISTRO DE RIESGOS (RR)	ACTIVIDADES RELACIONADAS CON LA COMUNICACIÓN SOBRE RIESGO GEOTÉCNICO UTILIZANDO EL RR
VIABILIDAD	Utilice la modificación de GeoQ y/o MGM para el formato de RR. (tabla 3-4)	<ul style="list-style-type: none"> • Proporcionar información sobre los riesgos al representante del cliente, como Project Manager. • Informar sobre los resultados del análisis de viabilidad del proyecto ejecutado vía la técnica de Fortalezas-Oportunidades-Debilidades-Amenazas (FODA) considerando los factores geotécnicos sobre las alternativas del proyecto.
DISEÑO BASICO	Utilice la modificación de GeoQ y/o MGM para el formato de RR. (tabla 3-4)	<ul style="list-style-type: none"> • Proporcionar información sobre riesgo geotécnico a los equipos de investigación de terreno y la consultora de geotecnia. • Informar la dirección de proyecto sobre los resultados finales de análisis de riesgo considerando los factores geotécnicos sobre las alternativas del diseño.
DISEÑO DETALLADO	Utilice la modificación de AMFE y/o PAMFE para el formato de RR. (tablas 3-5 y 3-6)	<ul style="list-style-type: none"> • Proporcionar información sobre riesgo al diseñador y constructor. • Report about final risk analysis results considering foundation and stability system failure modes and effects on detailed design solution.
EJECUCIÓN	Utilice la modificación de AMFE y/o PAMFE para el formato de RR. (tablas 3-5 y 3-6)	<ul style="list-style-type: none"> • Provide risk information to constructor, specialist subcontractors, and designer. • Informar la dirección de proyecto sobre los resultados finales de análisis de riesgo considerando las obras de cimentación y/o estabilización de terreno y sus modos de fallo y efectos potenciales relacionados con la solución final de diseño y ejecución.

Basándose en las recomendaciones del análisis de los formatos de RR seleccionados, el nuevo RR para PG podría tener una estructura básica similar a la presentada con ejemplos en las tablas 3-5, 3-6 y 3-7. Como se puede observar en los formatos de los RR propuestos, la disponibilidad de la información de entrada para el proceso de Gestión de Riesgos (GR), el nivel de detalle requerido para cada fase, y el formato de presentación de la información para diferentes actores de PG, han sido completamente considerados.

Otra inclusión hecha tras el análisis de los RR, fue la de EDR genérica de PG. Se puede ver en los ejemplos de RR presentados que lo importante es la descripción de escenario de riesgo (origen de riesgo, evento de riesgo, causas y efectos/consecuencias de evento de riesgo). La descripción debe ser útil en las fases posteriores del proceso de GR.

La descripción incorrecta del riesgo puede dar lugar a estimaciones equivocadas de probabilidad de ocurrencia o de consecuencias del mismo, lo que a continuación, puede resultar en infra o sobreestimación de costes de medidas de prevención. En el nuevo RR, los escenarios de riesgo geotécnico se clasifican y registran preferentemente por sus orígenes. La EDR permite el control del ámbito de aplicación del proceso de IR en cada fase de PG, facilitando así la labor del equipo de GR.

Tabla 3-5: Formato del Registro de Riesgos para el proceso de Identificación de Riesgos propuesto para las fases de viabilidad y diseño básico de Proyecto Geotécnico.

ORIGEN DE RIESGO	EVENTO DE RIESGO	POSIBLES CAUSAS DE EVENTO DE RIESGO	POSIBLES EFECTOS DE CAUSAS DE EVENTO DE RIESGO
Interacción terreno – cimentación - superestructura	Asentamiento diferencial excesivo	Presencia de la capa blanda de turba	Agrietamiento en los elementos de superestructura
Informe Geotécnico	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	Falta de suficientes perforaciones de sondeos	Sobreestimación de valores de diseño
			Valores de diseño incorrectos resultando en la inestabilidad de la solución de cimentación.

En las tablas 3-5 y 3-6, se señala el formato de RR sólo para el proceso de IR y para determinadas fases de PG. La tabla 3-8 complementa esta estructura con el formato de RR para la fase de tratamiento de riesgos, cuya estructura es similar para todas las fases de PG.

Tabla 3-6: Formato del Registro de Riesgos para el proceso de Identificación de Riesgos propuesto para las fases de diseño detallado, ejecución, y mantenimiento de Proyecto Geotécnico.

DESCRIPCIÓN Y FUNCIÓN DEL ÍTEM	ORIGEN DE RIESGO	MODO DE FALLO	CAUSAS DE FALLO	EFEECTO DE FALLO LOCAL	EFEECTO DE FALLO GLOBAL
Ítem 2.1., Función de estabilidad, losa de cimentación	Aqua subterráneo	Pérdida de estabilidad estructural	Ataque químico sobre hormigón	Colapso de losa de cimentación número 2.1.	Colapso potencial de los ítems 3.1., 3.2., 3.3.
		Asentamiento diferencial	Cambios de nivel freático	Asentamiento excesivo de losa de cimentación número 2.1.	Agrietamiento potencial en los ítems 3.1., 3.2., 3.3.

Tabla 3-7: Formato del Registro de Riesgos para el proceso de Identificación de Riesgos propuesto para las fases de diseño detallado, ejecución, y mantenimiento de Proyecto Geotécnico.

DESCRIPCIÓN Y FUNCCION DEL PROCESO	ORIGEN DE RIESGO	MODO DE FALLO	CAUSAS DE FALLO	EFFECTOS DE FALLO	MEDIDAS EXISTENTES
4.5. Ejecución de pilotes cerca del dique	Aqua subterráneo	Socavación al pie de talud del dique	Solución de diseño que no considera proceso de ejecución determinado.	Deslizamiento de talud	No existen medidas de prevención contra el riesgo

Como ya se ha comentado en el capítulo 2.3, es conveniente identificar las medidas previas de tratamiento de riesgos en la fase de identificación. También era importante, a la hora de crear la estructura del RR, distinguir entre el riesgo tecnológico de un elemento estructural (tabla 3-6), y los procesos, métodos y materiales empleados que conducen a su creación (tabla 3-7).

Tabla 3-8: Formato genérico del Registro de Riesgos para todas las fases de Proyecto Geotécnico señalando la fase de tratamiento de riesgo del proceso de Gestión de Riesgos.

METODO DE DETECCION DE RIESGO	DUEÑO DEL RIESGO	MEDIDAS DE TRATAMIENTO DE RIESGO	RESPONSIBLE DE REALIZACIÓN DE MEDIDAS DE TRATAMIENTO	PERIODO DE POSIBLE MATERIALIZACIÓN DE RIESGO
Observación "in-situ"	Contratista principal	Toda la excavación cerca del pie del dique se ha de aclarar con el contratista principal antes de su ejecución. El contratista principal busca consejo, cuando sea necesario, de proyectista de dique y consultor de geotecnia.	Proyectista de dique, consultor de geotecnia	Durante la construcción al ejecutar los trabajos de excavación.

3.4. Análisis de la organización de sesiones de tormenta de ideas grupal interactiva para proyecto geotécnico.

3.4.1. Introducción

La tormenta de ideas se define como la más comúnmente utilizada (Lyons, Skitmore, 2004) para la resolución de problemas en la industria de construcción. Sin embargo, a la hora de incluirla al proceso de Identificación de Riesgos (IR), propuesto en esta tesis, aparecieron carencias de conocimiento teórico sobre la correcta organización de este tipo de sesiones grupales en los proyectos de construcción.

La mayor ventaja de este método de identificación es "fomentar la creatividad basada en las ideas de los demás, intentar presentar nuevas combinaciones y mejoras" (APM, 2004). Se definen varios tipos de lo que se llama la sesión tormenta de ideas. Básicamente puede ser ejecutada por grupos nominales o interactivos. Las sesiones que no utilizan las nuevas tecnologías informáticas y conexiones en línea, como la base fundamental del proceso, se conocen como "tradicionales".

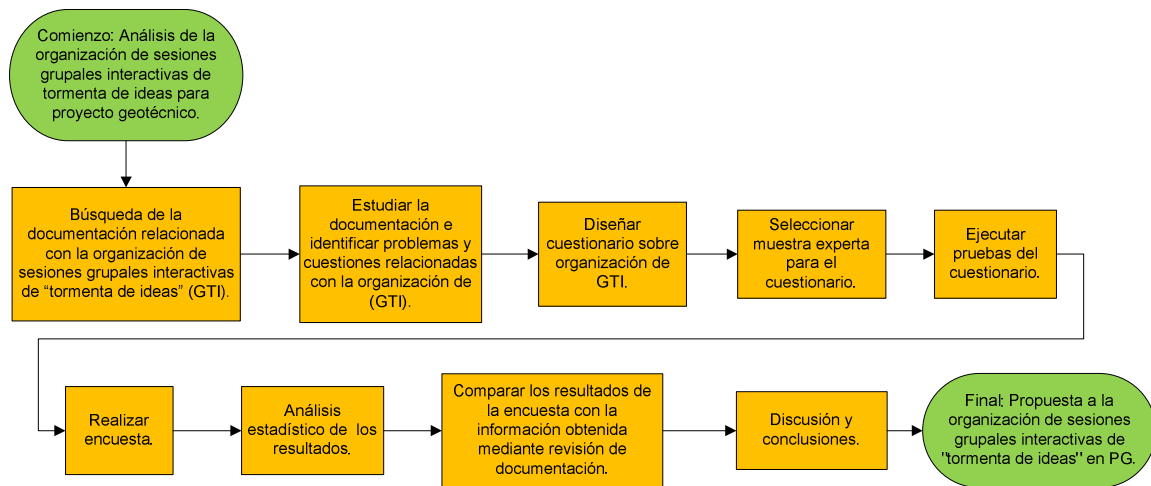


Figura 3-15: Esquema de proceso de análisis de la organización de sesiones grupales interactivas de tormenta de ideas para el uso en Proyecto Geotécnico.

La tormenta de ideas "moderna" que goza del uso de tecnologías informáticas, elimina las influencias personales entre los miembros del grupo participante, pero, por otro lado, no consigue satisfacer las necesidades de la interacción social. Debido a los recursos limitados, diferencias en el nivel de madurez tecnológica, la cultura empresarial, y otros factores más, las sesiones "tradicionales" de Tormenta de Ideas Grupal (TIG) interactiva aún siguen siendo las más frecuentemente aplicadas en el ámbito de la ingeniería civil.

La ejecución de la TIG se considera ser más compleja, es decir, la que requiere mayor conocimiento teórico y experiencia, de todas las técnicas propuestas en el nuevo método de IR (tabla 3-1). Sin embargo, si la TIG se emplea con rigor, puede dar resultados en el plazo más corto que cualquiera del resto de las técnicas propuestas (tabla 3-1).

Por lo tanto, antes de aplicar la TIG para la IR de Proyecto Geotécnico (PG), se ha decidido analizar detalladamente sus formas de organización para asegurar la buena fiabilidad del resultado. El proceso de análisis de la organización de las sesiones de TIG para el uso en el PG, viene descrito esquemáticamente en la figura 3-15, y desarrollado con detalle en la publicación adjunta en el apéndice C.3.

Los resultados finales del estudio de la organización de TIG, se han basado en la comparación de los resultados obtenidos a través del estudio de documentación seleccionada sobre el tema con los de la encuesta a los profesionales con experiencia en este tipo de sesiones. Para la encuesta a los expertos, se ha preparado un cuestionario que constaba de diez preguntas, todas relacionadas con la organización de las sesiones de TIG, que se puede ver adjunto en el apéndice B.

CAPÍTULO 4: APLICACIÓN DEL MODELO DE IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS. MATERIAL, PROCESO Y DATOS DE ENTRADA.

4.1. Introducción

Con el fin de comprobar el funcionamiento de la metodología propuesta en el anterior capítulo, y así poder justificar algunas conclusiones previamente establecidas, y también reajustar los nuevos modelos propuestos, se ha definido un Proyecto Geotécnico (PG) característico comúnmente llevado a cabo en los proyectos de edificación como el caso de estudio.

El objetivo principal ha sido comprobar el funcionamiento del nuevo método de IR propuesto, es decir, identificar y registrar los escenarios de riesgo operativo de PG característico más importantes. Los escenarios de riesgo identificados deberían estar relacionados con determinados fallos que podrían ocurrir en el desarrollo del PG característico mencionado previamente.

Se ha decidido simular la situación de proyecto de edificación real en la fase previa a la ejecución del proyecto de diseño básico por las razones de la efectividad del proceso de Gestión de Riesgos (GR) (capítulo 2.3.2). Esta condición ha determinado el nivel de detalle en la descripción de los condicionantes de PG característico necesarios para la ejecución del proceso de Identificación de Riesgos (IR).

Para garantizar la fiabilidad de los resultados del proceso de IR aplicado sobre un PG característico, se han tenido que preparar y ejecutar una serie de procedimientos estructurados previos que conllevarían la selección fiable del material y recursos humanos. Según puede verse en la figura 4-1, en la primera fase se ha seleccionado el proceso con sus respectivas técnicas y herramientas de IR y también el material utilizado para el mismo.

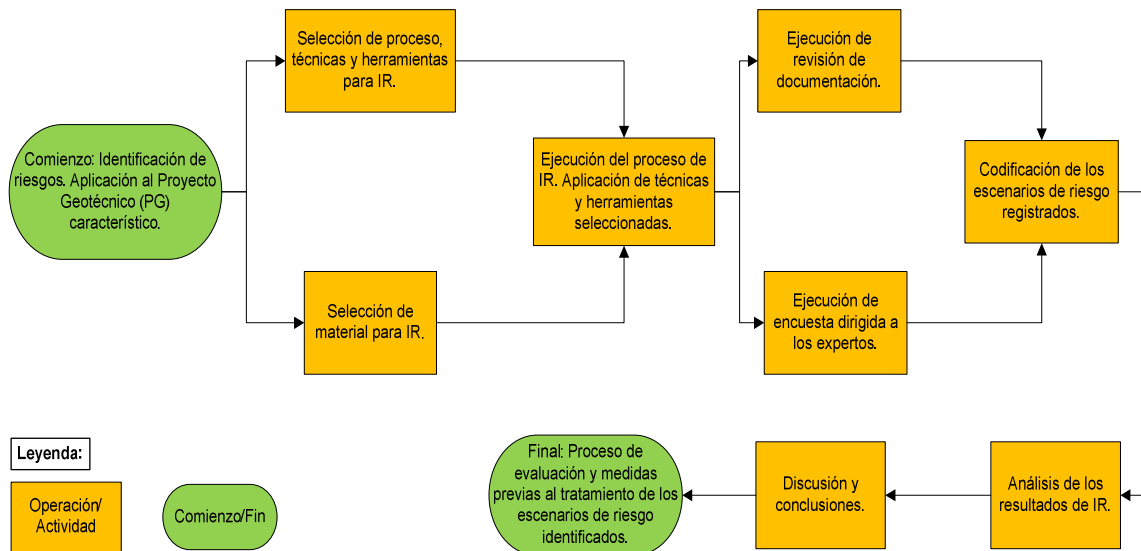


Figura 4-1: Diagrama general del proceso de identificación para el caso del proyecto geotécnico (PG) característico.

La selección del proceso y técnicas se basó en los resultados presentados en el capítulo anterior después de ejecutar un análisis detallado sobre este aspecto. La selección del material para la IR ha conllevado proponer y ejecutar la búsqueda estructurada de documentación que posteriormente serviría como un dato de entrada para la fase de ejecución de la técnica de Revisión de Documentación (RD), y también ejecutar la

selección de recursos humanos, es decir un equipo de profesionales en geotecnia que participarían en la realización de la encuesta sobre riesgos.

Proponer un correcto sistema de codificación, más fiable posible suponía también un reto ya que se trataba de buscar definiciones textuales de causas de riesgo, identificadas mediante las dos técnicas mencionadas arriba del texto, siendo estas esperadas a ser algunas repetitivas en cuanto a su significado y a la vez diferentes en cuanto al nivel de detalle que ofrecían.

Aún en la fase de planificación del proceso de IR para PG, se han tenido que considerar los procesos relacionados con el análisis de los datos obtenidos, salidas del mismo. Para analizar correctamente los datos de salida se ha ejecutado, primero, el análisis de la muestra (datos de entrada), y segundo, se han preparado las ecuaciones de presentación de estos resultados que permitirían medir la productividad, la efectividad y los distintos grados de aportación considerando diferentes subgrupos de expertos formados según la escala de años de experiencia en el PG. La parte final del análisis conllevaba la comparación de los resultados obtenidos mediante las dos técnicas de IR ejecutadas.

La estructura del presente capítulo contiene como primero la descripción del PG característico sobre el que fue aplicado el proceso propuesto de IR. En el capítulo 4.2 se definen, entre otras cosas, los cinco eventos de riesgo que han sido elegidos objeto del estudio y que formaban la columna vertebral de las actividades en el diagrama de flujo de PG característico (figura 4-2). Tanto mediante la técnica de revisión de documentación como mediante la encuesta a los expertos, se han tenido que identificar las causas (describiéndolas textualmente) que podrían provocar los cinco eventos previamente determinados de riesgo.

Con el fin acotar el alcance del proceso de IR se ha aplicado una versión modificada de la Estructura de Desglose de Riesgos (EDR) genérica propuesta en el capítulo anterior. La función primordial de la EDR (figura 4-3) era proponer una estructura jerárquica de los orígenes de los eventos de riesgo, relacionados todos con tres áreas del mismo; el factor humano, los procesos y métodos empleados, y finalmente los equipos y materiales utilizados.

Para el registro de los resultados obtenidos a través de ambas técnicas de IR se ha seleccionado estructura de registro (tabla 4-6) basada en una de las propuestas en el capítulo anterior, concretamente en la del registro de riesgos recomendado para la fase previa al diseño básico de proyecto. Y finalmente, se han preparado ya algunos elementos pertenecientes a la fase de evaluación cualitativa de riesgo, con el fin de poder definir correctamente el grado de detalle en la descripción de las causas de los cinco eventos de riesgo investigados.

Las diferencias entre las dos técnicas de IR seleccionadas (la RD y la encuesta) en cuanto al contenido de la información de entrada, quedan reflejadas en este capítulo. Para la RD se ha propuesto un sistema de búsqueda que permite identificar correctamente y de una manera controlada la documentación de entrada. Para el caso de la encuesta sobre riesgo, se ha tenido que preparar un cuestionario (apéndices D1.1 y D1.2) acompañado con documentación informativa de entrada (apéndice D2.1 y D2.2), ambos presentados en dos idiomas; en castellano y en eslovaco (siendo algunos encuestados de esta nacionalidad). Otras diferencias entre las dos técnicas de IR han

sido las que estaban relacionadas con el análisis y la presentación de los resultados del proceso de IR. El capítulo 4.5 trata los parámetros de medición de los resultados obtenidos mediante ambas técnicas de IR utilizadas para el caso del estudio.

4.2. Descripción de proyecto geotécnico elegido de modelo para la identificación de riesgos.

En esta parte se define el proyecto característico (tabla 4-1) para acotar el alcance de tipologías funcionales, estructurales, geotécnicas y también las contractuales que son el objeto de este estudio, y también se define toda la información necesaria para la ejecución de ambas técnicas de IR consideradas en este estudio. Los parámetros mencionados pueden influir en la existencia de ciertos escenarios de riesgo operativo tanto como en el grado de su impacto que se podría desarrollar en el caso de materializarse los mismos.

Tabla 4-1: Definición de proyecto característico objeto del estudio.

TIPOLOGIA DE OBRA SEGÚN FUNCION	EDIFICIOS DE VIVIENDAS, EDIFICIOS PUBLICOS Y ADMINISTRATIVOS INCLUYENDO LOS EDIFICIOS DE TORRES Y NAVES
TIPOLOGIA DE OBRA SEGÚN PROCESO DE CONSTRUCCION	EDIFICACION, RECONSTRUCCION, REFORMA
TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL	ESTRUCTURAS DE FÁBRICA, ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO, ESTRUCTURA COMBINADA
TIPOLOGÍA CIMENTACIÓN	CIMENTACIONES SUPERFICIALES, PROFUNDAS, MEJORAS DEL TERRENO
TERRENO DE CIMENTACIÓN	TIPOS DEL TERRENO T-2, Y T-3 SEGÚN CTE-DB-C
TIPO DE CONTRATO	PÚBLICO, PRIVADO, PÚBLICO-PRIVADO

El objetivo principal del proceso de IR ha sido identificar las causas relacionadas con determinados eventos de riesgo (tabla 4-2), relacionados con cualquier fallo o error en la cadena de actividades de la etapa determinada del Proyecto Geotécnico (PG) característico (figura 4-2).

Tabla 4-2: Definiciones para los eventos de riesgo objetos del estudio.

Código de EVENTO DE RIESGO	DEFINICION
1	Fallo en la programación del Reconocimiento de Terreno (RT).
2	Fallo en la ejecución de las prospecciones “in situ” y en laboratorio.
3	Fallo en el análisis de los datos obtenidos mediante RT.
4	Fallo en las recomendaciones al diseño, construcción y mantenimiento.
5	Fallo en el control y supervisión geotécnicos.

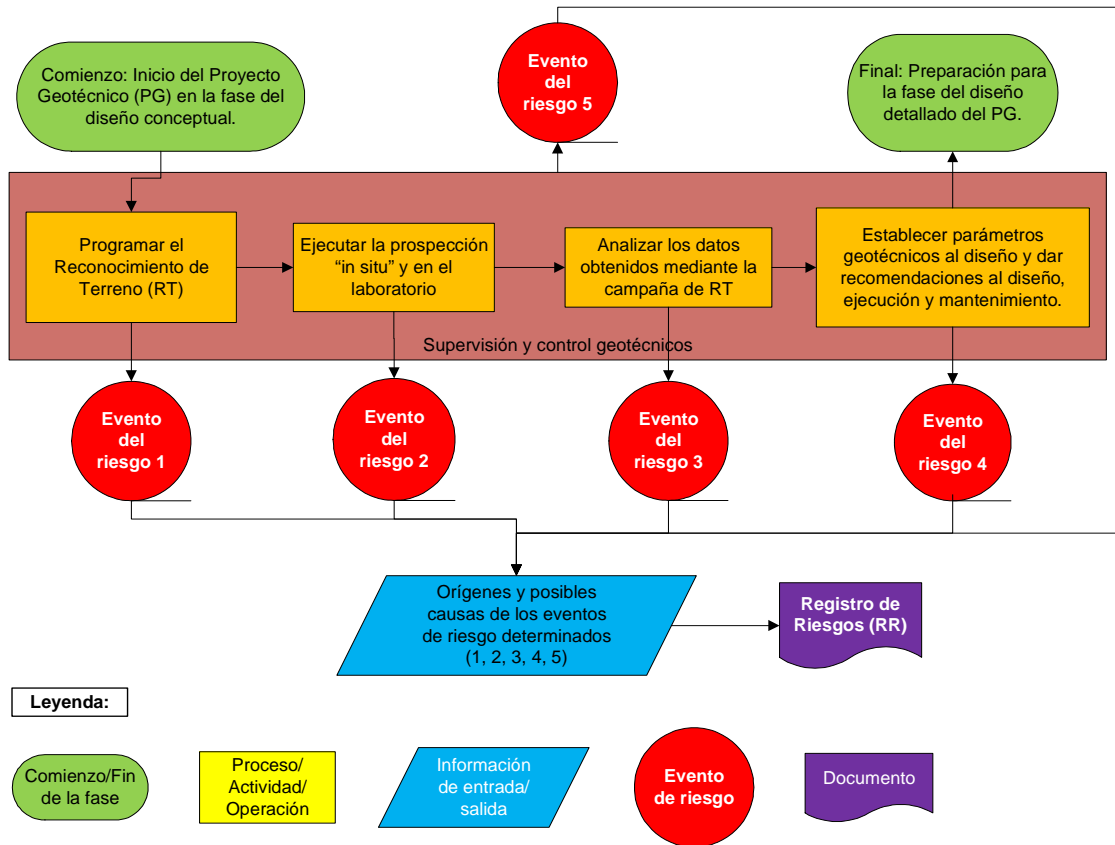


Figura 4-2: Diagrama de flujo para la fase determinada del PG característico.

Con el fin de ayudar a identificar las causas relacionadas con los eventos de riesgo determinados, y controlar el alcance de los orígenes de riesgo operativo, se ha establecido una EDR genérica de dos niveles de desglose (figura 4-3). La presente EDR genérica se ha aplicado en ambas técnicas de IR consideradas.

Tanto para el caso de utilizar la técnica de RD como para el caso de la encuesta se ha dejado la posibilidad de seleccionar “otro origen”, definirlo dentro del Registro de Riesgos (RR) (figura 4-5), y ponerlo entre paréntesis en el apartado para la descripción de causas.

Como otra de las herramientas de ayuda para la ejecución de los procesos de IR se ha decidido utilizar las definiciones cualitativas de los grados de probabilidad de ocurrencia (tabla 4-3) y de impacto económico y material (tablas 4-4, 4-5). Estas definiciones servían de ayuda en ambas técnicas de IR establecer con más facilidad el óptimo grado en descripción de las causas de los eventos de riesgo.

Tanto en el caso de RD como en el de la encuesta, las denominaciones de las causas al acabar el proceso de su codificación tendrían que contener una información suficiente como para poder ser evaluados correctamente los valores de su probabilidad de ocurrencia e impacto económico social cualitativamente en la fase de análisis cualitativo de riesgos, posterior a la fase de identificación, objeto de este estudio.

La evaluación de los escenarios de riesgo identificados no ha formado la parte de este estudio. Sin embargo, se ha diseñado el proceso de IR de tal manera que los resultados

obtenidos pudieran ser útiles en las fases posteriores de GR. Una de las condiciones basada en el análisis de ventajas y desventajas de los estándares seleccionados de GR (capítulo 3.3.2).

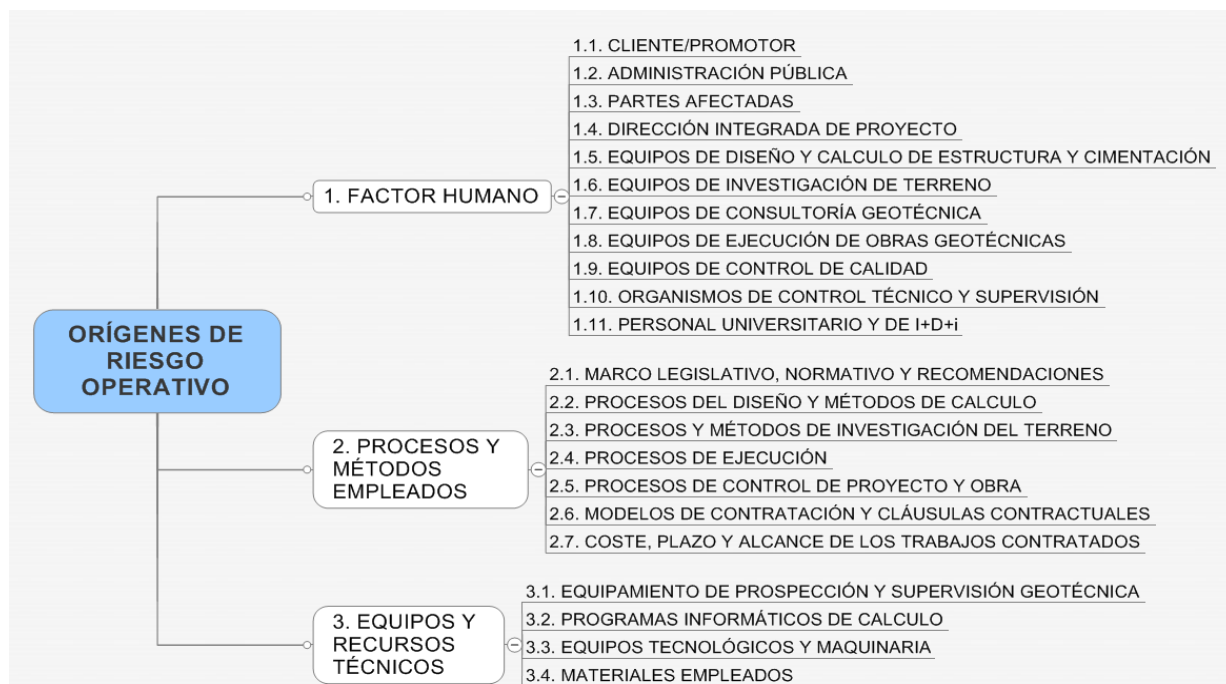


Figura 4-3: Listado estructurado de los orígenes de riesgo operativo para presente estudio.

Es cierto que no siempre el riesgo se materializa en forma de un fallo estructural o de servicio. En mayoría de los casos, los errores se consiguen reparar antes de que ocurra algún siniestro, pero entonces, esto se traduce en el aumento del coste total de obra y/o no cumplimiento de los plazos acordados. Por lo tanto, se han establecido dos tipos de efectos finales; uno que observa la influencia sobre la fiabilidad de la obra (tabla 4-4), y otro que hace lo mismo con el presupuesto total de la misma (tabla 4-5).

Tabla 4-3: Descripciones cualitativas para los grados de probabilidad de ocurrencia.

PROBABILIDAD DE OCURRENCIA	DESCRIPCION
DESPRECIABLE	Menos que 1% de los casos
BAJA	Desde 1% hasta 10% de los casos
CONSIDERABLE	Desde 10% hasta 50% de los casos
ALTA	Mas que 50% de los casos

Tabla 4-4: Descripciones cualitativas para los grados del impacto material.

CAMBIO DE LA FIABILIDAD	DESCRIPCION
NINGUNA INFLUENCIA	No ocurren cambios en seguridad y servicio del edificio.
POCA INFLUENCIA	Cambio insignificante de los servicios de edificio. Los daños potencialmente producidos son difíciles de encontrar. Con el paso de tiempo puede llegar a producirse un fallo estructural o de servicio, si el mismo escenario de riesgo llega a materializarse repentinamente.
INFLUENCIA CONSIDERABLE	Cambio significativo de los servicios de edificio. Se manifiesta como agrietamiento de los elementos estructurales y no estructurales de edificio y/o asentamiento excesivo del mismo.
SERIAMENTE INFLUYE	Perdida de la estabilidad de edificio. Se manifiesta como rotura parcial de alguno o varios elementos constructivos o hasta derrumbamiento (colapso) de edificio.

Tabla 4-5: Descripciones cualitativas para los grados del impacto económico.

AUMENTO DE COSTE (PRESUPUESTO)	DESCRIPCION
DESPRECIABLE	Aumento despreciable en el presupuesto del proyecto (menos que 5 %).
BAJO	El coste subirá entre 5 y 15 % de lo estimado.
CONSIDERABLE	El coste subirá entre 15 y 30 % de lo estimado.
ALTO	El coste subirá por encima de 30 % de lo estimado.

4.3. Métodos utilizados para la identificación de riesgos.

4.3.1. Proceso de identificación de riesgos para proyecto geotécnico.

Para el presente estudio de identificación de riesgos de Proyecto Geotécnico (PG) característico definido en la primera parte de este capítulo se ha preparado un procedimiento de ejecución de Identificación de Riesgos (IR) visto en la figura 4-4. Este procedimiento ha sido similar al proceso genérico de IR propuesto en el anterior capítulo (figura 3-4).

En base al procedimiento de IR genérico, se han seleccionado dos técnicas de identificación de riesgos. La primera definida por el procedimiento propuesto como obligatoria de uso; la técnica de Revisión de Documentación (RD), y luego la segunda definida como opcional que ha sido la técnica de la encuesta a un grupo seleccionado de expertos.

Como la documentación de entrada a la ejecución de las dos técnicas, se ha utilizado las herramientas de ayuda que se mencionan en el capítulo 4.2, concretamente; el diagrama de flujo de PG característico, la Estructura de Desglose de Riesgo (EDR) operativo del PG, y las descripciones cualitativas de probabilidad de ocurrencia e impacto de los eventos de riesgo.

Adicionalmente, las dos técnicas necesitaban una información de entrada particular. La técnica de RD necesitaba documentación de entrada identificada mediante el proceso de búsqueda estructurado. Por otro lado, la técnica de encuesta necesitaba un equipo de

personas, expertos en tema estudiado, y para ellos desarrollar un cuestionario (apéndice D1) junto con la información necesaria para su correcta elaboración (apéndice D2).

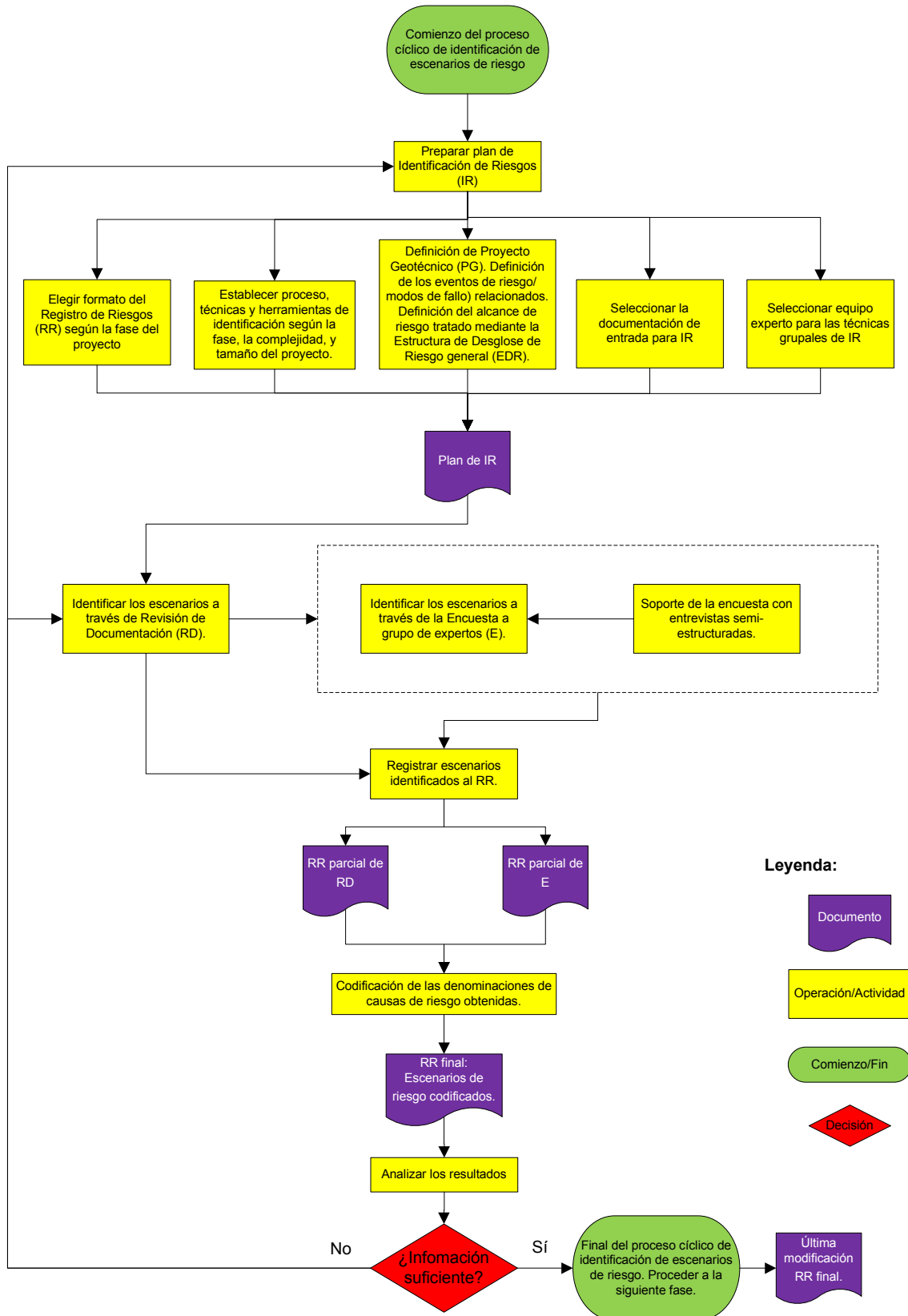


Figura 4-4: Esquema del proceso de Identificación de Riesgos (IR) ejecutado para el caso de PG característico.

En el caso de la encuesta, se ha reservado también la opción de apoyo técnico mediante la entrevista para el caso de solicitar alguno de los expertos apoyo en cuanto a la explicación de los objetivos, contenido, y la estructura del cuestionario. El uso de la entrevista se ha planteado también para la fase final de ejecución del cuestionario para los casos de necesidad de consulta adicional a los expertos.

La consulta adicional trataría los temas de correcta definición de algunos de los elementos dentro de la estructura de Registro de Riesgos (formando este la parte del cuestionario), y cualquier otra información que no ha sido introducida, o ha sido considerada errónea o poco profunda.

Toda la información obtenida mediante la ejecución de las dos técnicas de IR se ha tenido que registrar para poder ser analizada posteriormente. Toda la información relativa a la descripción de los escenarios de riesgo (evento-origen-causa) ha sido registrada en el llamado Registro de Riesgos (RR). Durante el proceso se han creado 3 RR diferentes.

Primer RR ha sido creado a base de información obtenida mediante la aplicación de la técnica de RD, y el segundo RR se creó a base de las respuestas expertas relacionadas con la descripción de escenarios de riesgo. El tercer RR ha sido el registro final de los escenarios de riesgo identificados mediante ambas técnicas una vez concluido el proceso de codificación. Los tres RR han tenido la misma estructura y formaron los datos principales de entrada a la fase de análisis de resultados.

El proceso de la encuesta, y la información sobre los tiempos de ejecución, descripción del perfil profesional, y grados de satisfacción del encuestado con el contenido del cuestionario, han formado parte del mismo (apéndice D) y sirvieron como datos de entrada al proceso de análisis de resultados.

Se ha utilizado el llamado Principio de Pareto (PMI, 2004) para saber determinar la fiabilidad de los resultados finales obtenidos del proceso de IR. Cuando el valor de reaparición de las causas con descripción similar, en el conjunto de 20% del total de las causas codificadas e identificadas mediante cualquiera de las dos técnicas de IR utilizadas, llegó a ser como mínimo el 3 ($C_{itop20RD+Emin}>3$), se ha tomado la decisión de parar el proceso de IR considerando los resultados finales del mismo completamente fiables.

4.3.2. Registro de riesgos geotécnicos.

En la tabla 4-6 se expone el modelo de la estructura del Registro de Riesgos (RR) que fue utilizado en los tres RR que se han generado; el RR de la técnica de Revisión de Documentación (RD), el RR de la encuesta, y el RR final de escenarios de riesgo codificado. La estructura de RR coincide con aquella que fue propuesta para la fase de diseño previo de Proyecto Geotécnico en el capítulo 3 (tabla 3-5).

El orden de proceso de elaboración del contenido de RR fue algo distinto en el caso de ejecución de la técnica de RD que en el de la encuesta. En el caso de la RD, lo primero se registraba la descripción de las causa en su versión original, es decir, tal como venía

escrita en la documentación estudiada, y luego se definían el resto de los parámetros. En el caso de la encuesta el orden de elaboración del RR se ha quedado abierto a la decisión del respondiente según sus preferencias.

Tabla 4-6: Modelo del Registro de Riesgos utilizado durante todo el proceso de Identificación de Riesgos.

ORIGEN DE RIESGO	EVENTO DE RIESGO	POSIBLES CAUSAS DEL EVENTO DE RIESGO DETERMINADO
Seleccione	Seleccione	

Las descripciones de los orígenes de riesgo, y las de los eventos de riesgo han sido predeterminadas. En el caso de los eventos de riesgo el RR en su formato electrónico contenía un listado de los mismos basado en la tabla 4-2. En el caso de los orígenes de riesgo se ha hecho lo mismo integrando la EDR de riesgo operativo de PG expuesto en la figura 4-3.

Una parte importante que forma el RR final (apéndice E.3) es el código numérico de toda la información incluida, es decir, de todos los escenarios de riesgo registrados. El código numérico facilita el trabajo posterior del análisis de la información obtenida mediante ambas técnicas de IR. El esquema de la composición del código utilizado para el presente trabajo puede verse abajo del texto en la figura 4-5.

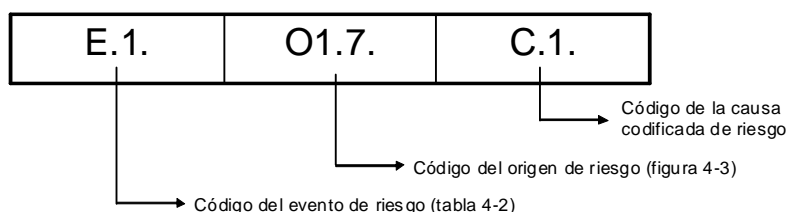


Figura 4-5: Esquema del código para un escenario de riesgo dentro del Registro de Riesgos (RR) final (anexo F3).

Las causas codificadas que se hallan en el RR final (apéndice E.3) contienen también dos tipos de código que se distinguen según las fuentes de información en base a las que han sido formuladas. El código tipo Dx.y señala que la causa codificada ha sido formulada en base a documento número x, siendo la causa número y identificada en el mismo (mirar apéndice E.1). El código tipo Ex.y señala que la causa codificada ha sido formulada a base de descripción de experto número x siendo la causa número y identificada por el mismo (mirar apéndice E.2).

4.3.3. Técnicas y herramientas de identificación empleadas.

Identificación mediante la técnica de Revisión de Documentación (RD) ha sido considerada básica para obtener información relevante sobre los escenarios de riesgo operativo de PG que eran objeto del presente estudio. La aplicación de la técnica de encuesta ha sido elegida, entre otros motivos, con el fin de confirmar los resultados

obtenidos mediante la ejecución de RD. En la figura 4-6 se muestra el proceso detallado de la ejecución de RD junto con el flujo de la información a lo largo de su desarrollo.

La fase más importante ha sido la de revisión de contenido. Allí se registraba el texto en su versión original encontrado en la documentación estudiada cuyo significado el revisor había relacionado con la descripción de las causas de eventos de riesgo. El proceso de RD se paró en el momento, en el que el 20% del total de las causas identificadas y codificadas mediante la misma técnica se repetían con frecuencia mayor a 2 ($C_{itop20RDmin} > 2$), es decir, las que han sido mencionadas más que dos veces en distintos documentos analizados, teniendo asignada una descripción codificada.

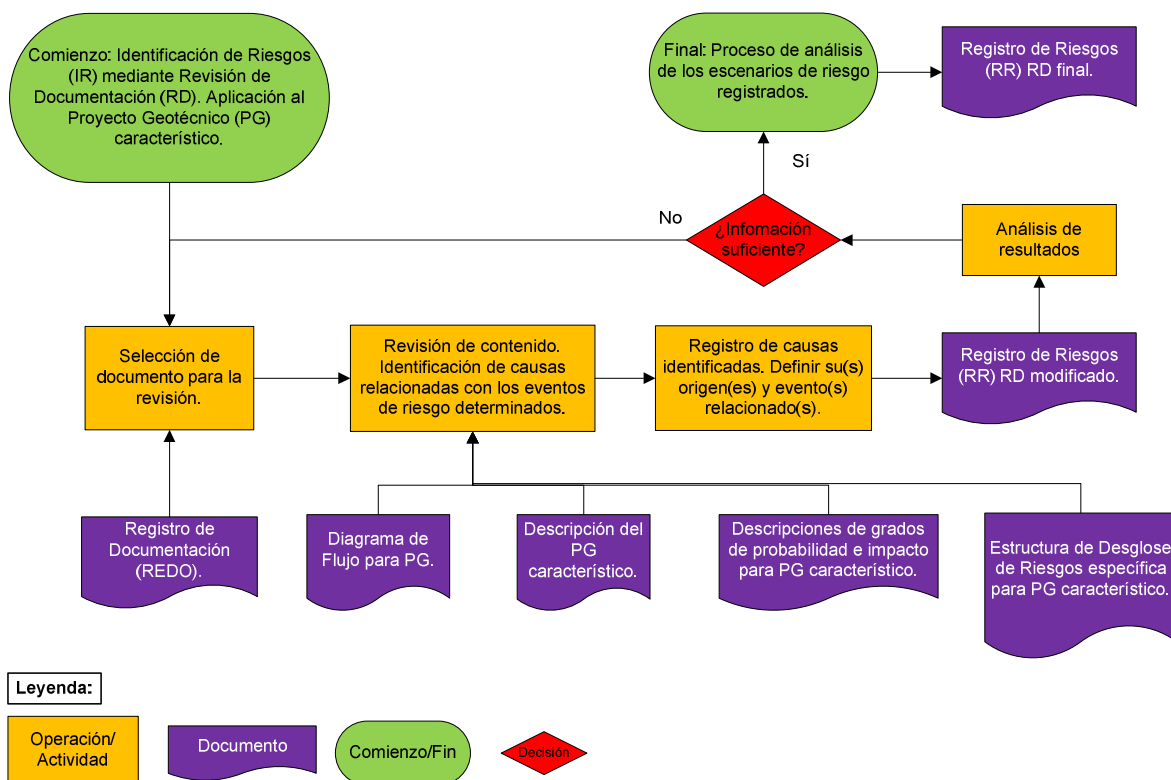


Figura 4-6: Esquema detallado del proceso de identificación de riesgos mediante la técnica de revisión de documentación para el caso de PG característico.

Identificación mediante encuesta experta (figura 4-7) ha sido considerada opcional para obtener información relevante sobre los escenarios de riesgo operativo de PG que eran objeto de presente estudio. Sin embargo, desde el punto de vista de ser este trabajo un trabajo de investigación, el uso de la segunda técnica de IR ha sido imprescindible. La aplicación de la técnica de encuesta ha sido absolutamente autónoma, sin contar con el apoyo de la información obtenida mediante RD.

Siendo RD ejecutada primera y los resultados de ella obtenidos también como primeros, esto ha permitido controlar la fiabilidad de los resultados finales del estudio. El proceso de la encuesta se paró en el momento, en el que el 20% del total de las causas identificadas y codificadas mediante las encuesta se repetían con frecuencia mayor a 2 ($C_{itop20Emin} > 2$), es decir, las que han sido mencionadas más que dos veces mediante las

respuestas obtenidas a través de distintos expertos, teniendo asignada una descripción codificada.

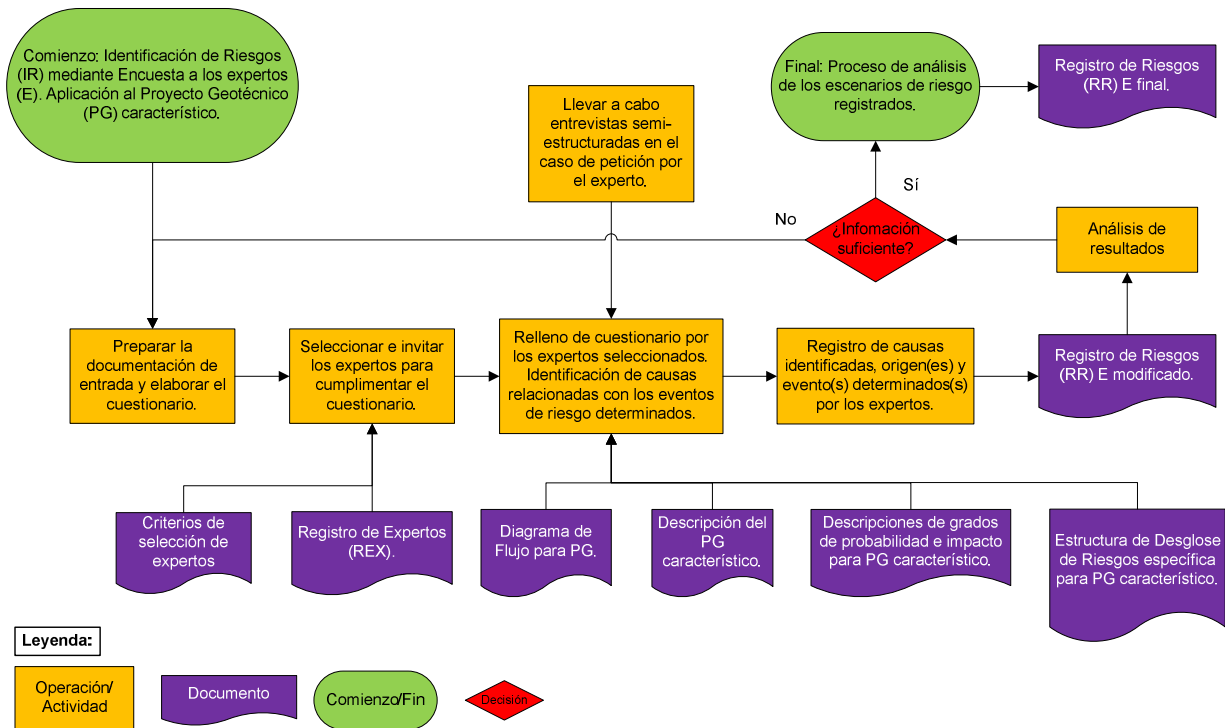


Figura 4-7: Esquema detallado del proceso de identificación de riesgos mediante la técnica de encuesta a los expertos para el caso de PG característico.

4.3.4. Proceso de codificación de los escenarios de riesgo identificados.

El objetivo del proceso de codificación (figura 4-8) ha sido unificar aquellas descripciones de las causas identificadas mediante las dos técnicas de Identificación de Riesgos (IR) que tenían el mismo significado, mejorar la calidad de las descripciones obtenidas, y a la vez conseguir un nivel de detalle óptimo para poder ser cada una de ellas efectivamente utilizadas en la fase de evaluación de riesgos.

Aparte de todo lo mencionado arriba del texto, el solo hecho de poner código a cada uno de los escenarios registrados permitió ejecutar análisis correcto de los resultados obtenidos a través de ambas técnicas de IR.

El proceso de codificación apuntó también las fuentes de documentación de cada causa identificada mediante la Revisión de Documentación (RD) (apéndice E.1) y también se hizo lo mismo para el caso de las causas identificadas mediante la encuesta; se han asignado códigos a cada experto y números a las causas identificadas por él (apéndice E.2).

Antes de iniciar el proceso, se han utilizado los criterios de codificación (capítulo 3.3.2) para las causas identificadas mediante ambas técnicas. El primer ciclo de codificación se ejecutó justo después de obtener los resultados de la Revisión de Documentación

(RD) (apéndice E.1), y permitió juntar varias causas identificadas del significado parecido en una representativa (codificada). También las causas identificadas que no tenían otra parecida, han sido codificadas a veces mejorando su descripción textual original, haciéndola así más apta para los fines del presente estudio.

Al acabar el primer ciclo de codificación se procedió al control de fiabilidad de los resultados aplicando la condición $c_{i\text{top}20\text{RDmin}} > 2$ (capítulo 3.3.2). El listado codificado de causas identificadas mediante la RD cumplía con esta condición, y entonces se ha podido parar el proceso de IR mediante la misma técnica y proceder a la ejecución de la encuesta.

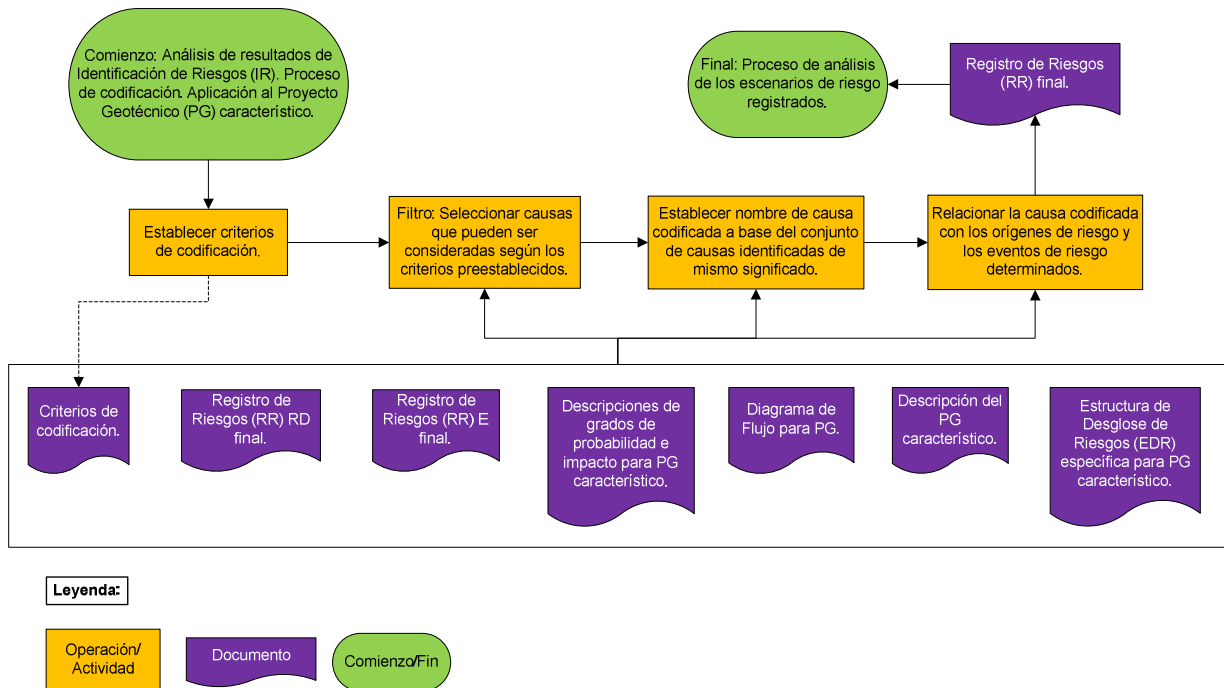


Figura 4-8: Esquema detallado del proceso de codificación de escenarios de riesgo identificados mediante las técnicas de revisión de documentación y encuesta a los expertos.

El segundo ciclo de codificación se ejecutó casi paralelamente con el proceso de adquisición de los resultados de la encuesta (apéndice E.2). Las causas identificadas por la encuesta se integraban mediante el proceso de codificación a un listado de causas codificadas (apéndice E.3).

Ocurrían dos situaciones diferentes; la causa identificada por la encuesta se adjuntó a la denominación codificada existente por ser similar en cuanto al significado que alguna de las del listado codificado, u ocurría otra situación en la que la misma se convertía en una aportación original al listado de causas codificadas.

Al acabar el segundo ciclo, se ha conseguido un listado completo de causas codificadas del proceso entero de IR. Las causas codificadas fueron adjuntas al Registro de Riesgos (RR) final (apéndice E.3) y junto con ellas se ha añadido la información sobre los eventos y los orígenes de riesgo relacionados con las mismas.

Al acabar el segundo ciclo de codificación se procedió al control de fiabilidad de los resultados aplicando la condición $c_{itop20Emin} > 2$ (capítulo 3.3.2). El listado codificado de causas identificadas mediante la encuesta cumplía con esta condición, y entonces se ha podido parar el proceso de IR mediante la misma técnica y proceder a la ejecución del análisis de fiabilidad de los resultados finales aplicando la condición presentada para los resultados del conjunto ($c_{itop20RD+Emin} > 3$) (capítulo 3.3.2).

4.4. Material utilizado para la identificación de riesgos.

4.4.1. Documentación seleccionada para la identificación de riesgos.

Según la tipología de documentación vista en la figura 3-5, se ha procedido a la comprobación de disponibilidad de toda la mencionada. Se ha decidido empezar el proceso de búsqueda revisando los libros científicos disponibles en el mercado y también las librerías electrónicas disponibles que contenían artículos científicos de relevancia internacional. La decisión de utilizar este tipo de documentación ha sido sobre todo por la facilidad de acceso.

La razón secundaria fue el potencial de síntesis de información sobre cierto ámbito de ciencia que se hallaba dentro de este tipo de documentación. Mientras que un estudio estadístico de fallos se centra a analizar un problema específico, un libro sobre los fallos suele tener carácter más amplio refiriéndose a muchas fuentes de documentación disponible hasta la última fecha, que al realizador de la búsqueda le puede llevar a encontrar documentación importante al iniciar segundo filtro de búsqueda; la revisión de referencias de la documentación seleccionada (figura 3-5).

De acuerdo con lo dicho anteriormente y para el uso del presente estudio, se ha ejecutado la búsqueda en tres bibliotecas electrónicas del ámbito de ingeniería civil de relevancia internacional que fueron las siguientes:

1. La biblioteca de PROQuest que contenía archivos de tesis doctorales a nivel mundial.
2. La biblioteca de la ASCE (American Association of Civil Engineers) que contenía artículos científicos de las revistas de impacto (Journal Citation Index).
3. La biblioteca de la ICE (Institution of Civil Engineers) que contenía artículos científicos de las revistas de impacto (Journal Citation Index).

La estructura de REDO para el primer filtro de búsqueda en el caso de la búsqueda en PROQuest se componía del área de conocimiento, título de trabajo, nombre de autor(es), y nombre de la universidad. La estructura de REDO para el primer filtro búsqueda en el caso de la búsqueda en la ASCE y en la ICE se componía del área de conocimiento, título de trabajo, nombre de autor(es), y referencias a la revista o congreso en el que fue publicado el trabajo.

El área de conocimiento se ha elegido en base de los objetivos de presente estudio. Una vez identificada toda la documentación, se ha procedido a la selección de la más relevante, utilizando como ayuda la EDR para PG (figura 4-3).

Tabla 4-7: Listado final de documentación seleccionada para la identificación de riesgos de proyecto geotécnico característico.

CODIGO	NOMBRE	REFERENCIAS
1	Identifying Causes of Failure in Providing Geotechnical and Environmental Consulting Services.	Moorhouse y Millet (1994)
2	Geotechnical risk and inadequate site investigations: a case study.	Jaksa (2000)
3	Site investigation and geotechnical failures	Za-Chieh Moh (2004)
4	Managing Risk in Design-Build: Lessons for Geotechnical Professionals.	Smith (2005)
5	Benefits of In-House Collaboration of Geotechnical and Structural Engineering Services.	Freed (2008)
6	Geotechnical engineers wake up -- the soil exploration process needs drastic change.	Osterberg (2004)
7	Without site investigation ground is a hazard.	Littlejohn et al. (1994)
8	Kontrolní sledování a rizika v geotechnice. (Control y supervisión de riesgos geotécnicos)	Rozsypal (2001)
9	Site investigation and risk analysis.	Peacock y Whyte (1992)
10	The ground: clients remain exposed to unnecessary risk.	Egan (2008)
11	What is the matter with geotechnical engineering? Discussion	Atkinson (2003)
12	Necessary redundancy in geotechnical engineering.	Osterberg (1989)

En el segundo filtro de la búsqueda, se ha decidido revisar las referencias de los documentos seleccionados. Posteriormente, se ha procedido a la priorización de los documentos identificados. La estructura de REDO para el segundo filtro de búsqueda en el caso de la búsqueda en las referencias de los documentos seleccionados se componía del título de trabajo, y de las referencias encontradas en el mismo.

Finalmente, se han juntado todos los documentos seleccionados en dos filtros de búsqueda. Estos han sido sometidos a revisión detallada, y finalmente, quedaron seleccionados los 12 prioritarios (tabla 4-7) para servir estos como documentación de entrada al proceso de IR mediante la técnica de Revisión de Documentación (RD).

4.4.2. Análisis de muestra seleccionada del equipo experto para identificación de riesgos.

El grupo de expertos ha sido seleccionado en base a su perfil profesional y años de experiencia en determinadas áreas de Proyecto Geotécnico (PG) característico. El cuestionario junto con la documentación acompañante (apéndice D) preparado con el fin de Identificar los Riesgos (IR) mediante la encuesta fue enviado a 25 personas de las que 18 han respondido y 13 respuestas han sido clasificadas correctas y completas. Finalmente, el grupo de 10 expertos ha sido seleccionado para análisis de los resultados de identificación mediante la encuesta.

Del conjunto de 10 expertos, 9 de ellos han trabajado en más que 1 área de ocupación profesional dentro de PG característico, y 5 de ellos en más que 4 del total de cinco áreas de la ocupación profesional consideradas. La distribución de la muestra de expertos según la ocupación profesional dentro del PG puede verse en detalle en la figura 4-9. La distribución de la muestra de expertos en áreas de ocupación profesional

pertinentes coincide con los pesos en cuanto a volumen de actividades llevadas a cabo en el desarrollo de PG característico (figura 4-2), lo que garantiza la visión global del conjunto en cuanto a los problemas (riesgos) del mismo.

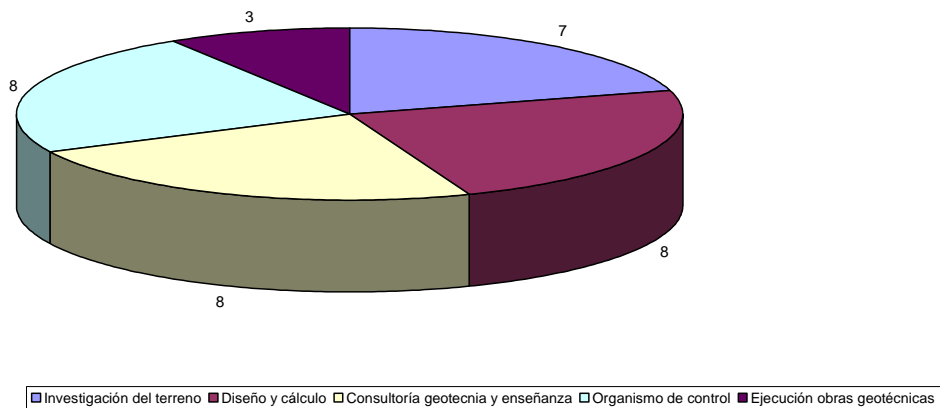


Figura 4-9: Distribución de la muestra de expertos según la ocupación profesional dentro del PG.

Otro factor considerado en el análisis de la muestra experta ha sido las áreas de la responsabilidad profesional en el PG característico. Del conjunto de 10 expertos, 8 de ellos han trabajado en más que 1 área de responsabilidad profesional dentro del PG característico, y 4 de ellos en todas las áreas de responsabilidad profesional consideradas.

La distribución de la muestra de expertos según la responsabilidad profesional dentro del PG puede verse en detalle en la figura 4-10. La distribución de la muestra de expertos en áreas de la responsabilidad profesional es igualmente repartida en todas las actividades llevadas a cabo en el desarrollo de PG característico (figura 4-2), lo que garantiza la visión global del conjunto a los problemas (riesgos) del mismo.

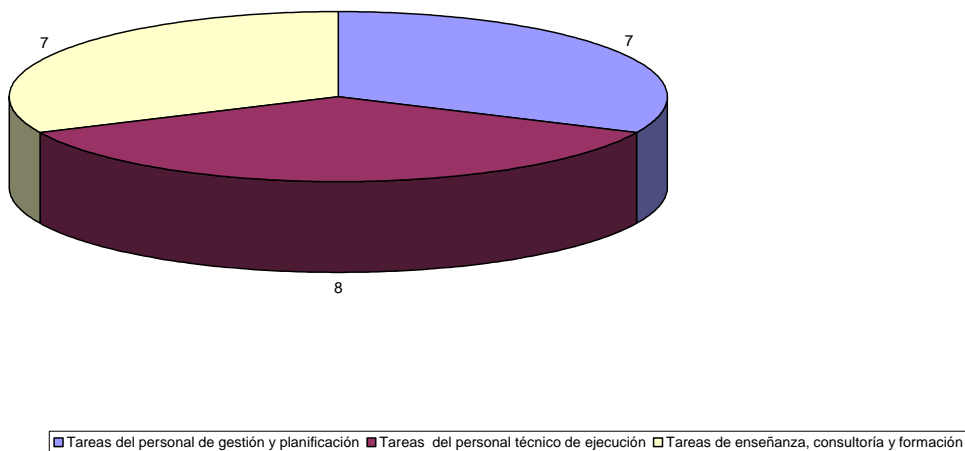


Figura 4-10: Distribución de la muestra de expertos según la responsabilidad profesional.

El promedio de los años de experiencia profesional en PG del conjunto de expertos ha sido 23. El máximo de los años de experiencia eran 46, mientras que el mínimo eran 6 años. 6 de 10 expertos han tenido más que 20 años de experiencia. Para los fines del análisis de resultados obtenidos mediante la encuesta, se ha dividido el grupo de 10 expertos en 3 subgrupos según número de años de experiencia que se suponía ser el factor más influyente en los resultados del conjunto. Los tres subgrupos han sido los siguientes:

1. El Grupo A, que constaba de 3 expertos de menos que 15 años de experiencia profesional en el PG.
2. El Grupo B, que constaba de 4 expertos de entre 15 y 30 años de experiencia profesional en el PG.
3. El Grupo C, que constaba de 3 expertos de más que 30 años de experiencia profesional en el PG.

Según esta división, la distribución en distintas ocupaciones profesionales, presentada en la figura 4-11, enseña con más detalle las diferencias entre los distintos subgrupos. Puede verse, que solamente los miembros de grupo C han tenido un perfil profesional igualmente repartido entre cada uno de sus miembros.

El caso contrario ha sido el grupo A donde un experto no podía aportar una visión global sobre los riesgos operativos de PG característico. Sin embargo, la composición del conjunto de expertos que formaban este subgrupo supuestamente habría podido aportar la mencionada visión global al PG, al sumar resultados particulares de todos.

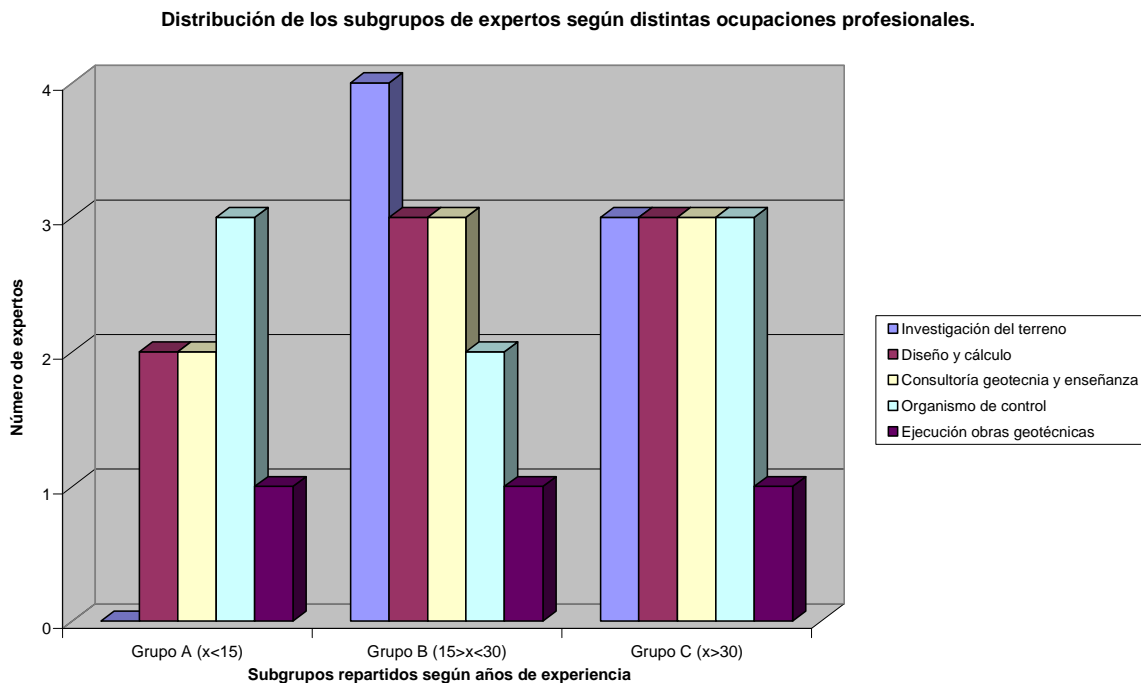


Figura 4-11: Distribución de subgrupos de expertos según distintas ocupaciones profesionales.

Una situación parecida, mencionada en el apartado anterior, puede verse en la Figura 4-12. Aquí se hizo la misma división considerando los 3 elementos que componían las áreas de responsabilidad profesional dentro de PG característico. Aquí, curiosamente el grupo B ha obtenido ligeramente mejor composición que el grupo C.

Este hecho puede achacarse al cambio de la filosofía de dirección de proyectos en los últimos 20 años, donde el factor de los años de experiencia en el desarrollo profesional deja de ser determinante en cuanto al grado de responsabilidad en algunas áreas de proyecto.

La división en tres subgrupos forma la línea de base de la representación de resultados de análisis de información obtenida mediante la técnica de encuesta (capítulo 5.3). Esta configuración ha permitido observar cambios de productividad y efectividad de distintos subgrupos, y así poder establecer conclusiones y recomendaciones prácticas al empleo de determinados recursos humanos disponibles a la hora de elegir la encuesta como una de las técnicas seleccionadas de IR. Este ha sido uno de los objetivos parciales de esta tesis doctoral.

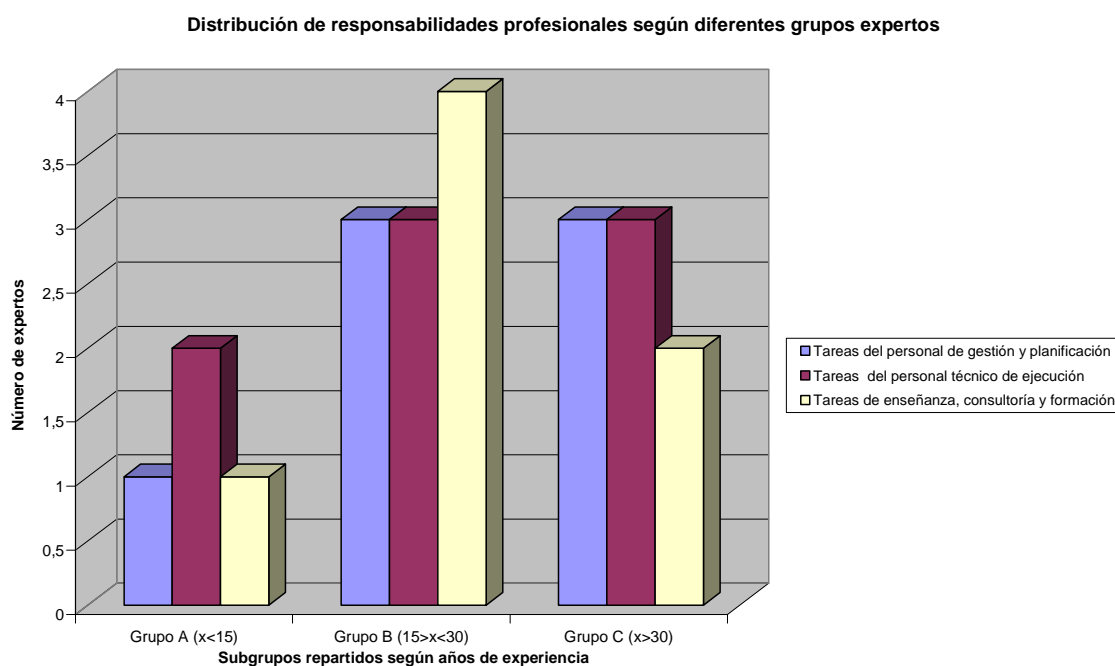


Figura 4-12: Distribución de responsabilidades profesionales según diferentes subgrupos expertos.

4.5. Parámetros de medición de los resultados.

4.5.1. Introducción.

Para el análisis y representación gráfica de los resultados obtenidos mediante dos técnicas de Identificación de Riesgos (IR) empleadas sobre el caso de Proyecto Geotécnico (PG) característico se han tenido que determinar parámetros de su medición.

Estos parámetros deberían permitir establecer conclusiones y recomendaciones relativas al uso de ambas técnicas de IR mencionadas.

Aún en la fase del diseño del proceso de IR (figura 3-4), se han analizado las posibilidades de los datos de salida del mismo. Esto, posteriormente, determinó la forma de aplicación de las técnicas de Revisión de Documentación (RD) (figura 4-6) y encuesta (figura 4-7). Se ha decidido analizar los resultados obtenidos por separado, y luego hacer una comparación de algunos de los parámetros medibles en ambas técnicas de IR ejecutadas.

En el caso del análisis de resultados de RD, se han definido los siguientes parámetros básicos:

1. Número de causas identificadas
2. Número de causas codificadas
3. Número y denominación codificada de causas definidas más importantes aplicando el llamado Principio de Pareto (capítulo 3.3.2.)

En el caso del análisis de resultados de la encuesta, se han definido los siguientes parámetros básicos (aparte de los tres mencionados en el apartado anterior que valían también para este caso):

1. Los grados de productividad y eficacia de los expertos.
2. La cobertura de causas definidas más importantes.
3. Los tiempos de ejecución del cuestionario considerados.
4. La productividad de los expertos.
5. Los grados de satisfacción de los expertos considerados.
6. La eficiencia de los expertos.

En el caso de la comparación de resultados de RD y la encuesta, se han definido los siguientes parámetros básicos:

1. Las diferencias entre distintos grados de efectividad frente a las causas definidas más importantes considerando ambas técnicas de IR.
2. El grado de aportación original (total de las causas identificadas por la encuesta y no identificadas por la RD)
3. La comparación de coberturas de causas definidas más importantes identificadas mediante las dos técnicas de IR consideradas.
4. El análisis de los orígenes de las causas definidas más importantes según los 5 eventos de riesgo determinados de PG característico.

Tanto para el caso de los resultados obtenidos mediante la técnica de RD, como para el caso de los resultados obtenidos mediante la encuesta, y utilizados también para comparar los resultados de ambas mencionadas, se han establecido tres definiciones para tres diferentes listados de las causas definidas más importantes aplicando el llamado Principio de Pareto (capítulo 3.3.2.). Las definiciones han sido las siguientes:

1. "TOP20 Revisión de documentación (RD)" – Listado de causas codificadas, que componen el 20 % del total de las causas, todas identificadas mediante la técnica de Revisión de Documentación (RD) y mencionadas con mayor frecuencia de

repetición en las fuentes de documentación analizada (causas identificadas antes de ser codificadas). El criterio de admisión al “TOP20 RD”, aparte de lo mencionado anteriormente, ha sido para 1 causa codificada, ser justificada la misma como mínimo por 2 fuentes registradas de toda la documentación analizada.

2. “TOP20 Encuesta (E)” – Listado de causas codificadas, que componen el 20 % del total de las causas, todas identificadas mediante la técnica de Encuesta (E) y mencionadas con mayor frecuencia de repetición en la información obtenida a través de conjunto de expertos (causas definidas por los expertos antes de ser codificadas). El criterio de admisión al “TOP20 E”, aparte de lo mencionado anteriormente, ha sido para 1 causa codificada, ser mencionada la misma en el proceso de identificación como mínimo por 2 expertos.
3. “TOP20 Revisión de Documentación (RD) + Encuesta (E)” – Listado de causas codificadas, que componen el 20 % del total de las causas identificadas considerando ambas técnicas utilizadas: la Revisión de Documentación (RD) y la técnica de Encuesta (E) y mencionadas con mayor frecuencia de repetición considerando la información obtenida mediante ambas. El criterio de admisión al “TOP20 RD + E”, aparte de lo mencionado anteriormente, ha sido para 1 causa codificada, ser mencionada la misma en el proceso de identificación como mínimo por 3 expertos o por 3 fuentes de documentación registradas, o por la combinación de ambos (RD + E) que daría el mismo valor de 3.

Las ecuaciones de la productividad, eficacia y eficiencia han sido creadas a base de las definiciones que aparecen en el estándar de gestión de calidad ISO 9000:2005 (ISO, 2005). A continuación en los capítulos 4.5.2, 4.5.3, y 4.5.4 se presentan las ecuaciones concretas de los parámetros medidos mencionados en los previos apartados del presente capítulo. Estas ecuaciones se han utilizado también para la representación gráfica de los resultados expuestos en el capítulo 5.

4.5.2. Parámetros de medición de resultados relativos a la identificación mediante la revisión estructurada de documentación técnica seleccionada.

1. Grado de productividad (aportación del documento i sobre el conjunto) G_{di} :

$$G_{di} = \left(\frac{C_{di}}{C_{dt}} \right) * 100 \quad (\%) \quad (4-1)$$

Donde:

C_{di} - número de causas de riesgo identificadas mediante el documento i

C_{dt} – total causas identificadas mediante la técnica de revisión de documentación

2. Grado de eficacia (aportación del documento i sobre el conjunto de “TOP20 RD”) $G_{dTOP20RDi}$:

$$G_{dTOP20RDi} = \left(\frac{C_{dTOP20RDi}}{C_{TOP20RD}} \right) * 100 \quad (\%) \quad (4-2)$$

Donde:

$C_{TOP20RD}$ - número total de causas de “TOP20 RD”

$C_{dTOP20RDi}$ - número de causas identificadas en el documento i pertenecientes a "Top20 RD"

4.5.3. Parámetros de medición de resultados relativos a la identificación mediante la encuesta a los expertos.

1. Grado de productividad individual (aportación individual del experto i sobre el conjunto de expertos (%)) G_{ei} :

$$G_{ei} = \left(\frac{C_{ei}}{C_{et}} \right) * 100 \quad (\%) \quad (4-3)$$

Donde:

C_{ei} - número de causas de riesgo identificadas mediante experto i

C_{et} - total causas identificadas (no codificadas) mediante la técnica de encuesta

2. Grado de eficacia individual (aportación individual del experto i sobre el conjunto de “TOP20 RD + E”) $G_{ITOP20RD+E}$:

$$G_{ITOP20RD+E} = \left(\frac{C_{eTOP20RD+Ei}}{C_{TOP20RD+E}} \right) * 100 \quad (\%) \quad (4-4)$$

Donde:

$C_{TOP20RD+E}$ - Número total de causas de “TOP20 RD + E”

$C_{eTOP20RD+Ei}$ - Número de causas identificadas por experto i pertenecientes a "TOP20 RD+E"

3. Grado de eficacia individual (aportación individual de experto i sobre el conjunto "TOP20 E") $G_{ITOP20Ei}$:

$$G_{ITOP20Ei} = \left(\frac{C_{eTOP20Ei}}{C_{TOP20E}} \right) * 100 \quad (\%) \quad \text{Donde:} \quad (4-5)$$

C_{TOP20E} - número total de causas de "TOP20 E"

$C_{eTOP20Ei}$ - Número de causas identificadas por experto i pertenecientes a "TOP20 E"

4. Promedio del grado de productividad (aportación del subgrupo k sobre el conjunto de subgrupos) G_{Pesubk} :

$$G_{Pesubk} = \left(\frac{\sum_{i=1}^k G_{ei}}{n_k} \right) \quad (\%) \quad (4-6)$$

Donde:

G_{ei} – Grado de productividad individual de experto i (%)

n_k – número de expertos del subgrupo k

5. Promedio del grado de eficacia (aportación de subgrupo k sobre el conjunto "TOP20 E") $G_{PeTOP20Esubk}$:

$$G_{PeTOP20Esubk} = \left(\frac{\sum_{i=1}^k G_{ITOP20Ei}}{n_k} \right) \quad (\%) \quad (4-7)$$

Donde:

$G_{ITOP20Ei}$ - Grado de eficacia individual de experto i sobre "TOP20 E" (%)

n_k – número de expertos del subgrupo k

6. Cobertura de causas "TOP20 Encuesta" (subgrupo de expertos) C_{TOP20E}

$$C_{TOP20E} = C_{TOP20Esub} * \frac{100}{C_{TOP20Et}} \quad (\%) \quad (4-8)$$

Donde:

$C_{TOP20Esub}$ - número de causas codificadas identificadas por un subgrupo y pertenecientes a "TOP20 E"

$C_{TOP20Et}$ - número total de causas de "TOP20 E"

7. Cobertura de causas "TOP20 Revisión de documentación + Encuesta" (subgrupo de expertos) $C_{TOP20RD+E}$

$$C_{TOP20RD+E} = C_{TOP20RD+Esub} * \frac{100}{C_{TOP20RD+Et}} \quad (\%) \quad (4-9)$$

Donde:

$C_{TOP20RD+Esub}$ - número de causas de descripción codificada identificadas por un subgrupo k y pertenecientes a "TOP20 RD E"

$C_{TOP20RD+Et}$ - número total de causas de "TOP20 E"

8. Promedio tiempos de ejecución (subgrupo de expertos) T_{Psubk}

$$T_{Psubk} = \left(\frac{\sum_{i=1}^n T_{Fi} + \sum_{i=1}^n T_{Ri}}{n_k} \right) \quad (\text{min}) \quad (4-10)$$

Donde:

T_{Psubk} – Tiempo promedio de ejecución de la encuesta por un subgrupo k

T_{Fi} – Tiempo de familiarización con el cuestionario de experto i

T_{Ri} – Tiempo de elaboración del registro de riesgos de experto i

n – número de expertos del subgrupo k

9. Promedio tiempos de ejecución (conjunto) T_{Pt}

$$T_{Pt} = \left(\frac{\sum_{k=1}^3 T_{tsubk}}{3} \right) \quad (\text{min}) \quad (4-11)$$

Donde:

T_{Pt} – Tiempo promedio de ejecución de la encuesta por el conjunto de 3 subgrupos

T_{Psubk} – Tiempo promedio de ejecución de la encuesta por un subgrupo k

Los parámetros de los tiempos recomendados como óptimos (T_{FOi} , T_{ROi}) por los expertos se han hecho a base de las mismas ecuaciones (4-10 y 4-11) sustituyendo los parámetros T_{Fi} y T_{Ri} por los mencionados a principio de este párrafo.

Donde:

T_{FOi} - Tiempo de familiarización con el cuestionario recomendado óptimo por experto i

T_{ROi} - Tiempo de elaboración del registro de riesgos recomendado óptimo por experto i

10. Grado promedio de satisfacción general de experto i S_{PIi}

$$S_{PIi} = \left(\frac{\sum_{i=1}^5 S_{eci} + S_{doi} + S_{dfi} + S_{ori} + S_{rri}}{5} \right) (\%) \quad (4-12)$$

Donde:

S_{eci} – Grado de satisfacción de experto i relacionado con la estructura de cuestionario

S_{doi} – Grado de satisfacción de experto i relacionado con la descripción de los objetivos de la encuesta

S_{dfi} – Grado de satisfacción de experto i relacionado con el contenido y la estructura del diagrama de flujo de proyecto geotécnico característico

S_{ori} – Grado de satisfacción de experto i relacionado con la clasificación de orígenes de riesgo a través del listado estructurado

S_{rri} – Grado de satisfacción de experto i relacionado con la estructura del registro de riesgos

11. Grado promedio de satisfacción de subgrupo k S_{Psubk} :

$$S_{Psubk} = \left(\frac{\sum_{i=1}^n S_{PIi}}{n_k} \right) (\%) \quad (4-13)$$

Donde:

S_{PIi} - Grado promedio de satisfacción general de experto i

n_k – número de expertos del subgrupo k

12. Grado promedio de satisfacción general de todos los subgrupos S_{Pt} :

$$S_{Pt} = \left(\frac{\sum_{k=1}^3 S_{Psubk}}{3} \right) (\%) \quad (4-14)$$

Donde:

S_{Psubk} – Tiempo promedio de ejecución de la encuesta por el conjunto de 3 subgrupos

13. Número promedio de causas de riesgo identificadas por la encuesta C_{Pt} :

$$C_{Pt} = \left(\frac{\sum_{i=1}^n c_{tei}}{n} \right) (\%) \quad (4-15)$$

Donde:

C_{Pt} – promedio de causas identificadas mediante la encuesta por el conjunto de expertos

c_{tei} – número de causas identificadas mediante la encuesta por experto i

n – número total de expertos

14. Productividad individual del experto i P_{Pi} :

$$P_{Pi} = \left(\frac{C_{ei}}{T_{Fi} + T_{Ri}} \right) * \frac{1}{S_{Pii}} * t_{emin} \quad (\text{causas.t}_{min}) \quad (4-16)$$

Donde:

T_{Fi} – Tiempo de familiarización con el cuestionario de experto i

T_{Ri} – Tiempo de elaboración del registro de riesgos de experto i

S_{Pii} - Grado promedio de satisfacción general de experto i

t_{emin} – tiempo total mínimo dedicado a cumplimentación del cuestionario.

15. Promedio de productividad de un subgrupo de expertos k $P_{P_{subk}}$:

$$P_{P_{subk}} = \left(\frac{\sum_{i=1}^n P_{Li}}{n_k} \right) \text{ (causas.t}_{\min}) \quad (4-17)$$

Donde:

P_{Li} – Productividad individual de experto i
 n_k – número de expertos del subgrupo k

16. Promedio de productividad de todos los subgrupos de expertos (3 personas) P_{Pt} :

$$P_{Pt} = \left(\frac{\sum_{i=1}^3 P_{subki}}{3} \right) \text{ (causas.t}_{\min}) \quad (4-18)$$

Donde:

P_{subki} – Promedio de productividad de un subgrupo de expertos k

17. Eficiencia individual de experto i E_{Li} :

$$E_{Li} = \left(\frac{P_{Li} * G_{ITOP20RD+Ei}}{100} \right) \text{ (causas.t}_{\min}) \quad (4-19)$$

Donde:

P_{Li} – Productividad individual de experto i
 $G_{ITOP20RD+Ei}$ – grado de eficacia individual de experto i (aportación individual de experto i sobre “TOP20 RD + E”)

18. Promedio de eficiencia del subgrupo k $E_{P_{subk}}$:

$$E_{P_{subk}} = \left(\frac{\sum_{i=1}^n E_{Ii}}{n_k} \right) \text{ (causas.t}_{\min}) \quad (4-20)$$

Donde:

E_{Ii} – Eficiencia individual de experto i
 n_k – número de expertos del subgrupo k

19. Promedio de eficiencia de todos los subgrupos de expertos (3 personas) E_{Pt} :

$$E_{Pt} = \left(\frac{\sum_{i=1}^3 E_{subki}}{3} \right) \text{ (causas.t}_{\min}) \quad (4-21)$$

Donde:

$E_{P_{subk}}$ – Promedio de eficiencia del subgrupo k

4.5.4. Parámetros de medición relativos a la comparación de resultados obtenidos mediante revisión de documentación y la encuesta.

1. Grado de originalidad individual (aportación original del experto i sobre el conjunto de causas de descripción codificada) G_{Oi} :

$$G_{Oi} = \left(\frac{c_{ei}}{c_{et}} \right) * 100 \quad (\%) \quad (4-22)$$

c_{ei} - Número de causas de descripción codificada identificadas por el experto i y no identificadas por la técnica de revisión de documentación

c_{et} – Número total de causas de descripción codificada e identificadas mediante la revisión de documentación y la encuesta.

2. Promedio del grado de originalidad (encuesta) (subgrupo de expertos) P_{OPsub}

$$G_{OPsub} = \left(\frac{\sum_{i=1}^n G_{oi}}{n_k} \right) (\%) \quad (4-23)$$

G_{oi} - Grado de originalidad individual del experto i
 n_k - Número de expertos del subgrupo k

3. Cobertura de causas "TOP20 Revisión de documentación" del subgrupo k $C_{TOP20RDk}$:

$$C_{TOP20RDk} = C_{TOP20RDsubk} * \frac{100}{C_{TOP20RDt}} (\%) \quad (4-24)$$

Donde:

$C_{TOP20RDsubk}$ - número de causas de descripción codificada identificadas por el subgrupo k y pertenecientes al "TOP20 RD"
 $C_{TOP20RDt}$ - número total de causas de descripción codificada del "TOP20 RD"

4. Grado de eficacia (aportación del documento i sobre "TOP20 RD + E") $G_{dTOP20Rd+Ei}$:

$$G_{dTOP20Rd+Ei} = \left(\frac{C_{dTOP20Rd+Ei}}{C_{TOP20Rd+E}} \right) * 100 (\%) \quad (4-25)$$

Donde:

$C_{TOP20Rd+E}$ - número total de causas de descripción codificada del "TOP20 RD + E"
 $C_{dTOP20Rd+Ei}$ - número de causas de descripción codificada identificadas por el documento i y pertenecientes al "TOP20 RD + E"

5. Promedio grado de eficacia (aportaciones del subgrupo k sobre “TOP20 RD + E”)

$G_{PeTOP20RD+Esubk}$

$$G_{PeTOP20RD+Esubk} = \left(\frac{\sum_{i=1}^k G_{ITOP20RD+Ei}}{n_k} \right) \quad (4-26) \quad (\%)$$

Donde:

$G_{ITOP20RD+Ei}$ - Grado de aportación individual de experto i sobre “TOP20RD + E” (%)

n_k – número de expertos del subgrupo k

CAPÍTULO 5: APLICACIÓN DEL MODELO DE IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS: ANÁLISIS DE RESULTADOS.

5.1. Introducción

Al ejecutar el proceso de Identificación de Riesgos IR, empleando las dos técnicas seleccionadas; la Revisión de Documentación (RD) y la Encuesta, se han identificado en total 344 causas relacionadas con los cinco eventos de riesgo observados por el estudio, algunas de ellas teniendo el mismo significado. De todo este conjunto, al ejecutar el proceso de codificación de sus descripciones (capítulo 4.3.4.), se han registrado 170 causas originales (apéndice E.3), y que junto con sus orígenes y sus eventos de riesgo relacionados formaron un conjunto de escenarios de riesgo de Proyecto Geotécnico (PG) característico (apéndice E.3).

Al acabar el proceso de la IR, cumpliendo los criterios de fiabilidad establecidos antes de su ejecución (capítulos 4.3.1 y 4.3.3), se ha procedido al análisis de los resultados obtenidos, según puede verse en el diagrama de flujo de la figura 5-1. Desde el comienzo se han tomado dos caminos independientes; se han analizado los resultados de la RD por un lado, y por otro, los resultados obtenidos a través de la encuesta.

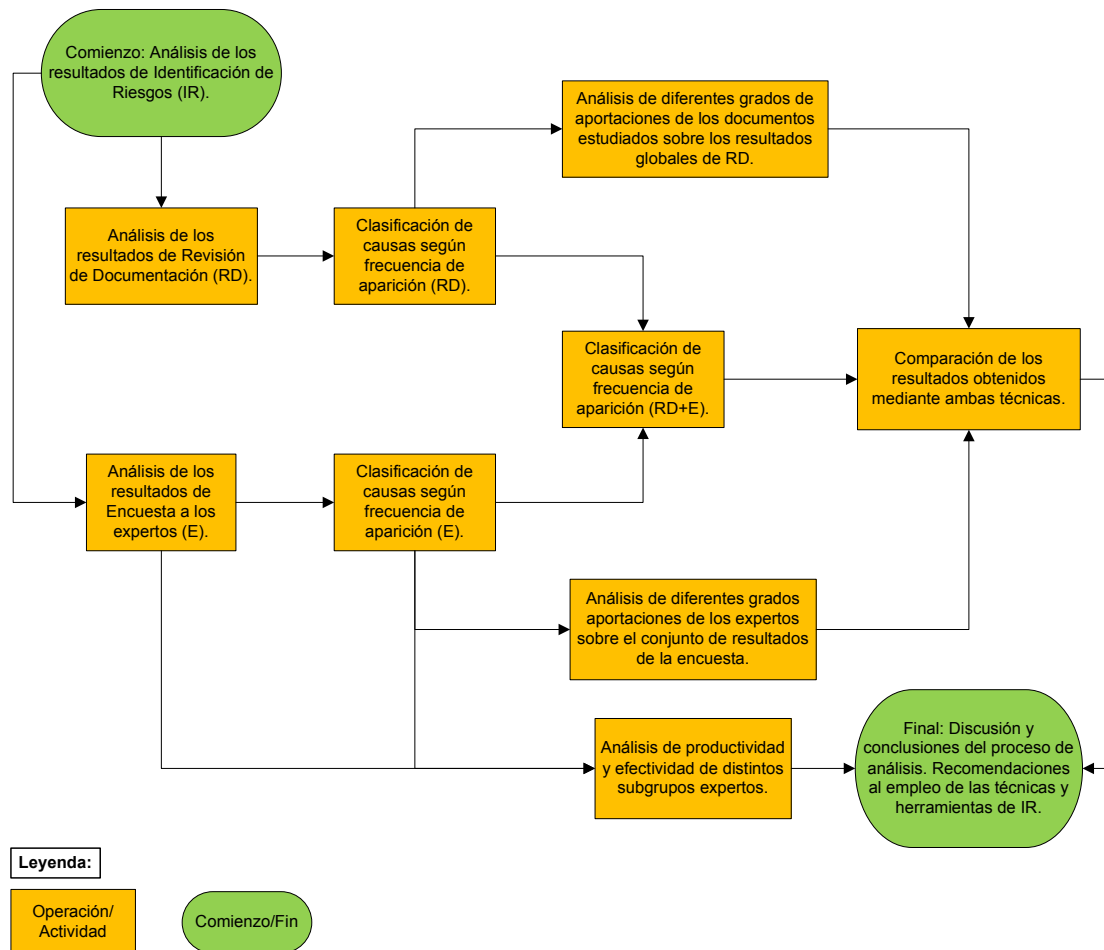


Figura 5-1: Diagrama de flujo de las actividades relacionadas con el análisis de los resultados de Identificación de Riesgos obtenidos mediante la Revisión de Documentación y la Encuesta.

El primer paso fue la clasificación de las causas de riesgo registradas por la frecuencia de su aparición tanto en los documentos revisados como en las menciones hechas por los expertos durante la ejecución de la encuesta. Esto ha permitido establecer 3 listados

diferentes llamados TOP20 (capítulo 4.5.1) que contenían el 20 % de las causas del conjunto de todas las causas de descripción codificada registradas, y siendo estas las más frecuentemente mencionadas por las diferentes fuentes de información utilizadas. El establecimiento de los 3 listados de TOP20 (TOP20 RD, TOP20 E, y TOP20RD + E), ha permitido las mediciones de varios de los parámetros establecidos (capítulo 4.5.2), tanto en el caso de la RD como en el caso de la Encuesta. Los parámetros han sido observados tanto a nivel individual, de cada uno de los documentos utilizados, como a nivel global, del conjunto. Los resultados pueden verse en los siguientes capítulos 5.2 y 5.3.

Algunos parámetros han sido medidos únicamente para el caso de la encuesta, como ha sido el caso de los tiempos de ejecución y de los grados de satisfacción. Los valores de estos parámetros, junto con los valores de los grados de eficacia, han permitido determinar valores de productividad y eficiencia del grupo de expertos. La posibilidad de medir los tiempos durante la ejecución de la técnica de RD se ha descartado, sobre todo por el hecho de ser esta ejecutada por una sola persona, lo que no permitiría establecer conclusiones relevantes. Los resultados pueden verse en el capítulo 5.3.

Con el fin de comprobar la validez de los resultados y descubrir las capacidades de las dos técnicas de IR empleadas, se ha procedido a la comparación de determinados parámetros medidos durante su ejecución y análisis posterior. El punto de encuentro (figura 5-1) en el análisis de los resultados, obtenidos mediante ambos métodos, ha sido la comparación de determinados tipos de grados de aportación (capítulo 4.5) dentro de lo que ha sido el listado de las causas más importantes identificadas por ambas técnicas; el “TOP20 RD + E” (capítulo 4.5.1.).

La última parte de este capítulo presenta un análisis detallado de los orígenes de los cinco eventos de riesgo que han sido objeto del estudio, todos vinculados con la posibilidad de un fallo operativo en el diagrama de flujo de un PG característico. El análisis de sus orígenes se ha hecho con el uso de las Estructuras de Desglose de Riesgos (EDR) finales creadas a base de las causas más importantes presentadas en el “TOP20 RD + E”.

5.2. Resultados de la identificación mediante la revisión de documentación técnica seleccionada.

A través de la técnica de la RD, se han revisado el total de 12 documentos (Tabla 4-7). De los 12 documentos seleccionados, en total, 202 causas vinculadas a los eventos de riesgo observados han sido identificadas y registradas. De este conjunto, al pasar por el proceso de codificación de sus descripciones (capítulo 4.3.4.), se han registrado 141 causas originales.

Las 141 causas de descripción codificada formaron el conjunto de 170 causas originales de descripción codificada que fueron registradas a través del empleo de las dos técnicas de identificación. En otras palabras, las 141 causas originales de descripción codificada cubren más que el 80 % de todas las causas originales que aparecen en el RR final (apéndice E.3).

El proceso de codificación de las descripciones ha permitido identificar las causas similares mencionadas en los 12 documentos y a su vez determinar a las que reaparecían con mayor frecuencia. El proceso fue concluido sin necesidad de seguir identificando escenarios de riesgo mediante la documentación adicional cuando se ha cumplido el criterio previamente establecido de $c_{itop20RDmin} > 2$ (capítulo 4.3.3.).

Hay que anotar, que una causa de descripción codificada se define como un agrupamiento de determinadas causas identificadas mediante alguna de las técnicas de IR consideradas, y teniendo estas una relación expresada a través de su definición codificada que les engloba y describe correctamente. Una descripción correcta supone el cumplimiento de los criterios de codificación establecidos (capítulo 4.3.4.). Al finalizar el proceso de codificación, ninguna de las 202 causas identificadas ha sido excluida por no cumplir con el criterio del alcance de estudio.

El primer resultado del análisis de los datos obtenidos puede verse en la tabla 5-1, y se trata de un conjunto de causas de descripción codificada que pertenecen al “TOP20 RD” (capítulo 4.5.1.), definidas más importantes del PG característico e identificadas mediante la técnica de la RD. Aparte de las denominaciones codificadas de las causas de riesgo identificadas, la tabla 5-1 indica los eventos y los orígenes de riesgo vinculados a las mismas. Las frecuencias de aparición de las descripciones codificadas de causas pertenecientes al “TOP20 RD” coinciden con la cantidad de las fuentes de documentación por las que estas han sido mencionadas.

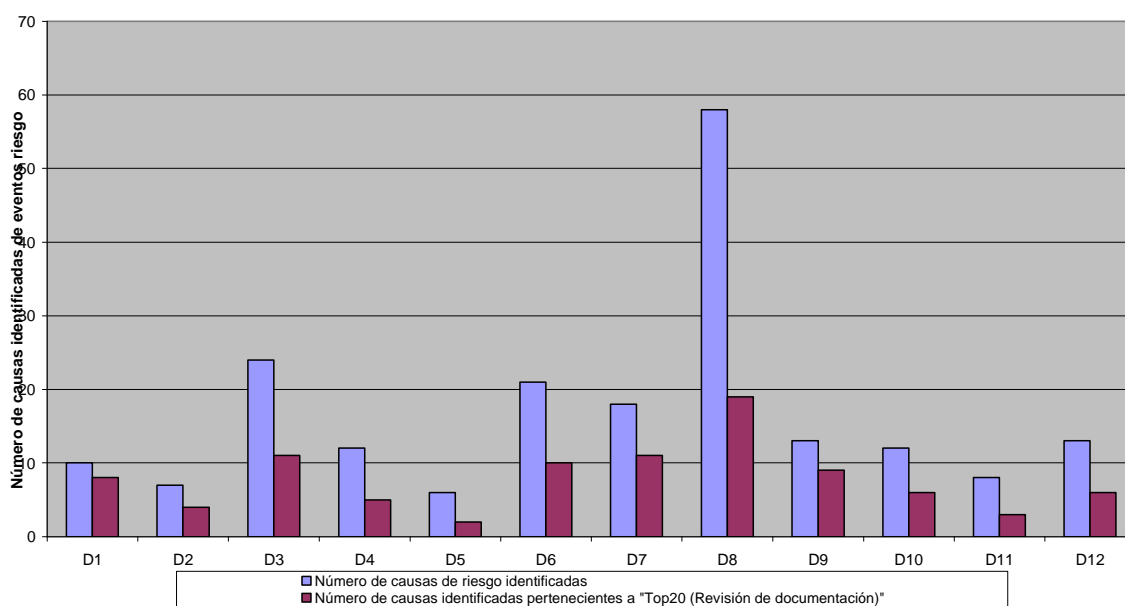


Figura 5-2: Reparto del número total de causas identificadas por revisión de documentación sobre el total de 202 causas y sobre el total de 38 causas pertenecientes a “TOP20” (Fuente: Revisión de documentación).

El código de las fuentes de documentación viene recogido del RR de la técnica de RD (apéndice E.1), donde el primer número del código corresponde con el número del documento analizado, y el segundo con el número de la causa identificada en el mismo. La posición de las causas de descripción codificada en el listado del “TOP20 RD” se distribuye por el orden de frecuencia de aparición. De esta manera, sin ejecutar un análisis cualitativo o cuantitativo de riesgo, nos da una primera señal del grado de importancia (valor de riesgo) en el PG característico.

Al mirar la figura 5-2, se pueden ver las diferencias entre el número (volumen) de las causas identificadas que pertenecían al “TOP20 RD” y el total de las causas identificadas en el mismo documento estudiado. Al observar a cada uno de los documentos, se ve que la proporción de las causas pertenecientes al “TOP20 RD” con el total de las causas identificadas en el mismo es casi igualmente repartida en todos los documentos y, en general, oscila entre los 40 y 60 %.

Para poder observar la contribución de un documento utilizado sobre los resultados del conjunto, se han empleado las ecuaciones para la estimación de los grados de productividad (4-1) y eficacia (4-2), es decir, la aportación de cada uno de los documentos revisados al total de las causas identificadas G_{di} (grado de productividad), y al conjunto de las causas pertenecientes al “TOP20 RD” $G_{dTOP20RDi}$ (grado de eficacia). Los resultados pueden verse en la figura 5-3.

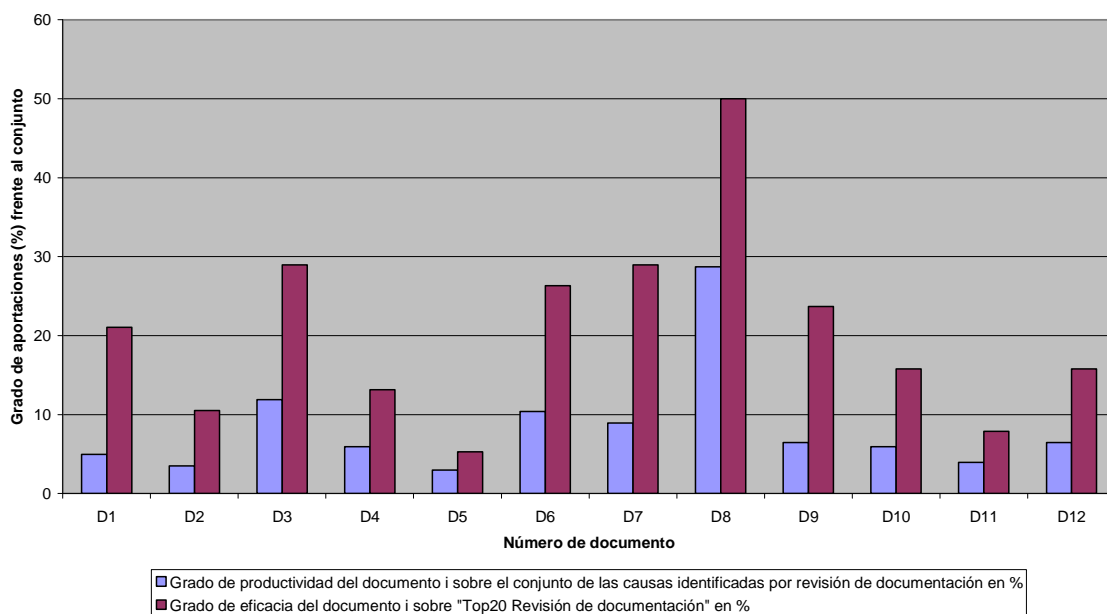


Figura 5-3: Grados de productividad de los documentos analizados en % sobre el total de 202 causas identificadas G_{di} y grados de eficacia relacionados con las causas pertenecientes al “TOP20 RD”, $G_{dTOP20RDi}$.

Se puede observar el equilibrio entre los valores de los grados de productividad (4-1) de todos los documentos revisados que oscilan entre el 5 y 10 %. Sin embargo, no ocurre lo mismo con los grados de eficacia (4-2) que oscilan entre el 10 y 25 %. Según estos resultados, se podría concluir que para el presente estudio se necesitarían revisar entre 5 y 10 documentos tipo *artículos científicos*, seleccionados de tal manera que no se repitiese la información sobre el riesgo estudiado, para que el proceso de la IR al utilizar la técnica de la RD fuese lo más eficiente.

La única excepción es el documento D6 cuyos grados de productividad y eficacia llegaron a obtener el valor del 28 y 50 %, respectivamente. Hay que anotar que en el caso del documento D6 se trata de un documento tipo *libro* dedicado especialmente al tema de los riesgos geotécnicos, y nos confirma como un solo documento de un alcance completo puede sustituir un conjunto de documentos (en este caso artículos científicos) de alcance limitado sobre el tema de interés.

Tabla 5-1: "TOP20 RD"; listado de causas codificadas, que componen el 20 % del total de las causas (38 de 202 causas identificadas), todas identificadas mediante la técnica de Revisión de Documentación (RD) y mencionadas con mayor frecuencia de repetición en las fuentes de documentación analizada.

NOMBRE CODIFICADO DE LA CAUSA	CÓDIGO(S) DE RR RELACIONADO(S)	FRECUENCIA DE APARICIÓN (GRADO DE IMPORTANCIA)	FUENTES DE INFORMACIÓN RELACIONADAS
Propuestas de precio más bajo elegidas ganadoras. Un enfoque minimalista a la investigación y pruebas del terreno.	E1.O1.4.C69, E1.O1.1.C69	5	9.7, 2.5, 8.52, 10.10, 3.22
Alcance y contenido de trabajos de investigación según la fase de proyecto no adecuado.	E1.O1.7C3,	5	8.1, 3.1, 10.3, 7.1, 8.6
No considerar cambios estacionales de nivel freático.	E1.O1.7.C29, E3.O1.7.C29	5	8.17, 1.2, 7.4, 3.3, 12.5
Los ingenieros que participan en la investigación y caracterización del terreno, no son especialistas reconocidos en geotecnia.	E2.O1.4.C68, E3.O1.4.C68	4	9.6, 7.8, 10.12, 7.16
Supervisión de obra sin participación del consultor geotécnico.	E5.O1.4.C89	4	8.45, 3.18, 1.6, 7.18
No usar la información geotécnica existente en la fase programación de investigación de terreno. Falta de preparación en la fase de diseño conceptual del proyecto.	E3.O1.7.C137	4	12.8, 6.4, 3.2, 1.1
En el contrato de ejecución de los trabajos no se definen claramente las responsabilidades y deberes de los agentes intervinientes del proyecto para saber resolver problemas inesperados provenientes de la interacción entre el edificio y terreno y la manera de su financiación.	E1.O2.6.C58, E2.O2.6.C58, E3.O2.6.C58, E4.O2.6.C58, E5.O2.6.C58	4	8.31, 3.11, 7.17, 9.3
Tiempo insuficiente para correcta realización de pruebas "in situ" o en laboratorio, para el análisis de datos, o para la elaboración de informe geotécnico. Presiones asociadas con la planificación y plazos de construcción.	E1.O1.1.C76, E1.O1.4.C76, E1.O2.7.C76	3	2.6, 4.5, 7.14
Emplazamiento incorrecto de los sondeos y del resto de ensayos, que no reflejan la evolución geológica del sitio.	E1.O1.7.C9	3	8.5, 8.7, 8.8,
Parámetros mecánicos del terreno para el diseño inadecuadamente determinados.	E3.O1.7.C23	3	8.11, 2.9, 10.7,
Ingeniero responsable de geotecnia no visita el sitio periódicamente durante las operaciones de perforación de sondeos.	E5.O1.10.C47, E2.O1.10.C47	3	6.8, 9.4, 12.4
Aceptar un alcance de trabajo limitado. Alcance que no considere alguna parte relevante para ejecutar trabajos de investigación "in situ" o en laboratorio idóneos.	E1.O1.7.C73	3	1.5, 8.35, 7.10
Aceptar contratos no adecuados que asignan los riesgos a los participantes antes de tener un buen conocimiento de las condiciones de subsuelo.	E1.O1.7.C109, E2.O1.6.C109, E3.O1.7.C109, E4.O1.7.C109, E5.O1.10.C109	3	1.8, 11.3, 8.54
El coste de ejecución de investigación de terreno infraestimado sin tener en cuenta el valor de riesgo geotécnico y recursos destinados para su tratamiento.	E2.O1.4.C85	2	8.43, 2.7,

Variar la situación y el programa de prospección geotécnica por dificultades de acceso.	E1.O1.4.C52, E2.O1.2.C52, E2.O1.3.C52, E2.O1.4.C52	2	4.2, 7.7,
La organización encargada de desarrollo de alguna parte de proyecto geotécnico carece de personal cualificado para ejecutar trabajos relacionados con geotecnia (experiencia limitada, sin formación profesional o académica).	E1.O1.7.C93, E2.O1.6.C93, E3.O1.7.C93, E4.O1.7.C93, E5.O1.10.C93	2	4.8, 5.4
Competencia insuficiente en asuntos de geotecnia por la dirección integrada de proyecto (Project Management).	E1.O1.4.C126	2	9.11, 4.13
Profundidad insuficiente de los sondeos.	E1.O1.7.C12., E1.O1.6.C12.	2	8.9, 10.2
Empleo de ensayos "in situ" no adecuados a las condiciones del terreno. (p.e. el caso de "falso rechazo" de los SPTs)	E2.O1.6.C38, E2.O3.1.C38, E1.O1.7.C38	2	6.7, 9.1
Asunción inadecuada de la responsabilidad de ingenieros profesionales por la elaboración del informe geotécnico. Perfil profesional y experiencia real nula o mínima.	E1.O1.4.C62, E2.O1.4.C62, E3.O1.4.C62, E4.O1.4.C62, E5.O1.4.C62	2	9.2, 3.13
Fallo del personal responsable de investigación del terreno por experiencia insuficiente.	E2.O1.6.C121	2	6.21, 1.10
El proveedor de perforación no informa y no registra las observaciones que pueden ser importantes desde el punto de vista geotécnico.	E2.O1.4.C16., E2.O1.6.C16.	2	6.15, 12.3
Confusiones de la terminología en la redacción del informe geotécnico (expresiones tipo jerga, ambigüedades, etc.)	E1.O1.7.C19., E2.O1.7.C19., E3.O1.7.C19., E4.O1.7.C19., E5.O1.7.C19.	2	2.2, 5.2
El perfil geológico-geotécnico no corresponde a la realidad.	E3.O1.7.C26,	2	8.14, 11.1
Fallo del personal responsable de análisis y cálculo geotécnico por experiencia insuficiente.	E3.O1.7.C117	2	8.56, 1.9,
No existencia del registro profesional (reconocimiento de competencias) con especialización en investigación de terreno para los contratistas.	E2.O2.1.C122	2	3.26, 6.20
Falta de familiarización de los profesionales en geotecnia con la metodología de gestión y análisis de riesgos. Incapacidad de tratar la incertidumbre geotécnica dentro del diseño.	E1.O2.2.C123, E2.O1.4.C123, E3.O1.4.C123, E4.O1.4.C123, E5.O1.4.C123	2	5.6, 11.2
No emplear redundancia en la planificación de programa de reconocimiento de terreno.	E1.O1.7C.1.	2	6.1, 8.3
Falta de buen conocimiento de la geología por el ingeniero responsable de elaboración de estudio geotécnico.	E1.O1.7.C2	2	6.2,12.9
Clasificación errónea de los suelos. Falta de ensayos de laboratorio durante el reconocimiento de terreno.	E1.O1.7.C7	2	6.3, 12.10
Calidad insuficiente de los sistemas de medición y observación geotécnicas.	E2.O1.6.C11.	2	2.1, 3.4
Falta del plan de localización de ensayos. Los proveedores de perforación de sondeos no son informados que se espera de ellos.	E2.O1.4.C15., E1.O1.7.C15.	2	6.11, 10.4
Las muestras del terreno disponibles no inspeccionadas por un ingeniero responsable.	E5.O1.10.C17.	2	6.6, 12.6
Falta de revelación de riesgos geotécnicos y posibles consecuencias económicas y estructurales a la obra.	E4.O1.4.C53, E4.O1.10.C53, E4.O1.7.C53	2	1.4, 9.12

Empeño en transferir la responsabilidad por las situaciones adversas a otras partes involucradas o pasar la responsabilidad por los problemas a un escalón más arriba.	E1.O2.6.C59, E2.O2.6.C59, E3.O2.6.C59, E4.O2.6.C59, E5.O2.6.C59	2	8.32, 3.12
El proyectista no tiene conocimiento suficiente de geotecnia y a pesar de esto no colabora con el consultor de geotecnia.	E1.O1.5.C66, E2.O1.5.C66, E3.O1.5.C66, E4.O1.5.C66, E5.O1.5.C66	2	8.33, 3.19
Falta de coordinación en la definición del alcance de trabajos entre los actores de proyecto.	E1.O1.4.C72	2	4.4, 7.9
Las largas listas de licitación pública (por lo general conducen a los precios y calidad altamente fluctuantes, e inhiben de hacer una oferta seria por contratistas especializados cualificados).	E1.O1.4.C104	2	7.15, 9.13

Un examen más detallado, presentado en el capítulo 5.4 que se hizo a través de la comparación entre los resultados de la técnica de RD y la encuesta, además, ha confirmado la capacidad de la técnica de RD de abarcar mayor número de definiciones originales de las causas de descripción codificada, y relacionadas con los cinco eventos de riesgo observados, que la técnica de la encuesta, manteniendo a su vez altos valores en los grados de eficacia.

Según los resultados obtenidos, se puede concluir que una de las importantes acciones para aumentar la productividad y eficacia de la técnica de RD, es la de seleccionar una documentación adecuada. De todas maneras, ambas situaciones vistas en las figuras 5-2 y 5-3 señalan a un buen nivel y equilibrio en la calidad de información sobre los eventos de riesgo observados en todos los documentos revisados, y así confirman la validez del modelo de la búsqueda de documentación utilizado para este fin.

5.3. Resultados de la identificación mediante la encuesta a los expertos.

En la complementación del cuestionario desarrollado para la técnica de la encuesta han participado en total 14 profesionales, todos con experiencia en el desarrollo del Proyecto Geotécnico (PG) (Tabla 4-7). El proceso de identificación de riesgos fue concluido al analizar los resultados de un grupo seleccionado de 10 profesionales, sin necesidad de continuar, cuando ha sido alcanzado el criterio previamente establecido $C_{iTOP20Emin} > 2$ (capítulo 4.3.3.).

En total, 142 causas han sido identificadas a través de la encuesta a 10 expertos mencionados arriba del texto. De este conjunto, al pasar por el proceso de codificación de sus descripciones (capítulo 4.3.4.), se han registrado 70 causas originales. Las 70 causas originales formaban un conjunto de 170 causas originales de descripción codificada identificadas a través de las dos técnicas de IR empleadas (apéndice E.3). En otras palabras, las 70 causas originales cubrían alrededor del 40 % de todas las causas originales que aparecen en el RR final (apéndice E.3).

Hay que anotar, que una causa codificada se define como un agrupamiento de causas identificadas mediante alguna de las técnicas de IR consideradas, que tengan una relación expresada a través de su definición codificada que les engloba y describe correctamente. Una descripción correcta supone el cumplimiento de los criterios de codificación establecidos (capítulo 4.3.4.). Finalmente, hay que anotar también que al acabarse el proceso de codificación, que solamente una de las causas del total de 142 identificadas ha sido excluida por el criterio de alcance del estudio.

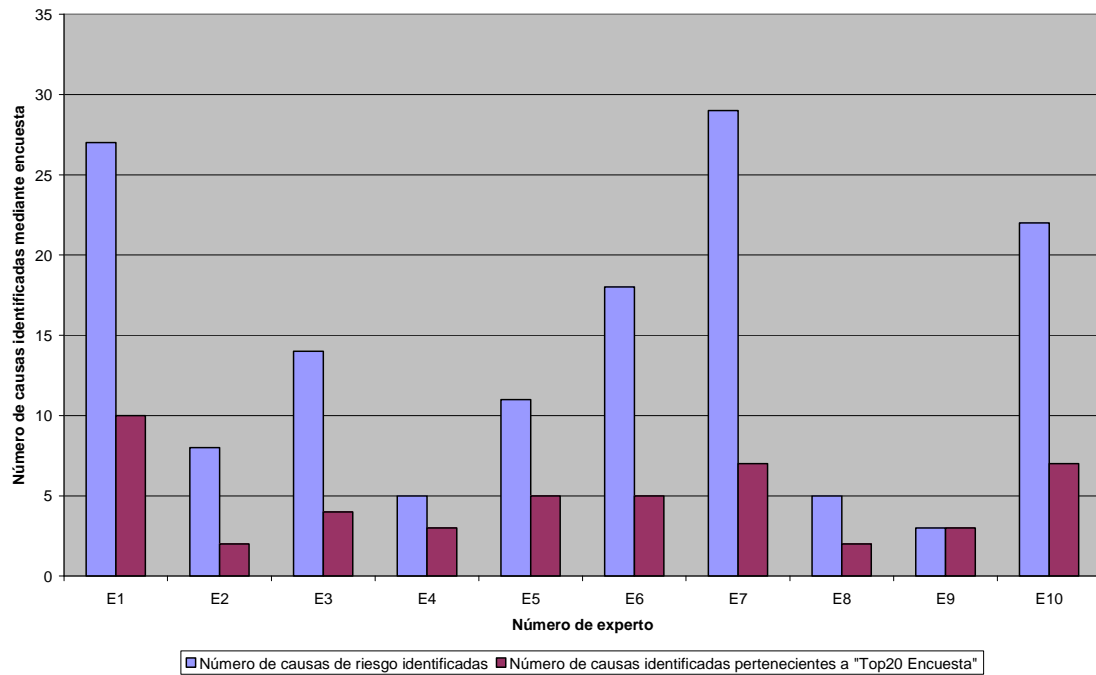


Figura 5-4: Reparto del número total de causas identificadas por los expertos sobre el total de 142 causas identificadas por la encuesta y sobre el total de 30 causas pertenecientes al “TOP20 E”.

El primer resultado del análisis de los escenarios de riesgo obtenidos a través de la encuesta puede verse en la tabla 5-2, y se trata de un conjunto de causas “TOP20 E” (capítulo 4.5.1.), definidas más importantes de PG característico. La tabla 5-2 enseña aparte del nombre, los códigos de cada uno de los escenarios relacionados con cada una de las causas y registrados en el RR final (apéndice E.3). Las frecuencias de aparición en la misma tabla coinciden con la cantidad de las fuentes de información relacionadas.

El código de las fuentes de información viene recogido de los RR particulares rellenos por los expertos durante la realización de la encuesta (apéndice E.2), y donde el primer número del código corresponde al número del experto, y el segundo al número de la causa identificada por el mismo. La posición de las causas de descripción codificada del “TOP20 E” se distribuye por el orden de frecuencia de aparición y es una señal del grado de importancia, o más bien, valor potencial del riesgo en el PG.

Al mirar la figura 5-4, se pueden apreciar las diferencias entre el número (volumen) de causas identificadas que pertenecían al “TOP20 E” y el total de las causas identificadas por el mismo experto. Los resultados presentados en el gráfico de cada uno de los expertos, señalan las diferencias entre las aportaciones individuales de distintos expertos.

Tabla 5-2: "TOP20 E"; Listado de causas codificadas, que componen el 20 % del total de las causas (30 de 142), todas identificadas mediante la técnica de Encuesta (E) y mencionadas con mayor frecuencia de repetición en la información obtenida a través de conjunto de expertos.

NOMBRE CODIFICADO DE LA CAUSA	CÓDIGO(S) RELACIONADO(S)	FRECUENCIA DE APARICIÓN (GRADO DE IMPORTANCIA)	FUENTES DE INFORMACIÓN RELACIONADAS
No respetar las recomendaciones de informe geotécnico (cambio sin consultar con el responsable de su elaboración).	E5.O3.4.C158, E4.O1.8.C159	7	1.13, 9.2, 8.5, 6.17, 1.24, 6.18, 7.28
Aplicación incorrecta de los métodos de cálculo en determinadas circunstancias geotécnicas.	E3.O1.7.C131, E3.O1.5.C131	6	1.18, 9.3, 8.1, 10.18, 6.11, 3.7
Tiempo insuficiente para correcta realización de pruebas "in situ" o en laboratorio, para el análisis de datos, o para la elaboración de informe geotécnico. Presiones asociadas con la planificación y plazos de construcción.	E1.O1.1.C76, E1.O1.4.C76, E1.O2.7.C76	5	1.5, 3.13, 7.26, 10.9, 5.7
El coste de ejecución de investigación de terreno infraestimado sin tener en cuenta el valor de riesgo geotécnico y recursos destinados para su tratamiento.	E2.O1.4.C85	4	3.12, 4.4, 6.2, 5.11
Tecnología incorrecta de extracción de muestras alteradas o inalteradas. Aplicación de la tecnología de perforación que altere las condiciones geotécnicas reales de terreno.	E2.O3.1.C39, E2.O1.6.C39	4	2.4, 7.23, 2.9, 1.8
Uso inadecuado e excesivo de los programas de cálculo geotécnico en determinadas circunstancias geotécnicas.	E3.O1.5.C138, E3.O3.2.C138, E3.O1.7.C138	4	1.21, 7.9, 10.20, 4.1
Variar la situación y el programa de prospección geotécnica por dificultades de acceso.	E1.O1.4.C52, E2.O1.2.C52, E2.O1.3.C52, E2.O1.4.C52	3	6.12, 10.10, 5.6
La organización encargada de desarrollo de alguna parte de proyecto geotécnico carece de personal cualificado para ejecutar trabajos relacionados con geotecnia (experiencia limitada, sin formación profesional o académica).	E1.O1.7.C93, E2.O1.6.C93, E3.O1.7.C93, E4.O1.7.C93, E5.O1.10.C93	3	3.3, 7.1, 1.14
Competencia insuficiente en asuntos de geotecnia por la dirección integrada de proyecto (Project Management).	E1.O1.4.C126	3	1.3, 10.1, 5.5
No cumplir las regulaciones, recomendaciones, notas técnicas y normativas referentes a la investigación del terreno.	E5.O1.10.C45, E5.O1.6.C45, E1.O1.7.C45, E1.O1.1.C45, E4.O1.1.C45	3	5.3, 7.22, 8.3
El promotor no colabora con el consultor geotécnico en la fase de programación de reconocimientos quien tiene conocimiento sobre la interacción entre terreno y estructura.	E1.O1.4.C49	3	1.7, 3.3, 10.6
Proyectista forzado por el promotor de bajar el alcance del trabajo de investigación.	E2.O1.1.C70	3	1.1, 1.20, 7.15
Recomendaciones demasiado generalistas, o poco concretas respectivamente. Intento de evitar la responsabilidad penal en el caso de un fallo técnico.	E4.O1.7.C153	3	4.2, 9.1, 10.21
Alcance y contenido de trabajos de investigación según la fase de proyecto no adecuado.	E1.O1.7C3,	2	2.1, 3.9,

Propuestas de precio más bajo elegidas ganadoras. Un enfoque minimalista a la investigación y pruebas del terreno.	E1.O1.4.C69, E1.O1.1.C69	2	1.19, 10.8,
Los ingenieros que participan en la investigación y caracterización del terreno, no son especialistas reconocidos en geotecnia.	E2.O1.4.C68, E3.O1.4.C68	2	1.4, 6.9
Supervisión de obra sin participación del consultor geotécnico.	E5.O1.4.C89	2	3.11, 7.20,
Profundidad insuficiente de los sondeos.	E1.O1.7.C12., E1.O1.6.C12.	2	2.2, 10.12
Empleo de ensayos "in situ" no adecuados a las condiciones del terreno. (p.e. el caso de "falso rechazo" de los SPTs)	E2.O1.6.C38, E2.O3.1.C38, E1.O1.7.C38	2	8.2, 10.11
Asunción inadecuada de la responsabilidad de ingenieros profesionales por la elaboración del informe geotécnico. Perfil profesional y experiencia real nula o mínima.	E1.O1.4.C62, E2.O1.4.C62, E3.O1.4.C62, E4.O1.4.C62, E5.O1.4.C62	2	3.1, 7.2
Fallo del personal responsable de investigación del terreno por experiencia insuficiente.	E2.O1.6.C121	2	3.4, 4.3
Obsolescencia de los sistemas de prospección y auscultación geotécnica.	E2.O1.7.C102, E2.O3.1.C102	2	2.8, 3.14,
Fallos de programación y teóricos en los programas de cálculo geotécnico.	E3.O3.2.C139	2	1.22, 7.10
Personal no cualificado a la hora de elegir el emplazamiento de la obra. Fase de viabilidad de proyecto sin intervención de un especialista en geotecnia.	E1.O1.2.C142	2	1.2, 7.13
Sesgos en medición causados por no seguir la metodología y procedimientos preescritos de investigación de terreno "in situ" y en laboratorio.	E2.O1.6.C143	2	1.12, 3.10
Control de calidad pertenece directamente al contratista de obras. El contratista ejerce influencias en las decisiones de control de calidad.	E5.O1.9.C145	2	1.17, 7.21
Falta de experiencia de los equipos encargados de control de proyecto geotécnico.	E5.O1.10.C146	2	1.23, 3.5
No respetar las recomendaciones de informe geotécnico al uso de materiales de mejora de terreno o rellenos.	E5.O3.4.C158	2	6.18, 7.28
No respetar las recomendaciones relativas al empleo de determinado sistema de cimentación.	E4.O1.8.C159	2	7.6, 6.6
Recomendaciones de informe geotécnico sobre el uso de maquinaria no respetadas.	E5.O3.3.C157	2	6.17, 1.24

Una situación parecida a la mencionada en el párrafo anterior ocurre también con los grados de productividad individual (ecuaciones 4-3 y 4-5) de cada uno de los expertos, y los grados de eficacia relacionados con el conjunto de las causas de “TOP20 E”, $G_{ITOP20Ei}$. Los resultados pueden verse en la figura 5-5. Se puede observar el desequilibrio de valores de los grados de eficacia entre distintos expertos que gira entre 5 y 55 %. Esta situación ha sido esperada y planificada sabiendo que el factor del número de los años de experiencia profesional iba a influir en el rendimiento de cada individual.

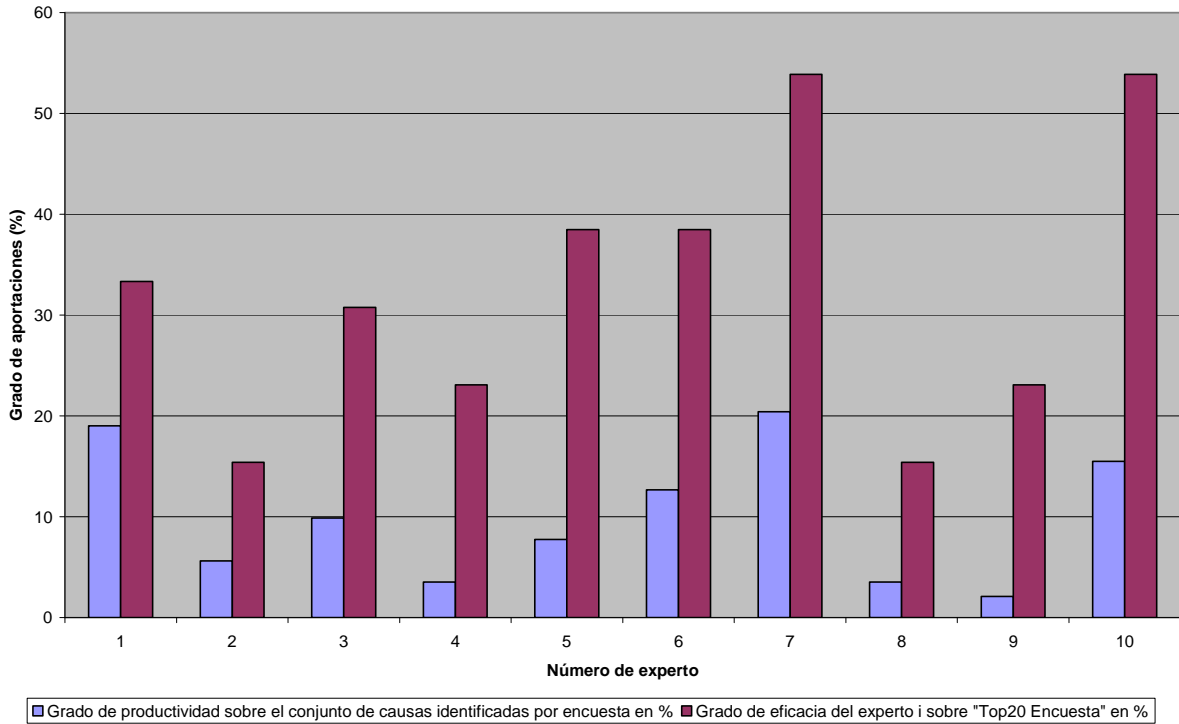


Figura 5-5: Grados de productividad de los expertos en % sobre el total de 142 causas identificadas por la encuesta G_{ei} , y grados de eficacia $G_{ITOP20Ei}$.

Tal como se comenta al comienzo de este capítulo, y se desarrolla con más detalle en el capítulo 4.4.2, una de las tareas de esta tesis doctoral ha sido comparar los rendimientos de distintas categorías repartidas según años de experiencia en el PG. Entonces, para los fines del análisis de resultados obtenidos mediante la encuesta, se ha dividido el grupo de 10 expertos en 3 subgrupos según número de años de experiencia que se suponía ser el factor más influyente en los resultados del conjunto. Los tres subgrupos han sido los siguientes:

1. El Grupo A, que constaba de 3 expertos de menos que 15 años de experiencia profesional en el PG.
2. El Grupo B, que constaba de 4 expertos de entre 15 y 30 años de experiencia profesional en el PG.
3. El Grupo C, que constaba de 3 expertos de más que 30 años de experiencia profesional en el PG.

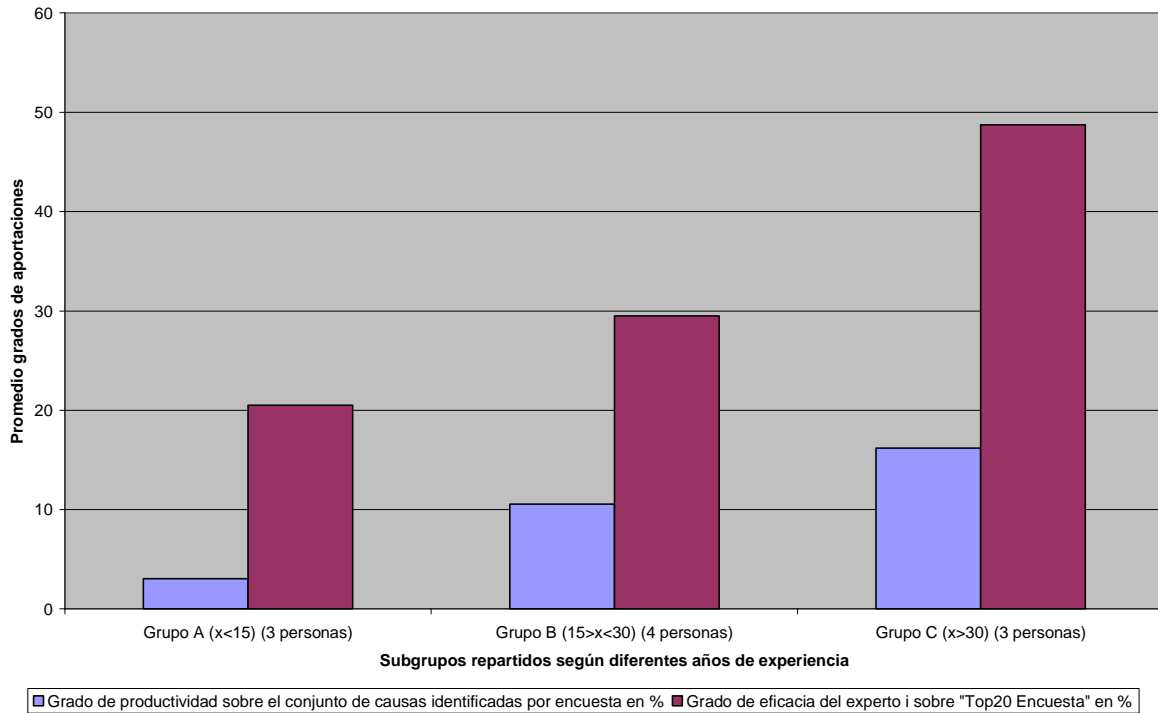


Figura 5-6: Promedios de los grados de productividad de diferentes subgrupos de expertos en % sobre el conjunto de 142 causas identificadas por la encuesta G_{PeSubk} , y promedios de los grados de eficacia de los mismos subgrupos de expertos relacionados con el “TOP20 E”, $G_{PeTOP20Esubk}$.

Haciendo la división de expertos en tres subgrupos mencionados, se han podido observar con más claridad las diferencias entre los dos tipos de grados de aportación medidos. De esta manera, en la figura 5-6, se pueden ver los promedios de los grados de productividad (aportación en el conjunto de las causas identificadas por la encuesta) G_{PeSubk} (4-6), y los promedios de los grados de eficacia (aportación relacionada con el listado de “TOP20 E”), $G_{PeTOP20Esubk}$ (4-7) según los 3 subgrupos de expertos.

El gráfico de la figura 5-6 enseña el promedio de la capacidad de un individual de cualquiera de las categorías vistas de contribuir en el resultado final del conjunto. La evolución entre las dos categorías de grados observados es casi lineal lo que confirma la hipótesis del factor de años de experiencia como determinante en la calidad del resultado final.

Otro problema que se ha tenido que analizar y que no ha podido ser deducido a través del gráfico en la figura 5-6 ha sido el tema de la cantidad de recursos humanos de determinada categoría empleada necesaria para definir con fiabilidad objetivo el “TOP20 E” cumpliendo la condición $c_{itop20Emin} > 2$ (capítulo 4.3.3.). Por esta razón se ha tenido que medir la cobertura del conjunto de las causas identificadas por distintos subgrupos de expertos dentro de las que pertenecían al “TOP20 E”, C_{TOP20E} (4-8).

En la figura 5-7 donde se presentan los resultados del análisis, se puede observar que el subgrupo A compuesto de 3 expertos, de menos de 15 años de experiencia, apenas había superado la franja del 20 % de la cobertura de las causas definidas dentro del “TOP20 E”. Los demás subgrupos de expertos, el grupo B compuesto de 4 personas y el

grupo C compuesto de 3, se han comportado de otra manera que el grupo A, presentando muy buenos resultados de C_{TOP20E} que giraban en torno al 85 %.

Para garantizar la fiabilidad de los resultados, hay que mencionar, tal como se ha comentado previamente en el capítulo 4.4.2, que cada uno de los tres subgrupos juzgados se componía de perfil profesional completo (figura 4-17), y lo mismo ocurría con áreas de responsabilidad dentro del PG característico (figura 4-18). Esta combinación supuso el tener todos los subgrupos la hipotética capacidad de cubrir con su conocimiento y experiencia todas las áreas del PG consideradas en el presente estudio (figura 4-2).

Al comparar los valores de los promedios de grados de eficacia $G_{PeTOP20Esubk}$ en distintos subgrupos (figura 5-6) con los valores C_{TOP20E} (figura 5-7), se puede observar lo siguiente:

1. El valor promedio del grado de eficacia (aportación sobre el listado de “TOP20E”) $G_{PeTOP20EsubA}$ del grupo A ha sido 21%, el valor obtenido de cobertura del mismo listado C_{TOP20E} utilizando un grupo de 3 personas llegó a ser 22%.
2. El valor promedio del grado de eficacia $G_{PeTOP20EsubB}$ del grupo B ha sido 29%, el valor obtenido de cobertura del mismo listado C_{TOP20E} utilizando un grupo de 4 personas llegó a ser 87%.
3. El valor promedio del grado de eficacia $G_{PeTOP20EsubC}$ del grupo C ha sido 48%, el valor obtenido de cobertura del mismo listado C_{TOP20E} utilizando un grupo de 3 personas llegó a ser 83%.

Mientras que los grupos B y C presentaron la capacidad de cubrir el entorno de las causas más importantes del PG estudiado, el grupo A con el empleo de 3 personas no la había logrado. Según los resultados presentados en la figura 5-7 y a base de la muestra analizada, se ha podido concluir que el uso de los recursos de menos de 15 años de experiencia para la identificación de riesgos en el PG característico no es eficaz (ni eficiente), porque no se consigue cubrir el abanico de los problemas más importantes del mismo. Sin embargo, no se descarta en absoluto el uso de estos recursos para resolver los problemas de otro carácter en el marco de las actividades de un PG.

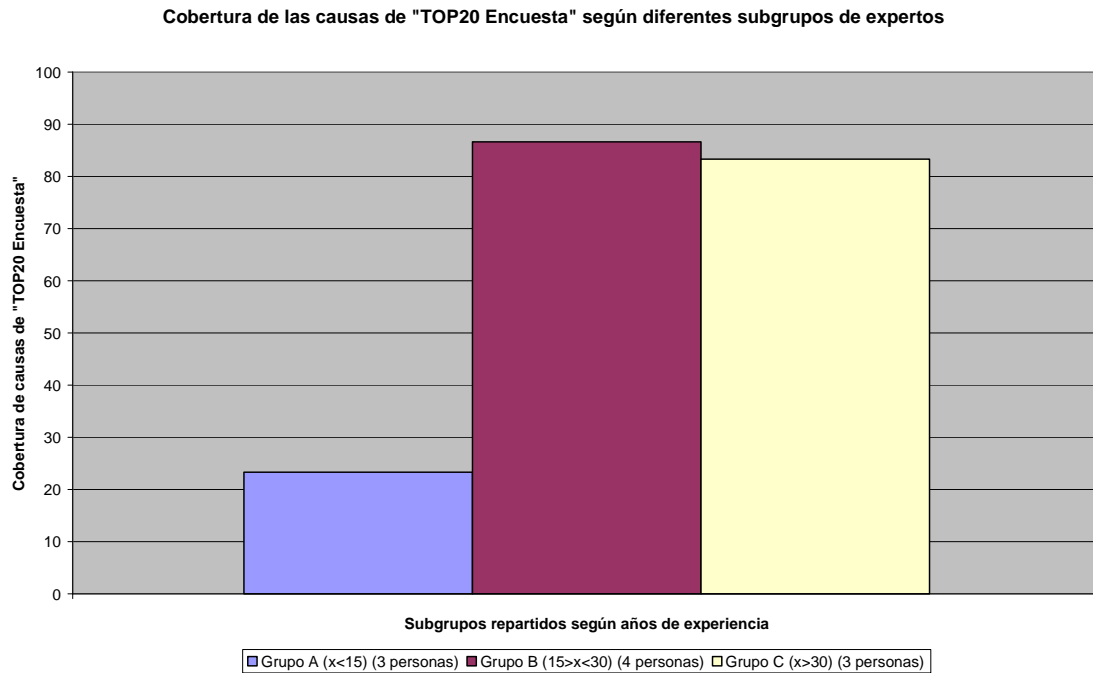


Figura 5-7: Cobertura de causas "TOP20 Encuesta" C_{TOP20E} según diferentes subgrupos expertos.

Al juntar los resultados obtenidos mediante ambas técnicas de IR utilizadas, se ha podido obtener un listado de causas más importantes del conjunto "TOP20 RD+E" (Tabla 5-3) (capítulo 4.5.1). A través de los resultados presentados en la Tabla 5-3, se pueden observar las diferencias en los cambios de orden de importancia (frecuencia de aparición) de las causas identificadas entre los demás listados presentados en las tablas 5-1 y 5-2. Más información sobre el tema de comparación de los resultados de ambas técnicas de IR se puede consultar en el capítulo consecutivo (capítulo 5.4).

La integración de los resultados obtenidos a través de las técnicas (figura 5-1) y con ello la presentación del listado de "TOP20 RD + E" de causas de descripciones codificadas ha permitido garantizar con mayor fiabilidad el resultado del estudio. Además, las causas que aparecen en el listado de "TOP20 RD+E" se han utilizado en la ecuación del grado de eficacia (aportación de un experto sobre el conjunto de TOP20 RD + E) $G_{ITOP20RD+Ei}$ (4-4) y esta ha sido una de las variables consideradas en la ecuación de la eficiencia (4-19) de los distintos subgrupos de expertos.

Tabla 5-3: "TOP20 RD + E" Listado de causas codificadas, que componen el 20 % del total de las causas (35 de 152), identificadas mediante ambas técnicas utilizadas: la Revisión de Documentación (RD) y la técnica de encuesta y mencionadas con mayor frecuencia de repetición considerando la información obtenida mediante ambas.

NOMBRE DE CAUSA	CÓDIGO(S) RELACIONADO(S)	FRECUENCIA DE APARICIÓN (GRADO DE IMPORTANCIA)	FUENTES DE INFORMACIÓN RELACIONADAS
Tiempo insuficiente para correcta realización de pruebas "in situ" o en laboratorio, para el análisis de datos, o para la elaboración de informe geotécnico. Presiones asociadas con la planificación y plazos de construcción.	E1.O1.1.C76, E1.O1.4.C76, E1.O2.7.C76	8	D: 2.6, 4.5, 7.14 / E: 1.5, 3.13, 7.26, 10.9, 5.7
No respetar las recomendaciones de informe geotécnico (cambio sin consultar con el responsable de su elaboración).	E5.O3.4.C158, E4.O1.8.C159	8	D: 1.3 / E: 1.13, 9.2, 8.5, 6.17, 1.24, 6.18, 7.28
Alcance y contenido de los trabajos de investigación según la fase de proyecto no adecuado.	E1.O1.7C3,	7	D: 8.1, 3.1, 10.3, 7.1, 8.6 / E: 2.1, 3.9
Propuestas de precio más bajo elegidas ganadoras. Un enfoque minimalista a la investigación y pruebas del terreno.	E1.O1.4.C69, E1.O1.1.C69	7	D: 9.7, 2.5, 8.52, 10.10, 3.22 / E: 1.19, 10.8
Aplicación incorrecta de los métodos de cálculo en determinadas circunstancias geotécnicas.	E3.O1.7.C131, E3.O1.5.C131	7	D: 11.4 / E: 1.18, 9.3, 8.1, 10.18, 6.11, 3.7
No considerar cambios estacionales de nivel freático.	E1.O1.7.C29, E3.O1.7.C29	6	D: 8.17, 1.2, 7.4, 3.3, 12.5 / E: 7.29
Los ingenieros que participan en la investigación y caracterización del terreno, no son especialistas reconocidos en geotecnia.	E2.O1.4.C68, E3.O1.4.C68	6	D: 9.6, 7.8, 10.12, 7.16 / E: 1.4, 6.9
El coste de ejecución de la investigación de terreno infraestimado sin tener en cuenta el valor de riesgo geotécnico y recursos destinados para su tratamiento.	E2.O1.4.C85	6	D: 8.43, 2.7 / E: 3.12, 4.4, 6.2, 5.11
Supervisión de obra sin participación del consultor geotécnico.	E5.O1.4.C89	6	D: 8.45, 3.18, 1.6, 7.18 / E: 3.11, 7.20
Tecnología incorrecta de extracción de muestras alteradas o inalteradas. Aplicación de la tecnología de perforación que altere las condiciones geotécnicas reales de terreno.	E2.O3.1.C39, E2.O1.6.C39	5	D: 8.24 / E: 2.4, 7.23, 2.9, 1.8
Variar la situación y el programa de prospección geotécnica por dificultades de acceso.	E1.O1.4.C52, E2.O1.2.C52, E2.O1.3.C52, E2.O1.4.C52	5	D: 4.2, 7.7 / E: 6.12, 10.10, 5.6

La organización encargada de desarrollo de alguna parte de proyecto geotécnico carece de personal cualificado para ejecutar trabajos relacionados con geotecnia (experiencia limitada, sin formación profesional o académica).	E1.O1.7.C93, E2.O1.6.C93, E3.O1.7.C93, E4.O1.7.C93, E5.O1.10.C93	5	D: 4.8, 5.4 / E: 3.3, 7.1, 1.14
Competencia insuficiente en asuntos de geotecnia por la dirección integrada de proyecto (Project Management).	E1.O1.4.C126	5	D: 9.11, 4.13 / E: 1.3, 10.1, 5.5
No usar la información geotécnica existente en la fase programación de investigación de terreno. Falta de preparación en la fase de diseño conceptual del proyecto.	E3.O1.7.C137	5	D: 12.8, 6.4, 3.2, 1.1 / E: 5.10
Uso inadecuado e excesivo de los programas de cálculo geotécnico en determinadas circunstancias geotécnicas.	E3.O1.5.C138, E3.O3.2.C138, E3.O1.7.C138	5	D: 12.11 / E: 1.21, 7.9, 10.20, 4.1
Emplazamiento incorrecto de los sondeos y del resto de ensayos, que no reflejan la evolución geológica del sitio.	E1.O1.7.C9	4	D: 8.5, 8.7, 8.8 / E: 10.7
Profundidad insuficiente de los sondeos.	E1.O1.7.C12., E1.O1.6.C12.	4	D: 8.9, 10.2 / E: 2.2, 10.12
Parámetros mecánicos del terreno para el diseño inadecuadamente determinados.	E3.O1.7.C23	4	D: 8.11, 2.9, 10.7, / E: 2.6
Empleo de ensayos "in situ" no adecuados a las condiciones del terreno. (p.e. el caso de "falso rechazo" de los SPTs)	E2.O1.6.C38, E2.O3.1.C38, E1.O1.7.C38	4	D: 6.7, 9.1 / E: 8.2, 10.11
No cumplir las regulaciones, recomendaciones, notas técnicas y normativas referentes a la investigación del terreno.	E5.O1.10.C45, E5.O1.6.C45, E1.O1.7.C45, E1.O1.1.C45, E4.O1.1.C45	4	D: 3.8 / E: 5.3, 7.22, 8.3
El promotor no colabora con el consultor geotécnico en la fase de programación de reconocimientos quien tiene conocimiento sobre la interacción entre terreno y estructura.	E1.O1.4.C49	4	D: 8.27 / E: 1.7, 3.3, 10.6
En el contrato de ejecución de los trabajos no se definen claramente las responsabilidades y deberes de los agentes intervinientes del proyecto para saber resolver problemas inesperados provenientes de la interacción entre el edificio y terreno y la manera de su financiación.	E1.O2.6.C58, E2.O2.6.C58, E3.O2.6.C58, E4.O2.6.C58, E5.O2.6.C58	4	D: 8.31, 3.11, 7.17, 9.3
Asunción inadecuada de la responsabilidad de ingenieros profesionales por la elaboración del informe geotécnico. Perfil profesional y experiencia real nula o mínima.	E1.O1.4.C62, E2.O1.4.C62, E3.O1.4.C62, E4.O1.4.C62, E5.O1.4.C62	4	D: 9.2, 3.13 / E: 3.1, 7.2
Proyectista forzado por el promotor de bajar el alcance del trabajo de investigación.	E2.O1.1.C70	4	D: 8.34 / E: 1.1, 1.20, 7.15
Fallo del personal responsable de la investigación del terreno por experiencia insuficiente.	E2.O1.6.C121	4	D: 6.21, 1.10 / E: 3.4, 4.3
El proveedor de perforación no informa y no registra las observaciones que pueden ser importantes desde el punto de vista geotécnico.	E2.O1.4.C16., E2.O1.6.C16.	3	D: 6.15, 12.3 / E: 10.4
Confusiones de la terminología en la redacción del informe geotécnico (expresiones tipo jerga, ambigüedades, etc.)	E1.O1.7.C19., E2.O1.7.C19., E3.O1.7.C19., E4.O1.7.C19., E5.O1.7.C19.	3	D: 2.2, 5.2 / E: 6.5
El perfil geológico-geotécnico no corresponde con la realidad.	E3.O1.7.C26,	3	D: 8.14, 11.1 / E: 6.4

Ingeniero responsable de geotecnia no visita el sitio periódicamente durante las operaciones de perforación de sondeos.	E5.O1.10.C47, E2.O1.10.C47	3	D: 6.8, 9.4, 12.4
Aceptar un alcance de trabajo limitado. Alcance que no considere alguna parte relevante para ejecutar trabajos de investigación "in situ" o en laboratorio idóneos.	E1.O1.7.C73	3	D: 1.5, 8.35, 7.10
Obsolescencia de los sistemas de prospección y auscultación geotécnica.	E2.O1.7.C102, E2.O3.1.C102	3	D: 6.16 / E: 2.8, 3.14
Aceptar contratos no adecuados que asignan los riesgos a los participantes antes de tener un buen conocimiento de las condiciones de subsuelo.	E1.O1.7.C109, E2.O1.6.C109, E3.O1.7.C109, E4.O1.7.C109, E5.O1.10.C109	3	D: 1.8, 11.3, 8.54
Fallo del personal responsable de análisis y cálculo geotécnico por experiencia insuficiente.	E3.O1.7.C117	3	D: 8.56, 1.9 / E: 1.6
Fallos de programación y teóricos en los programas de cálculo geotécnico.	E3.O3.2.C139	3	D: 12.12/ E: 1.22, 7.10
Recomendaciones demasiado generalistas, o poco concretas respectivamente. Intento de evitar la responsabilidad penal en el caso de un fallo técnico.	E4.O1.7.C153	3	E: 4.2, 9.1, 10.21

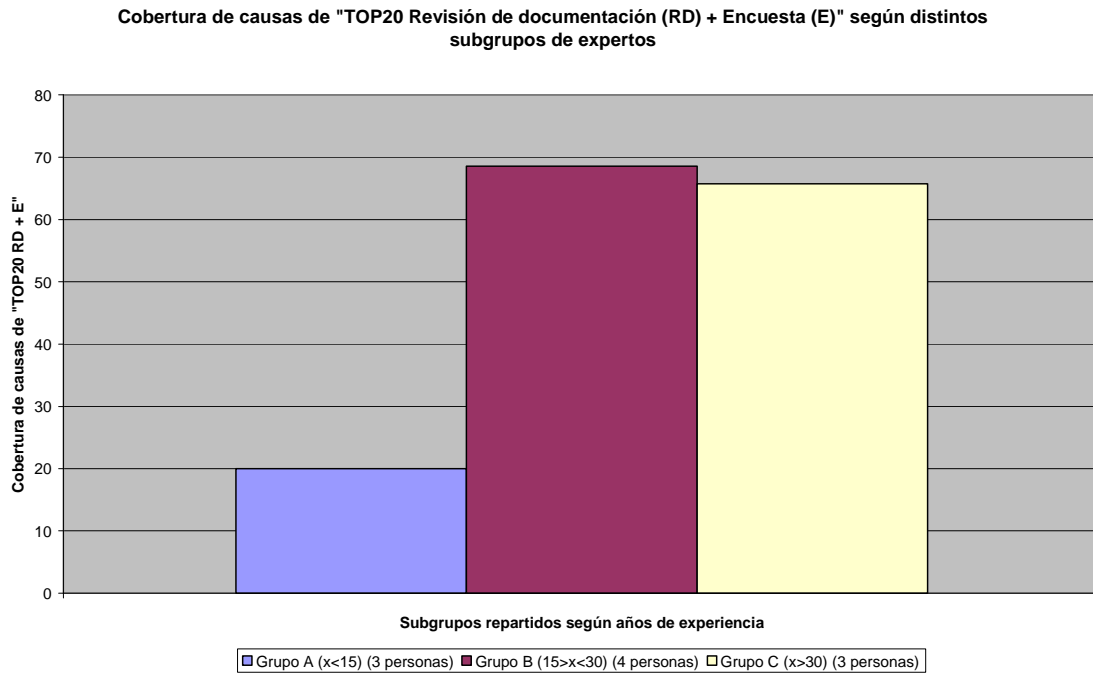


Figura 5-8: Cobertura de causas "TOP20 Revisión de documentación + Encuesta" $C_{TOP20RD+E}$ según diferentes subgrupos expertos.

Una vez obtenido el "TOP20 RD + E", se ha vuelto mirar la cobertura de las causas identificadas por distintos subgrupos dentro del mismo $C_{TOP20RD+E}$ (4-9). En la figura 5-8 se puede observar la misma tendencia que aparece también en la figura 5-7; el subgrupo A, compuesto de expertos de menos que 15 años de experiencia, no supera la franja de 20 % de la cobertura de las causas de "TOP20 RD + E", lo que confirma las conclusiones del previo análisis sobre la ineficacia del grupo A.

Los valores de cobertura $C_{TOP20RD+E}$ (figura 5-8), han bajado ligeramente en todos los subgrupos frente a los que han sido presentados en la figura 5-7. El no cambiarse esta tendencia, junto con la bajada general de valores, indica que no existían cambios sustanciales entre los resultados obtenidos mediante la RD (contenido del "TOP20 RD") y los resultados de la encuesta (contenido del "TOP20 E"). Más información sobre el tema de la comparación de los resultados de ambas técnicas de IR empleadas se puede consultar en el capítulo consecutivo (capítulo 5.4).

Para poder establecer y observar la distribución de la productividad (4-16, 4-17, 4-18) de los expertos encuestados, ha sido necesario obtener los valores de los tiempos de ejecución (4-10, 4-11), los grados de satisfacción (4-13, 4-14, 4-15), y el número de causas identificadas por cada uno ellos. Por lo tanto, lo primero se han medido diferentes tiempos de ejecución de la encuesta. Los tiempos de ejecución han sido divididos en 2 tipos; medidos y recomendados por los encuestados. El promedio del tiempo total de ejecución medido y recomendado, se ha desglosado en el tiempo necesario para la familiarización con los objetivos y el contenido de la encuesta, y el tiempo necesario para la elaboración del Registro de Riesgos (RR). Esta información ha sido incluida en forma de preguntas dentro del cuestionario (apéndice D.1).

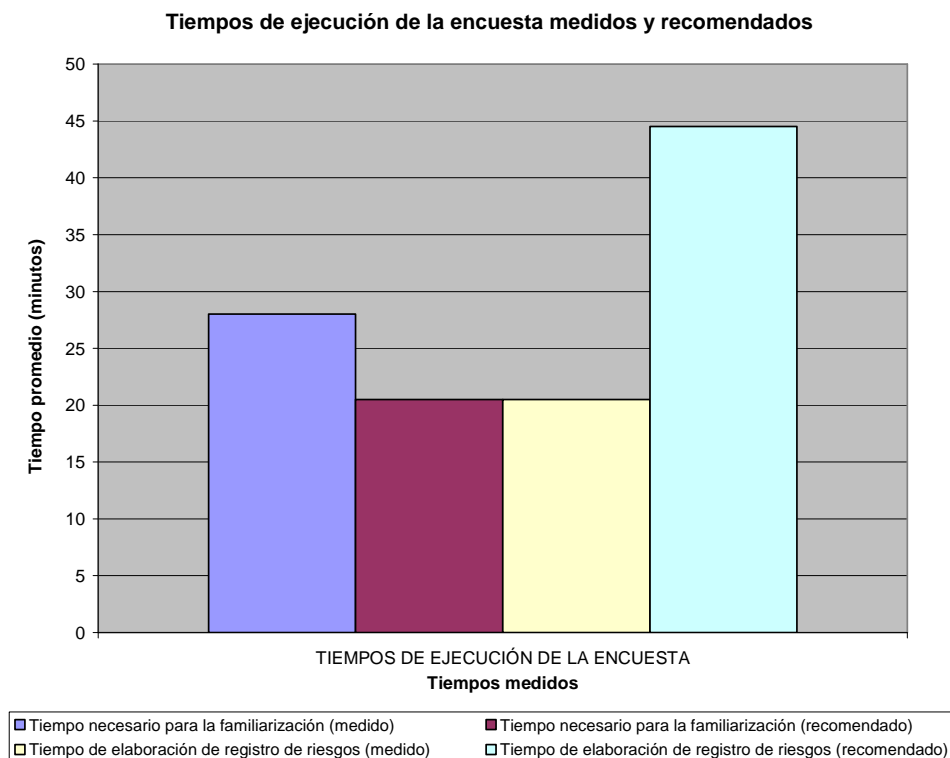


Figura 5-9: Promedios de tiempos de ejecución de la encuesta observados y recomendados como óptimos por los encuestados (expertos participantes).

En la figura 5-9 se pueden ver los promedios de tiempos medidos y recomendados por el conjunto de expertos, tanto de la familiarización con la encuesta como de la elaboración del RR. La diferencia sustancial entre lo medido y lo recomendado por el encuestado queda en el tiempo de elaboración de RR. Allí se han medido en promedio 20 minutos, y fueron recomendados 45, por el mismo grupo de participantes. Según los presentes resultados, el diseño del futuro cuestionario puede quedarse con la misma estructura (documento de cuestionario y anexo al cuestionario) pero hay que acotar más en el alcance del proyecto objeto del estudio (capítulo 4.2).

Resultados muy interesantes se han obtenido viendo la distribución de los promedios de los cuatro tiempos considerados en los tres subgrupos de expertos (figura 5-10) (4-10 y 4-11). Aquí se puede observar una tendencia exponencial en el incremento de todos los tiempos con el incremento de los años de experiencia en el PG característico. El diseño de cuestionario para la encuesta podría ser diferente según la estructura de los recursos humanos disponibles.

Otra variable que influye en el cálculo de la productividad (4-16) es el grado de satisfacción del encuestado. Aquí, se suponía que el factor de satisfacción con la estructura y el contenido de la encuesta influirían en la productividad del encuestado, y por lo tanto, el grado de satisfacción global se ha determinado en base a los cinco elementos considerados (figura 5-11). Los elementos considerados han sido el grado de satisfacción con la estructura del cuestionario, la descripción de los objetivos del estudio, la estructura del diagrama de flujo del PG característico, la Estructura de Desglose de Riesgo (EDR), y finalmente, grado de satisfacción con la estructura del Registro de Riesgos, todos siendo aportaciones al nuevo marco metodológico de IR.

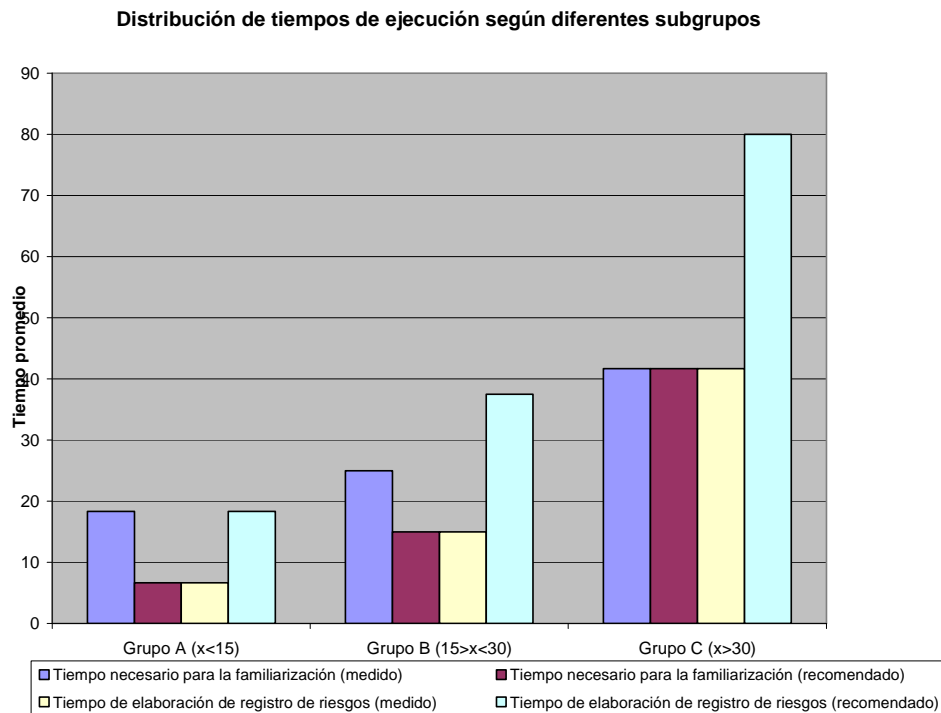


Figura 5-10: Promedios de tiempos de ejecución de la encuesta observados y recomendados como óptimos por los encuestados (expertos participantes) según distintos subgrupos.

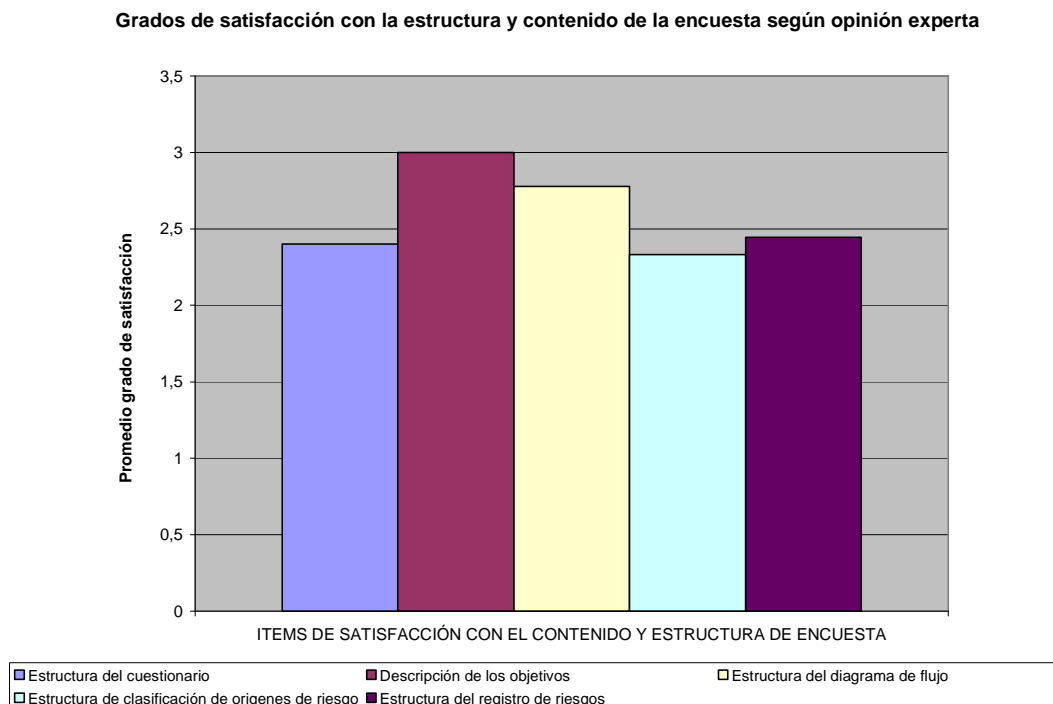


Figura 5-11: Promedios de los grados de satisfacción con la estructura y contenido de la encuesta según opinión de los encuestados (expertos participantes).

La escala para definir los grados de satisfacción de cada uno de los elementos considerados fue semi-cuantitativa, es decir, contenía las descripciones cualitativas de los cuatro grados de satisfacción entre “no apto” (0 puntos) y “muy apto” (4 puntos). Los promedios de cada uno de los elementos mencionados obtenidos a través de las respuestas a los encuestados se presentan en la figura 5-11.

En general, se puede observar que se han obtenido altos grados de satisfacción en todos los elementos considerados. Según el gráfico el más alto grado de satisfacción alcanzó la “descripción de objetivos” (moda: 3 puntos – apta), mientras que la más baja puntuación obtuvo la EDR (moda: 2 puntos – apta con modificaciones).

Al observar la distribución de los promedios de grados de satisfacción según diferentes subgrupos de expertos (figura 5-12), se puede ver el ligero descenso al aumentarse los años de experiencia profesional en los tres elementos; la estructura del cuestionario, la estructura del diagrama de flujo y la estructura de RR.

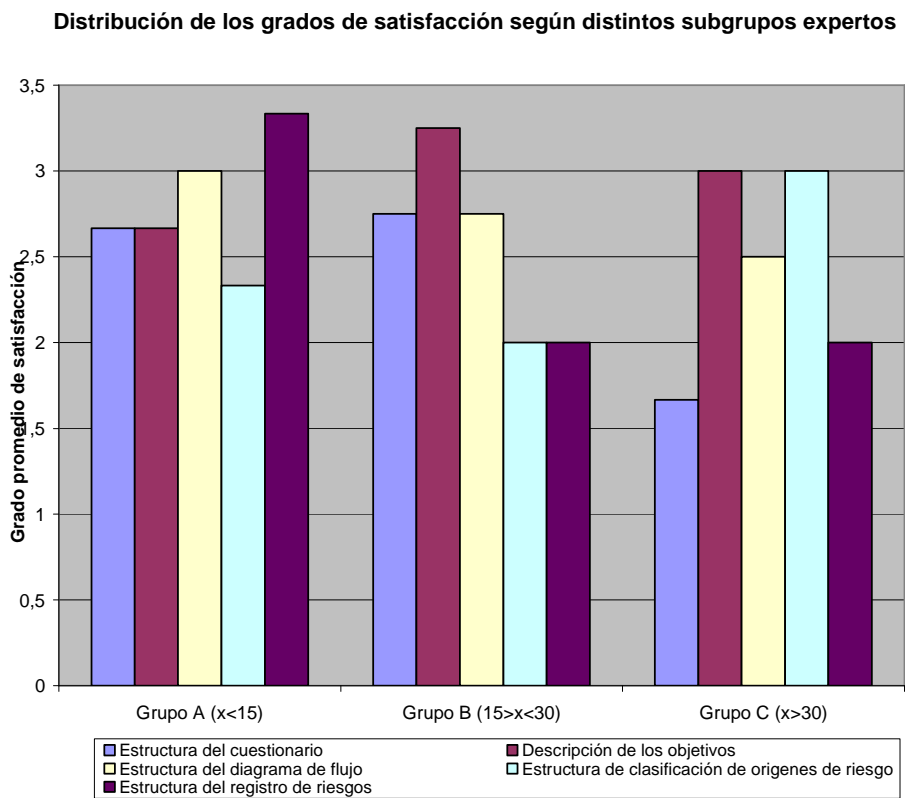


Figura 5-12: Distribución de promedios de los grados de satisfacción según distintos subgrupos de expertos.

El grado de satisfacción con la descripción de los objetivos del estudio se mantiene en el mismo nivel mientras que la evolución del grado de satisfacción con la EDR tiene una tendencia opuesta a los tres elementos mencionados previamente; tiende a crecer con el aumento de los años de experiencia.

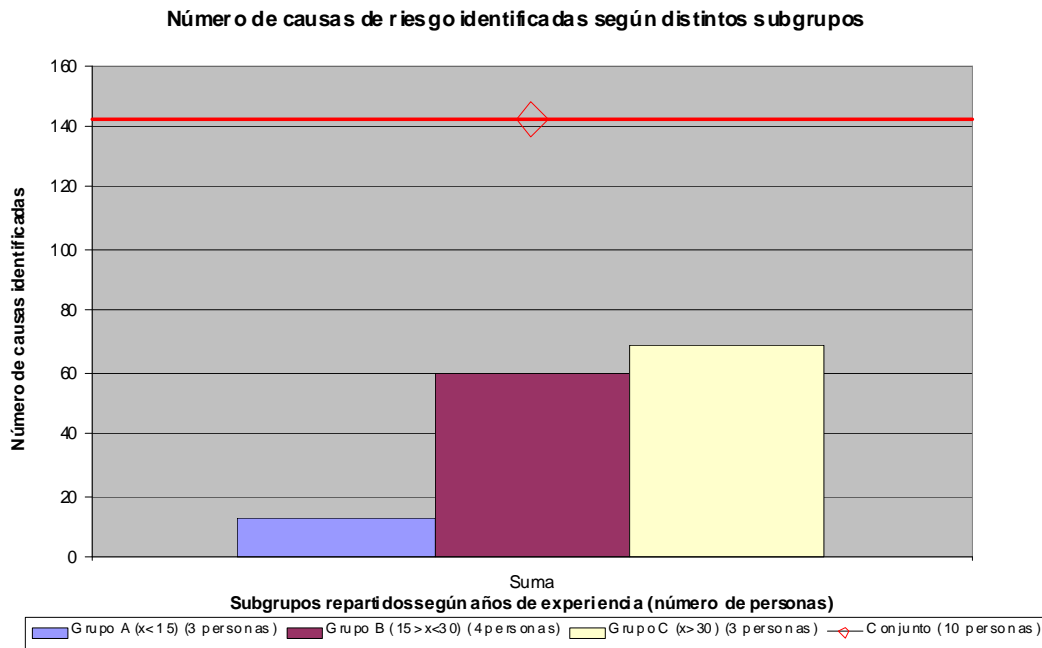


Figura 5-13: Número de causas de riesgo identificadas mediante la encuesta según distintos subgrupos expertos.

La última parte que faltaba para ser introducida a la ecuación de productividad (4-16) ha sido el número de las causas identificadas por cada uno de los expertos encuestados. En la figura 5-13 se puede ver la distribución del número total de causas identificadas según distintos subgrupos de expertos durante la realización de la encuesta (10 personas). La distribución del número de causas identificadas según diferentes subgrupos sería casi lineal, si quitásemos del grupo B a una persona.

El promedio de las causas identificadas según distintos subgrupos quedan expuestos en la figura 5-14, sin considerar la disposición del tiempo y las recomendaciones propias de los expertos a los tiempos de ejecución del cuestionario (figura 5-9). Se puede observar un aumento lineal del promedio de causas identificadas según los distintos subgrupos.

Hay que mencionar, que hubo pocas diferencias entre el número total de causas identificadas por cada experto del mismo subgrupo (figura 5-4) y se supone que los promedios señalados en la figura 5-14 podrían seguir sin cambios sustanciales si se aumentara la muestra experta en cada subgrupo.

Es interesante la comparación del gráfico en la figura 5-14 con el gráfico de los promedios de los tiempos de ejecución de cada subgrupo (figura 5-10) donde se ve el aumento progresivo de los tiempos al aumentarse los años de experiencia. De esta manera se puede hacer la primera aproximación al valor de la productividad según distintos subgrupos de expertos.

Promedio del número de causas identificadas por un experto según distintos subgrupos

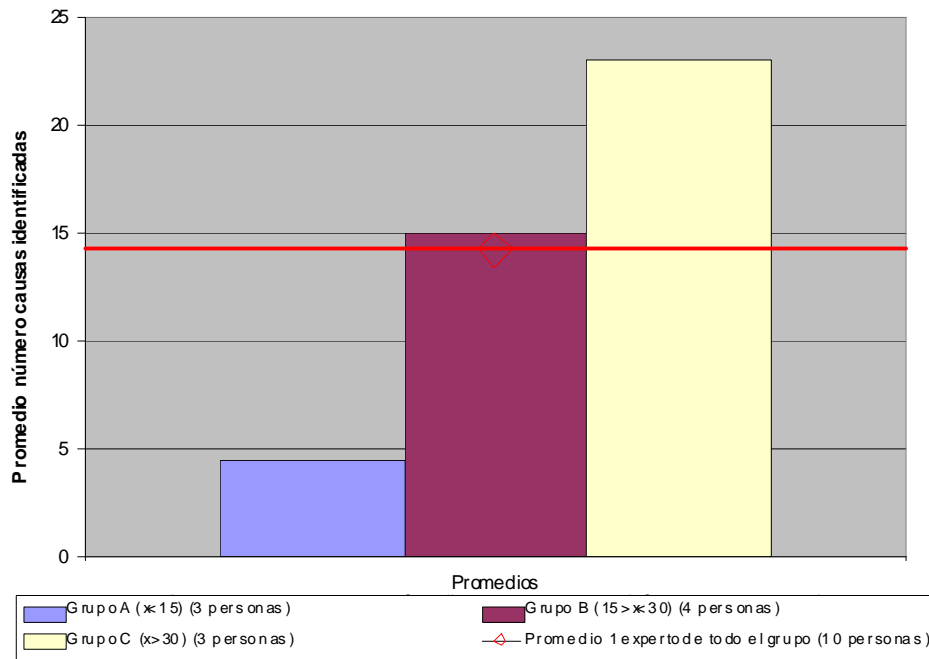


Figura 5-14: Número promedio de las causas de riesgo identificadas mediante la encuesta según distintos subgrupos expertos y el promedio del grupo entero.

Promedio productividad según diferentes subgrupos

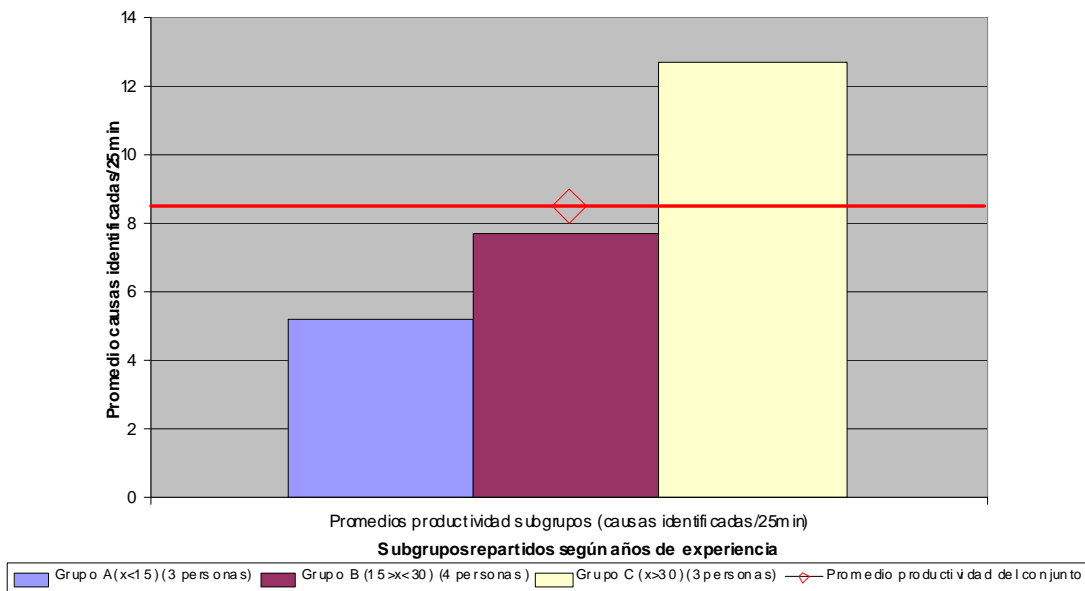


Figura 5-15: Promedio de productividad (promedio causas identificadas en tiempo mínimo $t_{\min} = 25$ min) según diferentes subgrupos expertos P_{Subk} y promedio del conjunto P_{Pr} .

Una vez analizados los tiempos de ejecución, los grados de satisfacción, y los números de causas identificadas según distintos subgrupos de expertos se ha podido proceder al

cálculo y análisis de los valores de la productividad (4-16, 4-17, 4-18). Los resultados finales se presentan en la figura 5-15.

Se ha utilizado la ecuación 4-16 para el cálculo de la productividad individual de cada uno de los expertos P_{li} . Después se ha podido proceder al cálculo del promedio de productividad de cada subgrupo de expertos P_{Psubk} (4-17) para finalmente establecer el valor promedio de productividad del conjunto de todos los expertos P_{Pt} (4-18).

Para poder comparar los resultados de la productividad, se ha considerado el tiempo total mínimo de ejecución t_{emin} de cuestionario registrado que eran 25 minutos, como tiempo de referencia. En otras palabras, los resultados de la productividad de distintos subgrupos presentados P_{Psubk} (4-17) en la figura 5-15, consideran el número de causas identificadas en tiempo límite de 25 minutos, teniendo en cuenta el promedio del grado de satisfacción global de cada experto S_{Pli} (4-12). Se puede observar el aumento progresivo de la productividad según distintos subgrupos de expertos a pesar de una ligera bajada general de los grados de satisfacción con la encuesta (figura 5-12) al aumentarse los años de experiencia.

Según los resultados presentados, se necesitaría duplicar el número de recursos humanos compuesto de expertos tipo grupo A para equilibrar el rendimiento con el grupo C. Este resultado es interesante desde el punto de vista práctico, cuando la dirección de proyectos, mediante la figura del gestor de riesgos, tiene que optimizar los costes de los recursos humanos empleados.

Sin embargo, la productividad no debería ser el único un factor a la hora de dar las recomendaciones al uso de las técnicas de IR, tales como la encuesta. Hay otro factor que influye sustancialmente en la selección de las técnicas empleadas para la IR; la eficiencia de los recursos humanos empleados. La eficiencia está definida como una función de la productividad y del grado de aportación relacionado con la identificación de las causas más importantes (4-19).

Para la ecuación de la eficiencia individual del experto encuestado, se ha escogido como grado de aportación relevante el grado de eficacia individual de experto sobre las causas pertenecientes al listado de “TOP20 RD+E” (4-4), es decir, el 20 % de las causas más frecuentemente mencionadas en los resultados del conjunto de técnicas utilizadas; la Revisión de Documentación (RD) y la encuesta. En otras palabras, se ha medido cuantas veces un experto había mencionado las causas del listado de “TOP20 RD+E” en tiempo límite de 25 minutos del conjunto de todas las causas identificadas por él durante la encuesta.

Los resultados de los promedios de eficiencia según diferentes subgrupos de expertos (4-20) y el resultado del promedio de conjunto de expertos (4-21) se pueden ver en la figura 5-16. Se puede observar muy baja eficiencia del subgrupo A, 3 veces más baja que el promedio del conjunto de más que 30 años de experiencia, prácticamente máximo y mínimo posible en el sector de geotecnia (mínimo 6, máximo 46 años según la composición de la muestra).

El grupo de expertos de menos de 15 años de experiencia profesional ha tenido la productividad más baja (figura 5-15), lo mismo ocurrió con las mediciones del grado de eficacia de las causas mencionadas dentro del “TOP20 RD + E”. El fenómeno de la

ineficacia del grupo A se ha podido observar también a través del análisis de las coberturas (4-9) del listado de “TOP20 RD + E” presentado en la figura 5-8.

La evolución de la distribución de eficiencia según diferentes subgrupos no se cambia en el caso de considerar el grado de eficacia restante; el $G_{PeTOP20Esubk}$ (4-7). Esta observación se confirma a través de los resultados presentados en la figura 5-6 donde cara al listado de “TOP20 RD + E”, y a pesar de los ligeros cambios en la distribución, no se ha cambiado el orden de los subgrupos según niveles de los grados de eficacia en el listado de “TOP20 E”.

Si se empleasen los valores de los grados de eficacia $G_{ITOP20Ei}$ llegaríamos a obtener valores de eficiencia más altos, según se puede observar en la figura 5-17, donde salvo un caso, estos son más altos que los valores de los grados de eficacia escogidos del listado de “TOP20 RD + E”, $G_{ITOP20RD+Ei}$.

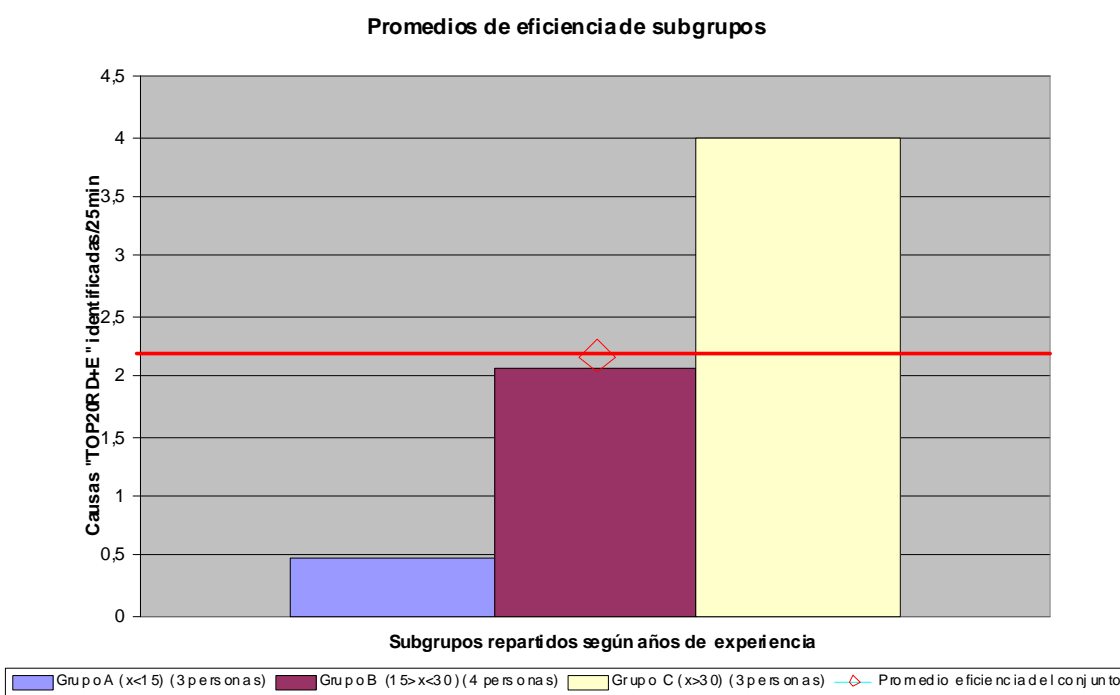


Figura 5-16: Promedio de eficiencia (promedio causas identificadas en 25 min.) según diferentes subgrupos expertos y promedio del conjunto.

Según los resultados obtenidos se supone que aunque se aumentase considerablemente el número de expertos del subgrupo A, difícilmente se llegaría a obtener la eficiencia promedia del conjunto. La razón que indica esta conclusión es la composición de la muestra de expertos del subgrupo A en cuanto al perfil profesional en el Proyecto Geotécnico (PG) (figuras 4-11 y 4-12). Ninguno de los expertos del mismo subgrupo ha tenido un perfil profesional completo, aunque desde el punto de vista de un conjunto (3 personas), el grupo cubriría todas las áreas profesionales del PG característico. El grupo A carecía de un punto de vista global sobre los riesgos del PG característico, y esto ha contribuido en el resultado del mismo.

Los muy bajos valores de la cobertura de causas del listado “TOP20 RD + E” presentados en la figura 5-8 del subgrupo A justifican que aunque exista determinado valor de eficacia a nivel individual, a nivel del conjunto (subgrupo A) no se ha

conseguido cubrir lo que es el conjunto de las causas definidas como más importantes del PG característico. Por lo tanto, las soluciones prácticas a la hora de utilizar los recursos humanos de menos que 15 años de experiencia (subgrupo A) en el caso de la encuesta de IR podrían ser las siguientes:

1. Concebir el cuestionario para este grupo de expertos limitando el alcance de identificación de riesgos mediante la modificación de la Estructura de Desglose de Riesgos (EDR) y del diagrama de flujo, reduciendo el alcance de ambas herramientas a las áreas específicas según el perfil profesional y tipología de responsabilidades dentro del PG.
2. No utilizar estos recursos en la fase del diseño conceptual del PG que fue el caso de la situación modelo en este estudio (capítulo 4.1) donde se supone que se necesita más una visión global sobre el PG.
3. Iniciar el uso de estos recursos en la fase del diseño básico o detallado del PG, en el caso de existir condiciones para realizar encuesta en estas fases del mismo.

Se ha concluido que el subgrupo B y el grupo C pueden ser completamente útiles para dar una visión global a los riesgos del PG cuando se decide ejecutar la encuesta de IR en la fase del diseño conceptual. Tanto el grupo B como el grupo C consiguieron alcanzar muy altos valores de cobertura, identificando la mayoría de las causas de riesgo del listado de TOP20RD+E. La diferencia entre los subgrupos B y C son los valores de productividad (figura 5-15) y eficiencia (figura 5-6). El grupo B alcanzó alrededor del 70 % del valor de productividad y el 50 % del valor de eficiencia del grupo C.

5.4. Comparación de los resultados de la identificación de riesgos obtenidos mediante la revisión de documentación y la encuesta.

A la hora de comparar los resultados obtenidos a través de la técnica de Revisión de Documentación (RD) con los resultados de la encuesta, se han podido establecer algunas recomendaciones sobre la aplicación del conjunto de ambas en el proceso de IR, propuesto en el capítulo 3.3.3 (figura 3-4).

Como se ha comentado previamente en los capítulos anteriores de 5.2 y 5.3, a través de 12 documentos seleccionados, a través la técnica de RD se han identificado el total de 202 causas (de descripción no codificada), mientras que a través del empleo de la técnica de encuesta a 10 expertos fueron identificadas un conjunto de 142 causas de riesgo (de descripción no codificada). A través de las dos técnicas de IR se han identificado en total 344 causas de riesgo, algunas de ellas teniendo el mismo significado. De todo este conjunto, se han registrado 170 causas originales de descripción codificada (apéndice E.3).

De las 202 causas de riesgo identificadas por la RD, al pasar por el proceso de codificación de sus descripciones (capítulo 4.3.4), estas formaban 141 causas originales de descripción codificada del listado completo de 170 causas de descripción codificada (apéndice E.3) obtenidas mediante ambas técnicas de IR empleadas. En el caso de la encuesta, el total de 142 causas han sido identificadas y al pasar por el proceso de

codificación de sus descripciones (capítulo 4.3.4), estas forman 70 causas originales de descripción codificada.

Las diferencias mencionadas en el previo apartado, se deben al más alto nivel de dispersión (originalidad) de contenidos de información sobre las causas de riesgo en la documentación revisada. Este efecto fue esperado sabiendo de las exigencias que se dan a los autores en cuanto a la originalidad de sus publicaciones en revistas y congresos de impacto.

Para conseguir bajar el grado de originalidad de información se tendría que acceder a las bases de datos sobre siniestralidad de los casos particulares que podrían ser útiles para determinado estudio de IR. Una de las ventajas del uso de artículos científicos para los procesos de IR a través de la RD es la alta garantía de la cobertura del entorno global del estudio de IR realizado.

Un efecto contrario al de la dispersión de los resultados se ha podido observar en los resultados de la encuesta. Como se ha mencionado anteriormente, el conjunto de 142 causas identificadas por los expertos se repartió en 70 causas dentro del listado completo de 170 de descripción codificada en el RR final. La poca dispersión se debe a la clara definición de los objetivos de la encuesta, confirmada mediante el grado de satisfacción (figura 5-11), donde a los expertos se les exigía identificar las causas más importantes de los eventos de riesgo determinados (inicio del capítulo 4.1).

La mayor ventaja de la encuesta es entonces reafirmar la apariencia de las causas obtenidas mediante la técnica de RD en el caso de utilizar los artículos científicos de revistas y congresos de impacto como fuentes de entrada. A través de los resultados se ha confirmado la hipótesis de utilizar la técnica de la RD como primera y cuasi-obligatoria.

En la figura 5-17 se pueden observar las diferencias entre el grado de eficacia (aportación individual del experto *i* sobre el “TOP20 RD + E”) (4-4) y el grado de eficacia (aportación individual del experto *i* sobre el “TOP20 E”) (4-5). Los grados de eficacia relacionados con el conjunto “TOP20 E” que aparecen en la figura 5-17 generalmente son mucho más altos (salvo un caso) que los del conjunto “TOP20 RD + E”.

En el caso de la documentación revisada, sin embargo, no ocurre lo mismo como puede verse en la figura 5-18. Los grados de eficacia (aportación de la documentación sobre el “TOP20 RD + E”) (4-25) y los del “TOP20 RD” (4-2) son más equilibrados, con valores de aportación sobre “TOP20 RD” ligeramente más altos que la mayoría de los de “TOP20 RD + E”.

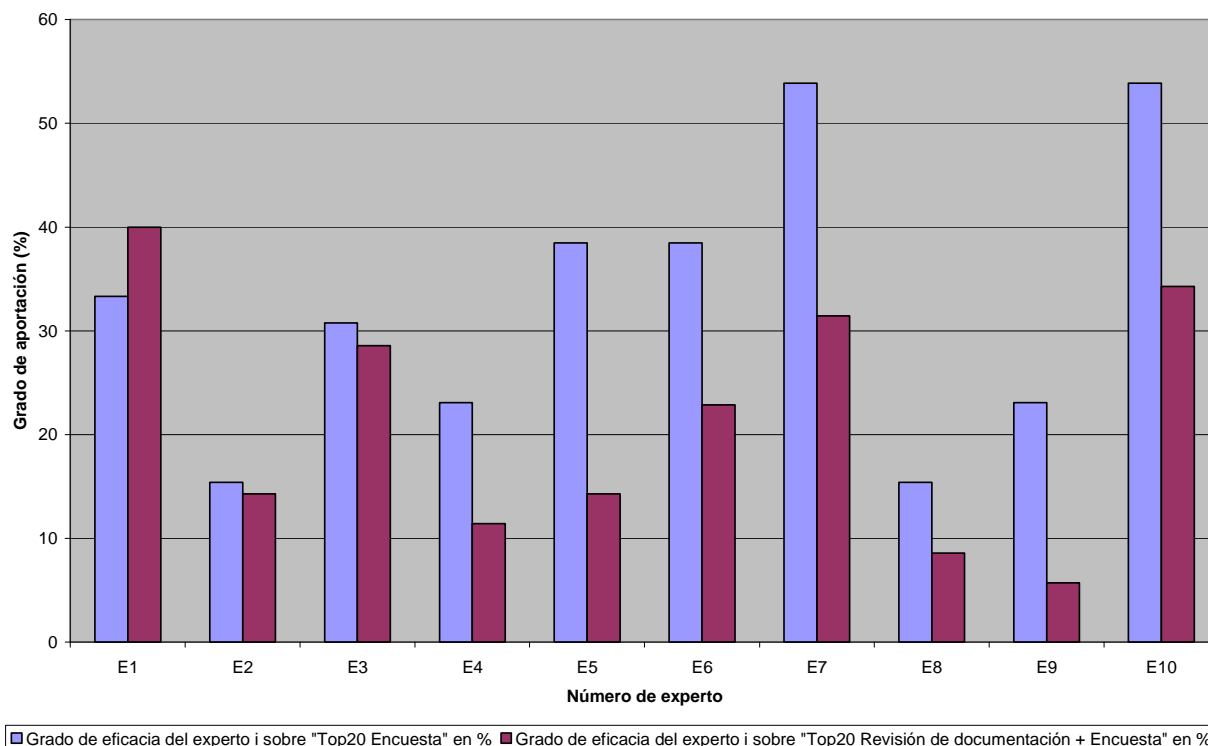


Figura 5-17: Diferencias entre dos grados de eficacia individuales relacionados con los dos listados de “TOP20”: “TOP20 Revisión de documentación + Encuesta” $G_{ITOP20RD+Ei}$ y “TOP20 Encuesta” $G_{ITOP20Ei}$.

Al comparar los resultados de las dos figuras 5-17 y 5-18, se pueden observar grados de eficacia, tanto en el listado de “TOP20 RD + E” como en los de “TOP20 E” y “TOP20 RD” respectivamente, que son generalmente más bajos en el caso de utilizar la técnica de RD que en el caso de la encuesta.

Los promedios del conjunto en los dos grados de eficacia obtenidos mediante la técnica de la RD sobre el “TOP20 RD + E” $G_{dTOP20RD+Ei}$ (4-25), y el “TOP20 RD”, $G_{dTOP20Rdi}$ (4-2), llegan a ser 19 y 21 % respectivamente, asumiendo haber utilizado la documentación científica más relevante disponible.

En el caso de los promedios del conjunto en los dos grados de eficacia obtenidos mediante la encuesta, el “TOP20 RD + E” $G_{ITOP20RD+Ei}$ (4-4), y el “TOP20 E”, $G_{ITOP20Ei}$ (4-5) llegan a ser 21 y 33 % respectivamente, asumiendo haber utilizado una muestra de expertos del rango de experiencia profesional de entre 6 y 46 años, proporcionalmente repartida en 3 subgrupos (capítulo 4.4.2) de equilibrados perfiles profesionales.

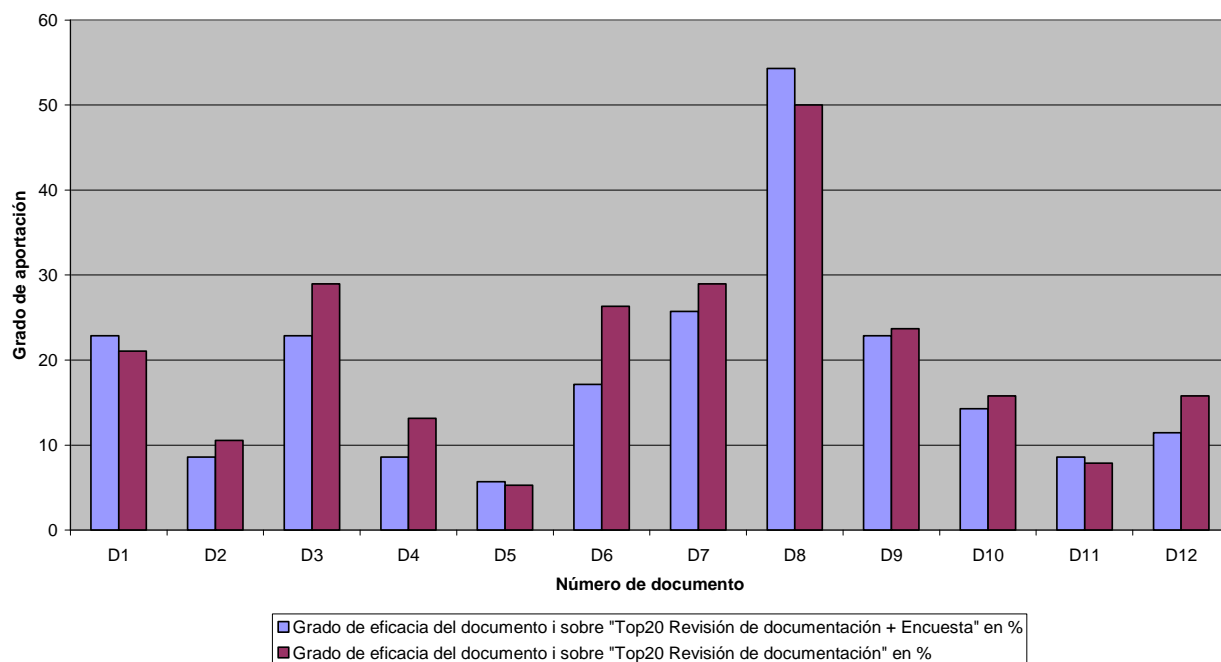


Figura 5-18: Diferencias entre los dos grados de eficacia $G_{dTOP20RD+Ei}$ y $G_{dTOP20RD}$ en toda la documentación revisada.

En el caso hipotético de utilizar el gestor de riesgos solamente un conjunto de expertos de las mismas características que las del subgrupo C (más experimentado), y luego al aplicar las ecuaciones 4-7 y 4-26, se obtendrían valores esperados de los grados de eficacia $G_{PeTOP20Esubk}$ y $G_{PeTOP20RD+Esubk}$ de alrededor de 1.5 veces más altos (30 y 49 % respectivamente) que el promedio del conjunto de expertos encuestados, con valores de los grados de eficacia mencionados en el apartado anterior.

En el caso del uso de la técnica de RD, solamente con el cambio de la tipología de documentación utilizada, podrían conseguirse valores de los grados de eficacia más altos. Podría ocurrir esto con el uso de las bases de datos de siniestralidad. Sin embargo, una de las funciones importantes de la fase de Identificación de Riesgos (IR) dentro del proceso de Gestión de Riesgos (GR) sigue siendo la de descubrir un abanico más amplio de causas que pueden provocar determinados eventos de riesgo (capítulo 1.1 y capítulo 2.4.2).

Entonces, conseguir obtener un valor del grado de eficacia muy alto no debería ser el único objetivo del proceso de IR. Por esta razón, se ha tenido que introducir la ecuación para la estimación del grado de originalidad (4-23) de cada uno de los expertos encuestados frente a los resultados obtenidos a través de la técnica de Revisión de Documentación (RD). La misma ecuación podría ser utilizada para poder observar el grado de aportación original de los documentos revisados frente a los resultados obtenidos a través de cualquier técnica de IR empleada.

Se suponía que el uso de la técnica de la RD ofrece la posibilidad de conseguir identificar mayor variedad de causas de riesgo mediante una correcta selección de documentación de entrada (capítulo 4.4.1). Para justificar esta capacidad, se han hecho las mediciones del promedio del grado de originalidad según distintos subgrupos de expertos G_{OPsubk} (4-23) presentados en la figura 5-19. Se han obtenido valores muy

bajos en todos los subgrupos de expertos lo que confirmó la hipótesis de partida. El grupo C de más años de experiencia profesional solo ha podido identificar el 4 % de todas las causas originales de descripción codificada, y que no han sido identificadas por la técnica de la RD.

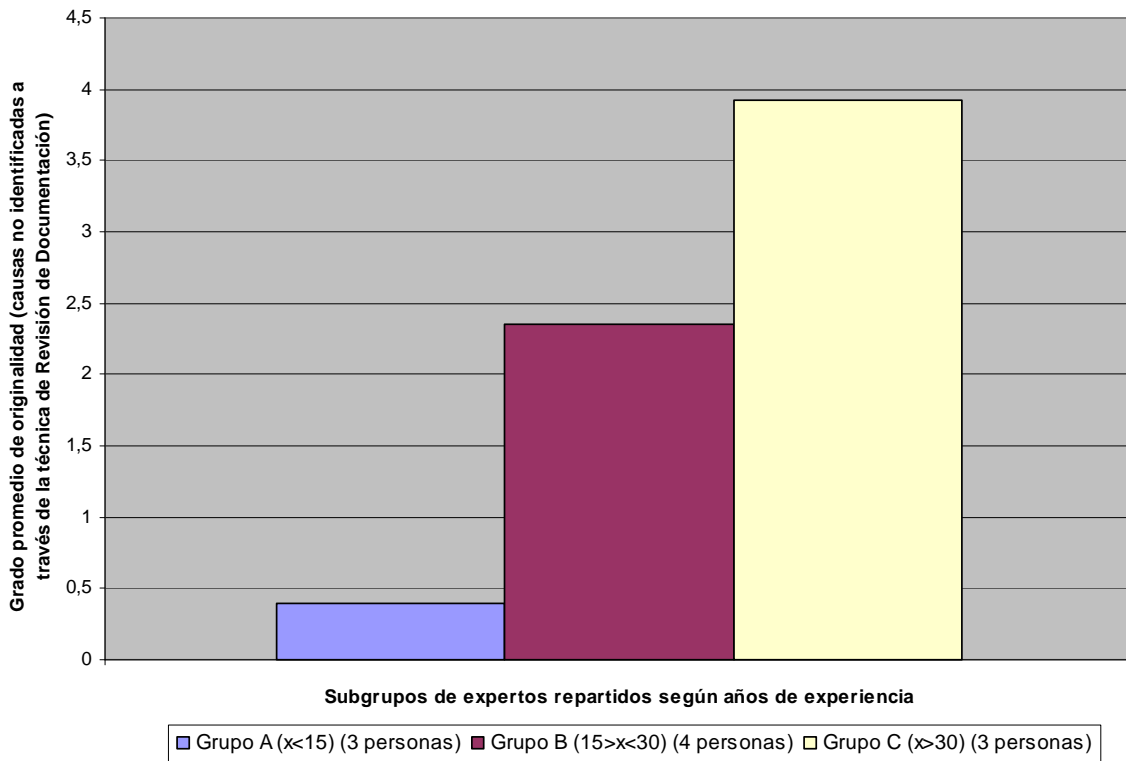


Figura 5-19: Grado promedio de originalidad de la encuesta según diferentes subgrupos de expertos G_{OPsubk} .

Para completar el análisis comparativo entre las dos técnicas de IR empleadas, se ha hecho una comparación de las diferentes coberturas de las causas registradas en los tres listados del TOP20. En la figura 5-20 se pueden ver las coberturas alcanzadas tanto por el equipo de expertos como por el conjunto de la documentación revisada, y se proporciona una visión sobre las diferencias entre los resultados obtenidos a través de ambas técnicas de IR empleadas.

Es interesante ver como el conjunto de las causas identificadas por el conjunto de expertos alcanzo el valor del casi 60 % en la cobertura de las causas definidas como más importantes por el conjunto de la documentación revisada. Por otro lado, el conjunto de documentación revisada obtuvo, en el sentido opósito, mejores valores, cubriendo con sus causas identificadas casi el 80 % de las causas definidas como más importantes por el conjunto de los expertos. Los altos valores mencionados arriba del texto justifican la fiabilidad del resultado final, es decir, el listado compuesto de los resultados del conjunto, el “TOP20 RD +E”.

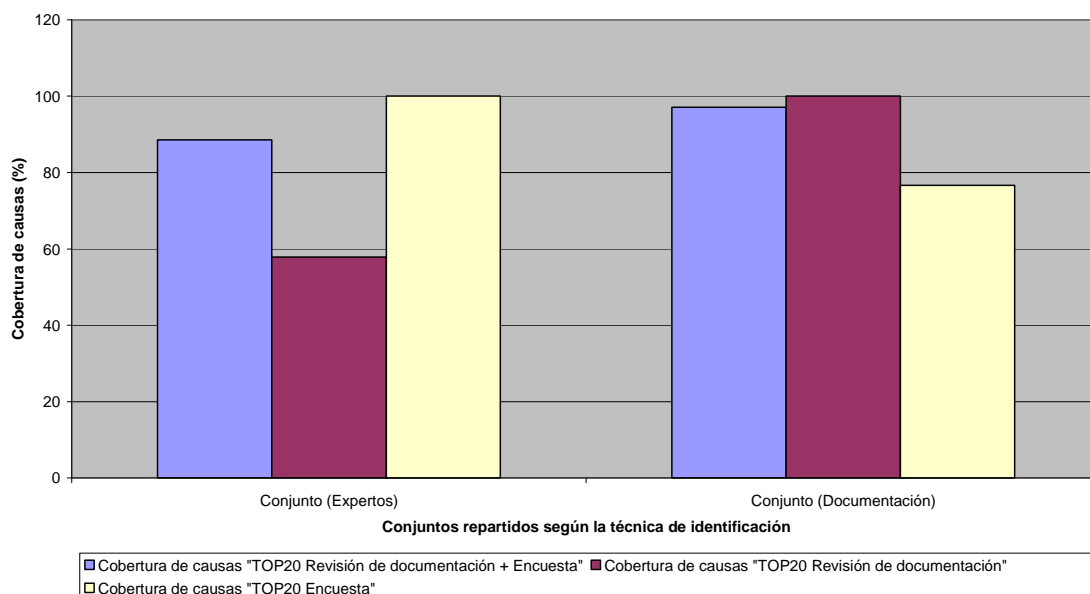


Figura 5-20: Comparación de las coberturas de causas identificadas a través de la Revisión de Documentación y la Encuesta.

La última parte del análisis de los resultados se ha enfocado hacia los orígenes más importantes de los cinco eventos de riesgo estudiados. Los cinco eventos suponían los posibles fallos en la cadena de PG característico (capítulo 4.2.1). Los orígenes más importantes de cada evento se han definido a base del listado de “TOP20 RD + E” (Tabla 5-3) y de la información obtenida mediante RR final (apéndice E.3). El único cambio que se había ejecutado fue en el formato de la representación.

Al ver el diagrama de flujo de PG característico (figura 4-2), para cada parte de las 5 actividades en la cadena principal de actividades del mismo, se representan gráficamente los orígenes relacionados con las mismas mediante la EDR final del listado de causas “TOP20 RD + E” (capítulo 4.5.1). Como se puede ver en las 5 figuras (5-22, 5-23, 5-24, 5-25, y 5-26), para representar los resultados, se ha utilizado la versión modificada de EDR (figura 4-3), utilizada para este estudio.

La ventaja de este tipo de representación comentada con detalle en el capítulo 2.3.5, y analizada teóricamente en los capítulos 3.3.4 y 3.3.5. La EDR final enseña en el primer nivel el evento de riesgo observado, en el segundo los orígenes del mismo, en el último las causas relacionadas con cada uno de los orígenes. Al gestor de riesgos le permite identificar las concentraciones de las causas más importantes que pueden afectar un buen funcionamiento de proyecto/sistema (en nuestro caso PG), indicar áreas de dependencia o correlación entre los riesgos, entender el tipo de la exposición del riesgo al proyecto, permitir el desarrollo de las respuestas genéricas a las causas o agrupamientos de los riesgos dependientes, revelar causas del riesgo mediante análisis de afinidades, y más (Hillson, 2001, capítulo 2.3.5).

Se han identificado dos tipologías básicas de causas. El primer tipo que afecta solamente a un evento de riesgo en la cadena de actividades (causas locales), y luego el segundo que afecta más que un evento de riesgo (causas globales). Mayor concentración

de las causas locales puede verse en la figura 5-21, vinculados al evento de riesgo “fallo en ejecución de ensayos geotécnicos”. Se trata de causas de riesgo cuyo origen son los equipos de investigación de terreno, equipamiento de prospección y supervisión geotécnica, y por último los equipos de consultora de geotecnia. Estos 3 orígenes tienen relación entre sí a través de las causas C.102, C.39 y C.38.

En cuanto a las causas globales, el origen que reaparece con mayor frecuencia en todas las EDR finales presentadas, es el de la Dirección Integrada de Proyecto (DIP). El presente estudio ha revelado la importancia del equipo de gestión en el PG, y como este puede afectar la calidad final de ejecución del mismo. El rol más importante, y el que más daños puede provocar en el PG, de DIP está sobre todo en la fase de programación de reconocimiento de terreno (figura 5-20). Aquí 5 causas del listado de “TOP20RD + E” fueron achacadas completamente inherentes a DIP. El deber reconocido de DIP es representar al cliente cuyas 2 causas registradas (C.69 y C.76) tienen relación directa con la actividad de la misma.

El caso especial ha sido el quinto evento de riesgo observado, definido como “fallo en el control y supervisión” (figura 5-24). Este evento se suponía estaba vinculado a la cadena completa de las actividades en el diagrama de flujo de PG característico (figura 4-2). Aquí el mayor protagonista en cuanto al número de causas registradas han sido los organismos de control técnico y supervisión geotécnica. Al analizar el mismo evento de riesgo, este origen ha tenido una causa relacionada con las demás en la misma EDR final, la C.45 que comparte con los equipos de investigación de terreno. Sin embargo, las causas C.109 y C.93 las comparte con la consultoría de geotecnia, repartidas en el resto de las EDR finales y desde la fase de la programación de reconocimiento de terreno.

Como puede verse en el diagrama de flujo de PG característico, concebido para este estudio, se trata de un sistema serial, donde cualquier fallo en la cadena principal afecta a las fases posteriores del mismo. Es por lo tanto, importante intensificar el control de riesgos para prevenir las situaciones adversas a comienzos de la cadena porque el impacto de cualquier fallo puede ser acumulativo, provocando la materialización de situaciones (causas) adversas posteriores.

El siguiente paso sería evaluar semi-cualitativamente la probabilidad de ocurrencia de las causas registradas en las 5 EDR finales y también el impacto económico y de seguridad según los barremos propuestos (tablas 4-3, 4-4, y 4-5). Al obtener la información, podría ser posible preparar las medidas de tratamiento óptimas en cuanto a los parámetros de seguridad y económicos. También, mediante la descripción de relaciones de las causas identificadas con sus orígenes, se podrían identificar con mayor facilidad las respuestas genéricas para su tratamiento.

La primera aproximación al valor de riesgo, sin embargo se ha podido realizar a través de los grados de importancia determinados según frecuencia de reaparición en las causas de “TOP20 RD + E” (tabla 5-3). Se pueden ver en las EDR finales de los 5 eventos de riesgo (figuras 5-20, 5-21, 5-22, 5-23, y 5-24) los grados de importancia de cada causa registrada introducidos a base del listado de “TOP20 RD + E”, y presentados entre paréntesis al acabar su descripción. Al sumar el conjunto de las causas pertenecientes al mismo origen se puede observar cual de los orígenes expuestos en cada una de las EDR finales es el más significativo de PG característico. El análisis es

solamente preliminar ya que carece de elementos propios a la fase de evaluación de riesgos.

Basado en los resultados previos, las causas globales más significativas de riesgo operativo de PG característico han sido las relacionadas con la DIP, al sumar sus grados de importancia en todos los eventos de riesgo (E.1, E.2, E.3, E.4, E.5). En el caso de las causas locales, en la fase de la programación de los reconocimientos de terreno (figura 5-20) el origen que tenía causas locales de mayor grado de importancia han sido equipos de consultora de geotecnia. Para la fase de la ejecución de ensayos geotécnicos, la suma más alta de la concentración de causas locales ha caído sobre los equipos de investigación de terreno (figura 5-21).

En la fase de análisis geotécnico (figura 5-22), han sido otra vez los equipos de consultoría los que mayor concentración de riesgo había contenido, mientras que en la fase recomendaciones geotécnicas (figura 5-23) han sido los equipos de ejecución de obras geotécnicas por la única causa (C.158) de mayor grado de importancia; no respetar las recomendaciones de informe geotécnico.

Por último, en el caso particular de control y supervisión geotécnica, el origen de riesgo más significativo al sumar los grados de importancia de cada uno de los orígenes de EDR final (figura 5-24), han sido los organismos de control y supervisión geotécnicos.

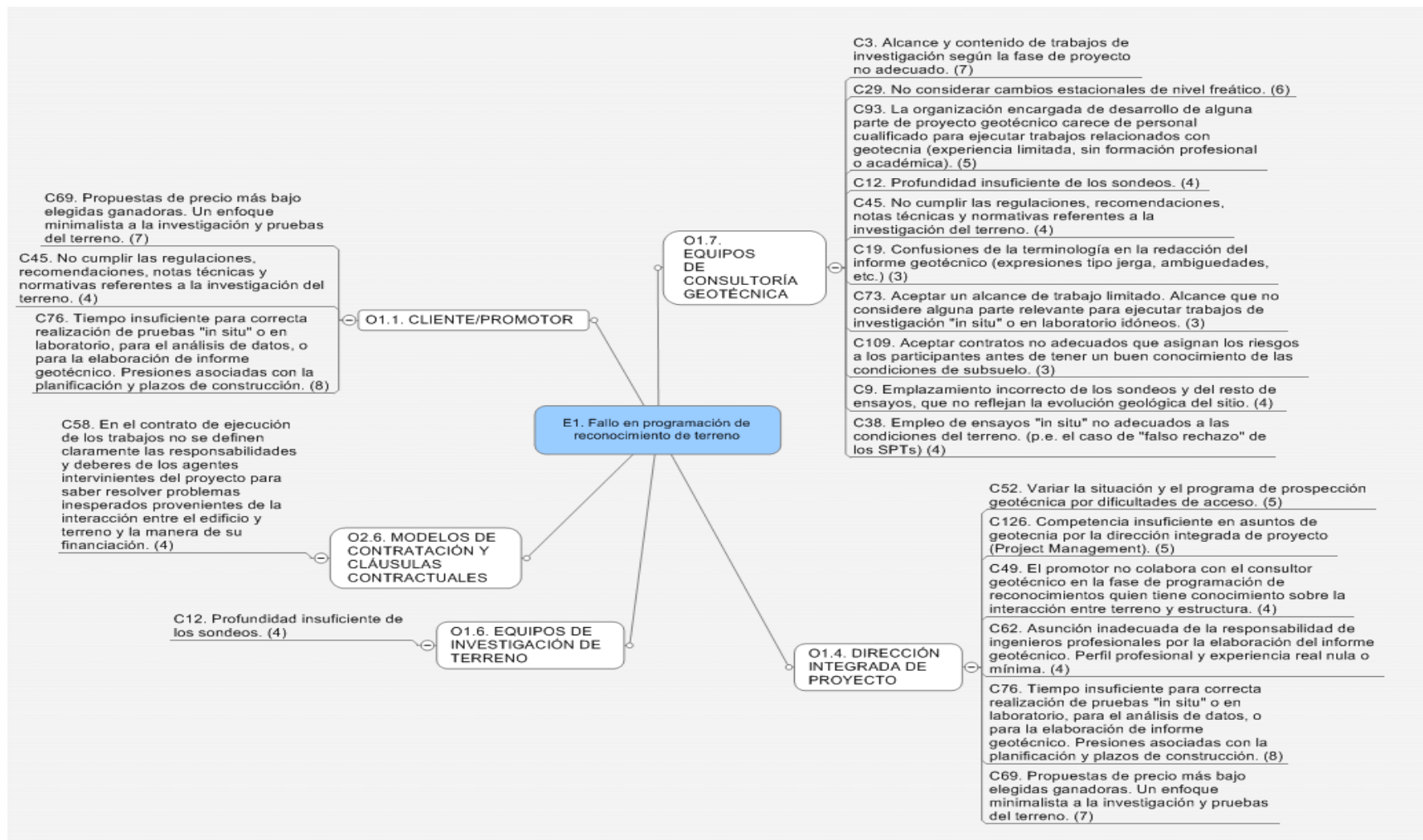


Figura 5-21: EDR final compuesta de los orígenes de riesgo de evento de riesgo “Fallo en programación de reconocimiento de terreno” elaborada a base del listado de “TOP 20 Revisión de documentación + Encuesta”.

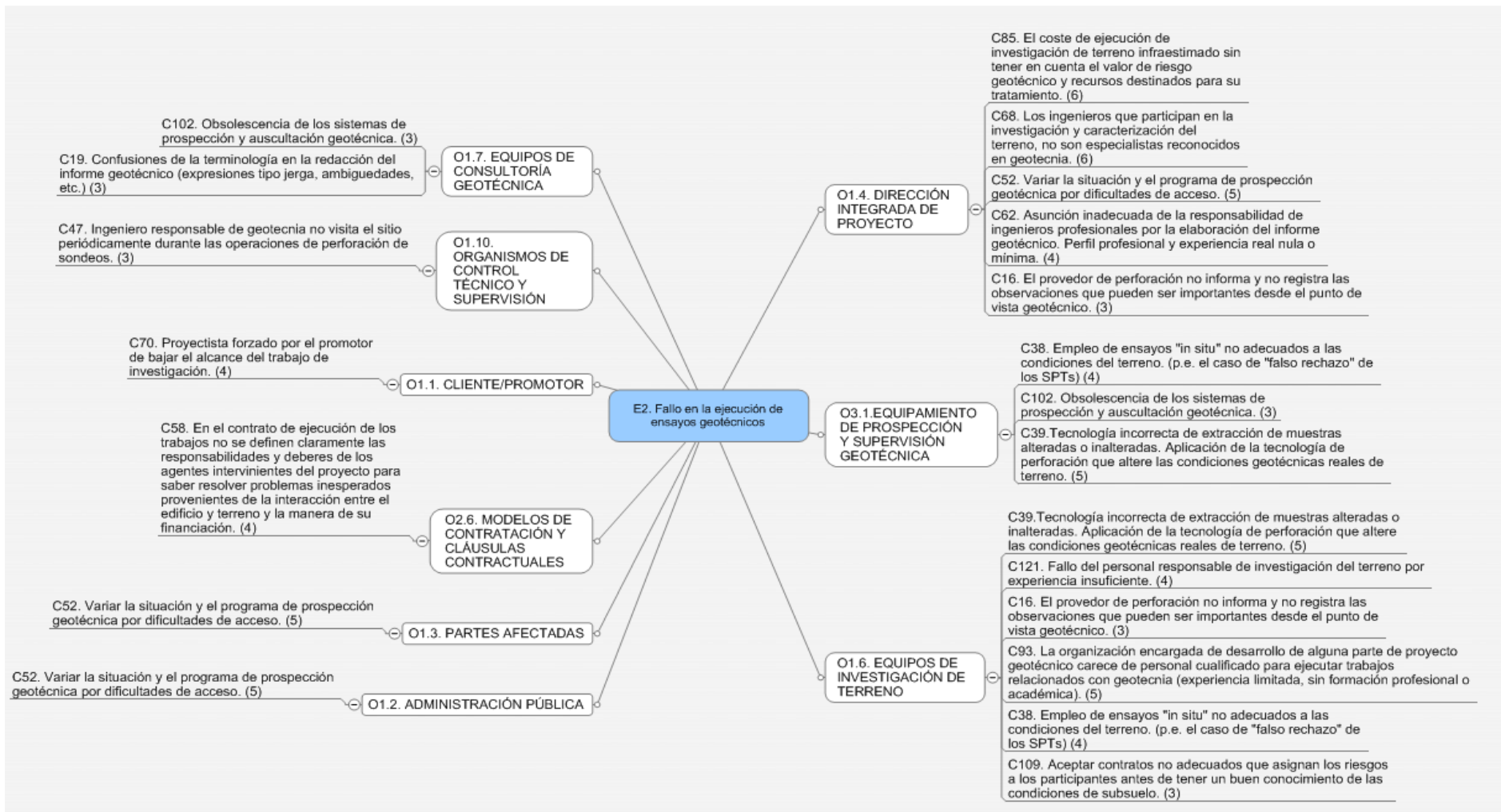


Figura 5-22: EDR final compuesta de los orígenes de riesgo de evento de riesgo “Fallo en ejecución de ensayos geotécnicos” elaborada a base del listado de “TOP 20 Revisión de documentación + Encuesta”.

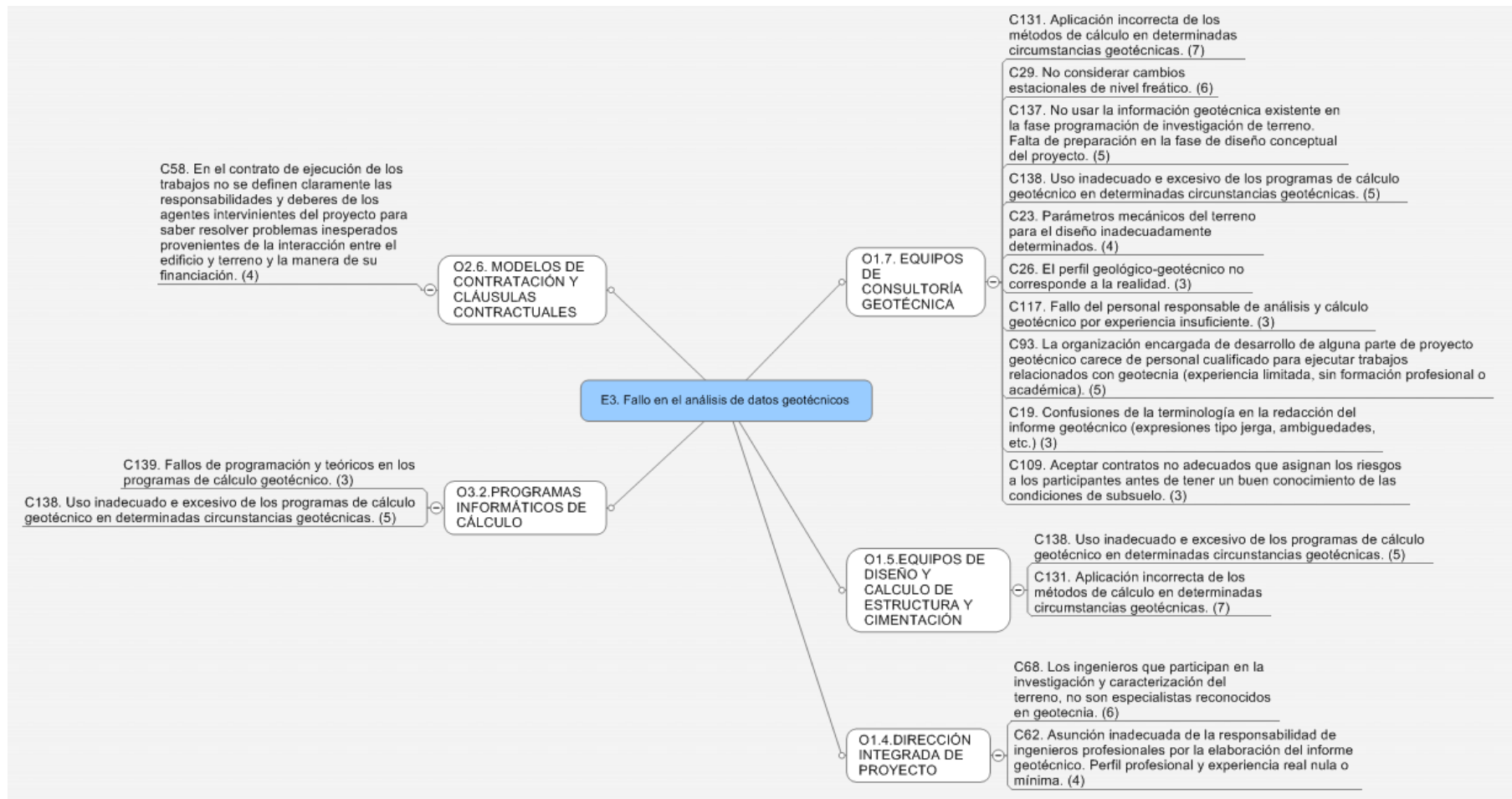


Figura 5-23: EDR final compuesta de los orígenes de riesgo de evento de riesgo “Fallo en el análisis de datos geotécnicos” elaborada a base del listado de “TOP 20 Revisión de documentación + Encuesta”.

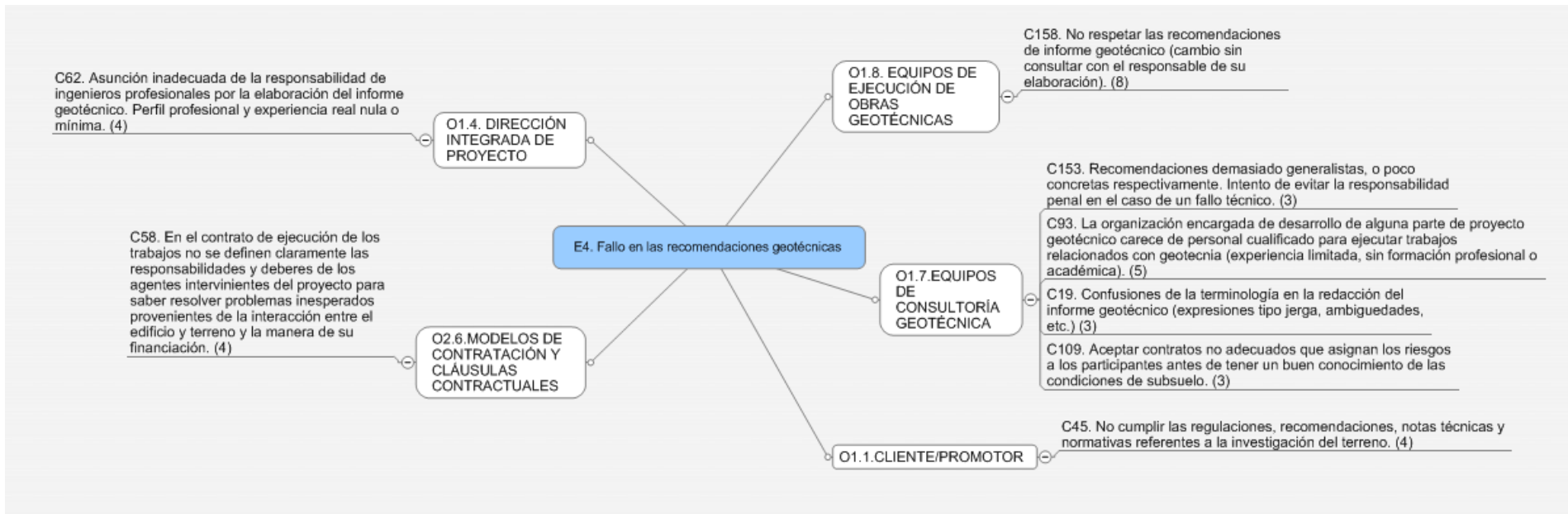


Figura 5-24: EDR final compuesta de los orígenes de riesgo de evento de riesgo “Fallo en las recomendaciones geotécnicas” elaborada a base del listado de “TOP 20 Revisión de documentación + Encuesta”.

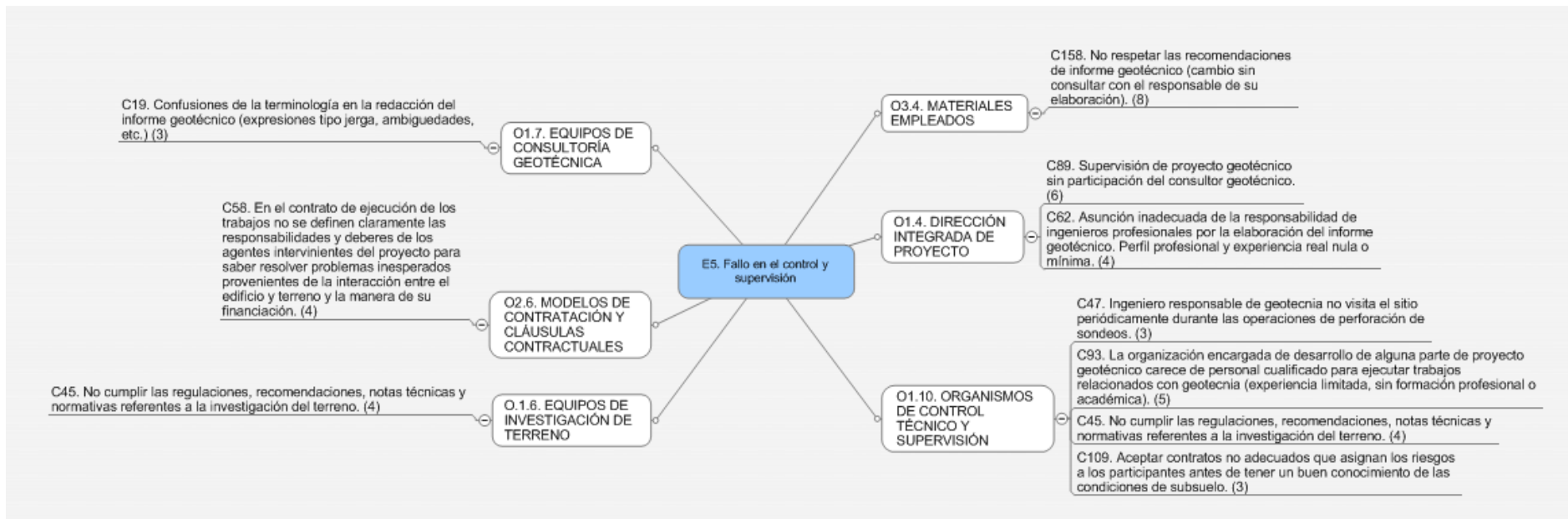


Figura 5-25: EDR final compuesta de los orígenes de riesgo de evento de riesgo “Fallo en el control y supervisión” elaborada a base del listado de “TOP 20 Revisión de documentación + Encuesta”.

CHAPTER 6: CONCLUSIONS AND FUTURE RESEARCH

6.1 Summary of the original contributions.

This section summarizes the major contributions of this thesis. These are listed below, stating briefly the most important aspects of them.

1. The content of existing *Risk Management* (RM) guidelines and standards have been studied in detail to select a set of representative standards that would form the technical framework for a new methodology for *Risk Identification* (RI) in *Geotechnical Project* (GP). The representative RM standards were then subjected to detailed analysis of their advantages and disadvantages with the aim to suggest improvements to meet the requirements given by the circumstances related to execution of GP. Based on the results of the analysis, the improvements in the field of new RI method for GP were made: RI process, techniques, and tools including the risk register and a system for analysis of the results from the RI process were proposed.

2. RI processes in selected RM standards were analyzed critically and afterwards, a new RI process has been developed that included RI activities flow diagram, information flow diagram (input and output data), decision points, and also selected techniques RI recommended by the new method. The RI process, fully compatible with a GeoQ standard (Van Staveren, 2006), was designed as a cyclical process with the condition to be fully integrated into geotechnical project activities. The functioning of the proposed RI process was checked by its application on characteristic GP. The so-called Pareto Principle (PMI, 2004) was used to determine the reliability of the final results of the RI process and also the same being necessary for decision making regarding the continuation or stop of the RI process.

3. The use and application of a risk categorization system based on a tool called the *Risk Breakdown Structure* (RBS) (APM, 2004) has been analyzed in detail by document study. Based on the generic model of the RBS for use in GP have been developed. The functioning of the proposed generic RBS for GP was checked by its application on characteristic GP.

4. The structure and content of the Risk Registers (RR) was analyzed in detail based on the analysis of advantages and disadvantages of representative RM standards, guidelines and publications. The GP RR has been developed for RI phase of RM process with different level of detail and with different structure, taking into account the differences between the phases of the GP. A uniform RR structure for the risk treatment phase was also proposed. The functioning of the RR proposed for pre-design phase of the GP was checked by its application on characteristic GP.

5. The application of selected RI techniques in GP was analyzed based on the extensive document study. To set the preliminary recommendations on the application of RI techniques, two points of view have taken on the issue, both complementary. According to the first point of view, several quality levels of applicability of each of the selected RI techniques have been established and these have been evaluated based on determined GP phases, financial resources, the time available, and the maturity of RM processes in the organization responsible for carrying out the activities of RI (APM, 2004) (Van Staveren, 2008) (Chapman, 1998). From the second point of view, the recommendations have been established on the combinations between varieties of potentially applicable techniques. These combinations have been established considering different sizes and

different levels of GP complexity. On the basis of the application of the combination of two selected RI techniques (*document review* and *risk questionnaire*) on a characteristic GP, more detailed and practical recommendations on their use have been defined.

6. Based on detailed analysis of advantages and disadvantages of representative RM standards and guidelines a specific process was proposed for *Document Review* (DR) RI technique including an organized document search process. The functioning of the document search method as well as the DR RI technique proposed was checked by their application on a characteristic GP.

7. Based on detailed analysis of advantages and disadvantages of representative RM standards and guidelines a specific process was proposed for Risk Questionnaire (RQ) technique. The functioning of the process for RI Questionnaire technique proposed was checked by its application on characteristic GP.

8. Design of the procedure for analysis of the results of the RI process, and a process for codification of the descriptions of the identified causes of risk, when running any of the techniques; have been proposed in the new RI method. The design of the procedure for codification of the descriptions of identified causes of risk was based on the system of analysis of open questions used for commercial surveys according to the publication of Grande and Abascal (ESIC, 2005).

9. Recommendations with respect to the organization of Interactive Group Brainstorming (IGB) sessions for the RI in GP were made. According to the latest research, the IGB session is considered the most commonly used for RI in civil engineering projects (Lyons, Skitmore, 2004). However, there were no direct recommendations on the organization of such meetings for GP. Hence, those were established based on analysis of the existing information that has been contrasted with the results of the survey addressed to experts with experience in implementing IGB sessions. Based on the above mentioned analysis it has been possible to establish practical recommendations that were as follows:

- Establish the limits of optimal times in minutes for each of the particular phases of IGB session.
- Set priorities, or rather values of importance of a range of topics treated during the introduction phase of IGB session.
- Dynamics of the session; determine which one from the proposed options concerning the organization of the session was the most suitable.
- Dynamics of the session; determine which one from the proposed options related to the role of moderator of the group has been the most suitable.
- Optimal number of group members and optimal number of the topics discussed during the session.
- Evaluate the importance of use of selected support tools for IGB session.
- Manage the scope of the IGB session by applying the GP flow diagram and/or specific RBS for GP.

10. 170 operational risk causes of original definition of a characteristic GP were identified by applying the RI methodology proposed in this thesis. All those identified risk causes were related to five pre-determined events of risk: the *failure in the planning of the geotechnical investigation*, the *failure in the execution of the geotechnical*

investigation, the failure in the analysis of the data from the geotechnical investigation, the failure in the recommendations for geotechnical design, maintenance and execution of the geotechnical works, and finally, failure in geotechnical control and supervision.

The RI process was implemented using two selected RI techniques; the DR technique and the *Risk Questionnaire* (RQ), together with the use of GP specific RBS that contained the definitions of operational risk origins. Also a specific GP flow diagram was designed for this issue. When implementing the DR technique a structured document search process was applied. The causes of risks identified by both RI techniques have been recorded in the RR proposed for the feasibility phase / basic design of GP. The RR included record about risk events together with the causes associated to them and also the mentions about their specified sources. Two particular RR were obtained by the application of two above mentioned RI techniques.

11. After the partial RR have been obtained from the results of DR and finished the codification process of identified risk causes descriptions, a structured risk cause checklist was created by applying the so-called “*Pareto principle*” broad from the *Quality Management* (PMBOK, 2004). 20% from the total number of risk causes identified were determined as the most important according to their frequency of repetition in their mentions considering all of the documents studied.

12. After the partial RR have been obtained from the results of RQ and finished the codification process of identified risk causes descriptions, a structured risk cause checklist was created, again applying the “*Pareto principle*” as it was in the case of the results from DR technique. 20% from the total of risk causes identified by selected GP professionals were determined as the most important according to their frequency of repetition in their mentions considering the responses from all of them.

13. Holding the same codified descriptions and disposing of their frequencies of repetition in the mentions of the identified causes of risk from both the DR RR and the RQ RR, they were united to one final RR, and by summing up their frequencies of repetitions and again applying the “*Pareto principle*”, a list of 20% of the most important (most frequently mentioned) ones was created. The proposed process for codification as well as the use of “*Pareto principle*” allows managing and analyzing the results from the RI process with more effectiveness especially in the situations when there are a large, non-manageable number of the risk scenarios identified.

14. Five specific GP RBS were obtained and analyzed. Each one of the five specific RBS has been related to one of five observed risk events determined in the chain of activities on characteristic GP flow diagram. Each one of the five specific RBS contained the information about the most important risk causes obtained from the final risk checklist (DR and Questionnaire). Each one from the five RBS has pointed to the origins of the most important causes related to each of the five risk events considered. Thanks to its application, it was possible to analyze most of the functions and capabilities of the RBS as defined by Hillson (2001) on theoretical level.

15. By summing up their degrees of importance in all considered risk events, it has been shown that the most important global causes of operational risk of characteristic GP have been related to the *Project Management* (PM) organization. Other sources of operational risk defined within the five analyzed GP RBS have been the geotechnical

consulting teams, geotechnical investigation personnel, contractor of geotechnical works and agencies for geotechnical control and supervision. However, further risk evaluation is needed to confirm this issue, as all of these are considered only as results previous to the subsequent risk analysis process.

16. During the execution of the RQ technique for RI, the parameters such as time, number of identified causes of risk, and the degrees of satisfaction of the respondents were measured which allowed to obtain information on the productivity and efficiency of GP professionals that participated on the survey. The participant expert sample has been divided in different subgroups by years of professional experience in GP ranging from 6 to 46 years. It has been shown that the subgroup of geotechnical professionals of more than 30 years of experience obtained the highest values of productivity, effectiveness and efficiency among all other subgroups. Although having balance composition in terms of GP professional areas and responsibilities, the subgroup of less than 15 years of experience has obtained very low value of effectiveness due to lack of global vision on GP operational risks. The recommendations have been made for the use of these expert resources as well as for the optimum use of the rest of the subgroups.

6.2 Conclusions

The conclusions drawn from the work developed in this thesis are presented below in this section. These have been divided into several blocks according to the scope or preferred context in which they find themselves.

From the analysis of the existing Risk Management standards and their application on the creation of the method for risk identification.

After finishing the document search for *Risk Management* (RM) standards, a total of 35 of them have been registered. In the first filter, 22 have been selected to be studied in detail. In the next step, the contents of those selected standards were reviewed looking for information on the process, techniques and tools for *Risk Identification* (RI), different structure content of *Risk Registers* (RR), the recommendations on the use and application of RI techniques, and finally, the examples of applications of RI process on real projects.

According to the scope and objectives of selected RM standards studied, three categories have been established. In the second filter of RM standard content analysis, for each one of the three categories, a representative one has been chosen appointed to be the basis of the new methodology for the RI process for the use in Geotechnical Project (GP).

From the first category of “generic project-oriented” RM standards, the PRAM (APM, 2004) has been chosen as representative. By analyzing its content, it has been seen that the standard was suitable for the design of the RI process and the recommendations for the use of RI techniques and tools. The PRAM included detailed descriptions on the implementation of RI techniques, and considered the effectiveness in their implementation.

From the second category of “system-oriented” RM standards, the IEC FMEA (IEC, 2006) has been chosen as representative. The FMEA is very suitable for the phases of basic and detailed design of the project. The standard also contained very detailed RR structures accompanied by examples.

Finally, the GeoQ RM method (Van Staveren, 2006) was chosen from the subgroup of specific application RM standard. GeoQ was designed as a RM standard for the use in GP in broad sense, considering its phases of feasibility, conceptual design, design, construction, maintenance and operation. GeoQ, among other things, contained the RM process, and recommended techniques and tools for risk identification, risk analysis and risk treatment. Therefore, GeoQ has been considered a standard-pier for the new RI method.

The third, final filter of the RM standard content analysis was executed on the three representative RM standards applying so-called advantages-disadvantages analysis, using a process quite similar to the one known as SWOT analysis. The most important results of the advantages-disadvantages analysis were the following:

Advantages:

- GeoQ represents cyclic risk management process in the context of geotechnical project and its specifics. Defines process recommendations for RI, recommends the use of selected techniques and describes their functionality. Describes in detail the use of nominal group "brainstorming" session for the purposes of RI and *risk classification*.
- PRAM, compatible with GeoQ RM standard, represents a detailed description of selected techniques for RI accompanied by practical information on the qualitative level of use of these techniques, taking into account the phase of the project, project size and the maturity of an organization in charge for conducting the RM process.
- FMEA is a method recommended by GeoQ RM standard, integrated with GeoQ phase called "risk remediation", that follow after the phase of identification and classification of risks. The way of describing the risk included in FMEA method is very suitable for use for RI applied on GP. The FMEA is useful mainly in the phases of detailed design, construction, and maintenance.

Disadvantages:

- None of the three standard mentioned how to implement RI techniques taking into account the phase of GP, available human resources, time and cost, neither its size nor complexity.
- There is no methodical system for input document search and selection to be used when applying *Document Review* (DR) technique in the process of RI.
- There is no reliable control system of the input and output data in the process of RI. In other words, there are no recommendations about how to complete the process of RI ensuring the pre-established degree of reliability.
- There is no real application of *Risk Breakdown Structure* (RBS) for the case of GP.
- There is no practical information about the application of the selected RI techniques in the GP, except the case of nominal group "brainstorming" session.
- Recommendations for the use of selected techniques for RI are explained in a very general manner.

- The possibility of practical application of knowledge about the functioning of selected techniques for RI and their subsequent application does not warrant the reliability of the output.
- There are no suggestions for the selection and appointment of qualified personnel for the group techniques for RI recommended for the use on GP.
- No structured system exists for analysis of the results obtained from the RI process with the ability to integrate and compare them when various RI techniques applied.
- No structured system exists for analysis of the productivity and effectiveness of working expert groups participating in the process of RI for the purposes of GP.

According to the previously mentioned results of the advantages-disadvantages analysis, several improvements were introduced to the design of the new RI method for the purpose of GP. After being the new method applied on characteristic GP, the following final conclusions have been made:

- The proposed RI method for the use in GP, consisting of the elements that enable to control the reliability of input data, the techniques, tools and procedures for their processing, as well as the system of reliability control and analysis of the outputs, allows to provide an efficient RI process specifically aimed at the purposes of the whole RM process applied within the scope of GP.
- The proposed RI method is compatible with cyclic RM process specially designed for the purposes of GP, called GeoQ.

Further conclusions related to the issue of proposed RI method for the purposes of GP are described in the following blocks.

From the results of application of risk identification method on characteristic geotechnical project.

To check the performance of the proposed *Risk Identification* (RI) method, it has been decided to define a characteristic *Geotechnical Project* (GP) commonly held in building construction projects. It was to provide the proposed RI process on the characteristic GP with the objective to identify the causes of operative risk events related to determined GP main chain of activities.

The risk events were actually potential failures that could occur in five defined activities in the general GP serial flow diagram, namely: the *failure in the planning of the geotechnical investigation*, the *failure in the execution of the geotechnical investigation*, the *failure in the analysis of the data from the geotechnical investigation*, the *failure in the recommendations for geotechnical design, maintenance and execution of the geotechnical works*, and finally, *failure in geotechnical control and supervision*.

It was decided to simulate the real construction project from feasibility to basic design phase for the reasons of the effectiveness of the RI process (APM 2004), a characteristic GP being considered of medium size and high complexity.

Based on the recommendations prior to the use and application of RI techniques for the case of the characteristic GP, the decision to run two of the three suggested RI techniques has been made applying the *Document Review* (DR) technique and the *Risk*

Questionnaire (RQ) technique. The third technique, *interactive group brainstorming* session has not been implemented due to the lack of previous information about its organization and implementation for the use in GP. To ensure the reliability of the results it was necessary to develop a particular study on the organization of these sessions which also forms a part of this thesis.

After completing the implementation of the RI process, it was proceeded to analyze the results. In the case of the results obtained by the DR technique, the following parameters have been measured:

1. Number of identified causes of risk
2. Number of identified and codified causes of risk
3. Number and codified description of the identified causes of risk defined most important (most frequently mentioned)
4. Different degrees of productivity and effectiveness of the reviewed documents

For the analysis of the results of risk questionnaire, the following parameters have been measured (apart from the first three mentioned in the previous section that were worth well in this case):

1. Different degrees of productivity and effectiveness of the participant experts.
2. Coverage of the original (codified) risk causes identified by the different experts.
3. Different execution times of the RQ considered.
4. Degrees of satisfaction with the content and structure of RQ.
5. Productivity of the participating experts.
6. Efficiency of the participating experts.

For the case of the results obtained by the DR technique and the results from the RQ, and when the results from both of them united, the three different lists of the most frequently mentioned risk causes, known as "TOP20", were established. To form a part of the TOP20 list, the identified risk cause should have to meet the pre-established criteria. The three criteria for the access to each one of the three lists were as follows:

1. "*TOP20RD (Document Review)*" - List of codified descriptions of identified causes of risk, which comprise 20% of the total number of them, all identified by the Document Review (DR) technique and being the most frequently mentioned by different sources revised (documents examined). The criterion for the admission to the "TOP20RD", apart from the one mentioned above, has been for one codified description of risk cause being justified the same by at least two from all reviewed documents.
2. "*TOP20E (Risk Questionnaire)*" List of codified descriptions of identified causes of risk, which comprise 20% of the total number of them, all identified by the Risk Questionnaire (RQ) technique and being the most frequently mentioned by different sources surveyed (expert persons surveyed). The criterion for the admission to the "TOP20E", apart from the one mentioned above, has been for one codified description of risk cause being justified the same by at least two from all surveyed experts.

3. "*TOP20RD+E*" List of codified descriptions of identified causes of risk, which comprise 20% of the total number of them, all identified by techniques of the DR and RQ and being the most frequently mentioned, i.e. by any of the documents reviewed of or by any of the expert persons surveyed. The criterion for the admission to the "TOP20E", apart from the one mentioned above, has been for one codified description of risk cause being justified the same by at least three from all reviewed or surveyed sources of information.

Hence, when the value of the repetition of any of the codified causes of risk registered in the TOP20RD+E list came to be at least 3 ($C_{itop20RD+Emin} > 3$), the decision has been taken to stop the RI process considering the final results being completely reliable.

After using the DR technique, though the review of 12 selected documents, 202 causes related to five observed risk events have been identified and registered. After applying the RQ technique, by providing a survey on 10 selected professionals on geotechnical engineering, 142 causes related to five observed risk events have been identified and registered. By passing through the process of codification of their descriptions, 170 codified causes with original meaning were finally registered identified either by DR or by RQ technique.

141 causes of risk from the total of 202 identified by DR technique have been defined having original description. A group of 20% of the most frequently mentioned codified description of risk causes identified has appeared on the TOP20RD list. A part of the list, showing the first three most frequent ones can be seen on table 6-1.

Table 6-1: First three most frequently mentioned risk causes collected from "TOP20RD" list (20%, 38 from total of 202 causes of risk identified by document review technique)

CODIFIED NAME OF IDENTIFIED CAUSE OF RISK	NUMBER OF MENTIONS
Bidding process condition for selection of providers for geotechnical works based on the lowest price.	5
Inadequate scope and content of the geotechnical investigation according to the phase of the project.	5
No consideration of changes in groundwater levels with the seasons.	5

70 causes of risk from the total of 142 identified by RQ technique have been defined having original description. A group of 20% of the most frequently mentioned codified definitions of risk causes identified has appeared on the TOP20E list. A part of the list, showing the first three most frequent ones can be seen on table 6-2.

170 causes from the total of 344 identified by DR and RQ technique have been defined having original description. A group of 20% of the most frequently mentioned from the total of 170 codified original causes of risk has appeared on the TOP20RD+E list. A part of the list, showing first three most frequent ones can be seen on table 6-3.

Table 6-2: First three most frequently mentioned risk causes collected from “TOP20E” list (20%, 30 from total of 142 causes of risk identified by risk questionnaire technique)

CODIFIED NAME OF IDENTIFIED CAUSE OF RISK	NUMBER OF MENTIONS
Not comply with the recommendations of the geotechnical report (change without consulting with geotechnical consultant in charge)	7
Misuse of the computational methods in determining the geotechnical conditions.	6
Insufficient time for correct implementation of geotechnical "in situ" or laboratory tests, when analyzing the data, or when preparing the geotechnical report. Pressures related to the project time planning.	5

After obtaining the different quantities of identified and codified causes related to observed operational risk events by DR or by RQ technique and also disposing of TOP20 list, it has been proceeded to measure the rest of the observed parameters. So as, for the case of the results of DR technique, the different degrees of contribution of reviewed documents could be measured. For the case of RQ several more parameters could have been derived: namely the six ones mentioned at the beginning of these section of the conclusions.

Table 6-3: First three most frequently mentioned risk causes collected from “TOP20RD+E” list (20%, 35 from total of 170 codified original causes of risk identified by document review technique and risk questionnaire)

CODIFIED NAME OF IDENTIFIED CAUSE OF RISK	NUMBER OF MENTIONS
Insufficient time for correct implementation of geotechnical "in situ" or laboratory tests, when analyzing the data, or when preparing the geotechnical report. Pressures related to the project time planning.	8
Not comply with the recommendations of the geotechnical report (change without consulting with geotechnical consultant in charge)	8
Inadequate scope and content of the geotechnical investigation according to the phase of the project.	7

Thanks to the parameters such as number of identified causes of risk per reviewed document/surveyed expert, number of identified causes of risk belonging to TOP20 list, and the value of degree of contribution, the results from the DR technique and those derived from RQ could have been compared. The conclusions derived from this previously mentioned issue continue in the following sections of the conclusions.

From the analysis of effectiveness of different techniques of risk identification applied on a characteristic geotechnical project.

Based on the recommendations prior to the use and application of RI techniques for the case of characteristic GP, the decision have been made to run two from the set of three

RI techniques recommended under initial conditions. Thus, the DR technique and the *Risk Questionnaire* (RQ) technique were applied within the RI process on characteristic GP.

From the perspective of application of the two above mentioned RI techniques on characteristic GP, and after analysing the results of the RI process, the following conclusions have been established:

1. Through the application of DR technique by using documentation type "scientific articles" and its subsequent comparison with the results of the RQ, the DR technique has demonstrated its effectiveness in terms of global coverage of total number of original identified causes of observed risk events. In addition, the DR technique provides a higher level of identified original causes of risk, such as the technique of RQ. It is therefore better to use the DR technique as the first to cover a wider range of risk causes and to reveal the areas (origins of risk) with insufficient information which might subsequently be examined through the other one from the pack of selected RI techniques.
2. The combination of at least two types of RI techniques is highly recommended, and can be replaced only by the DR technique with the condition to use different types of documents within it. The use of a combination of documents such as "scientific articles/technical standards", along with documents such as "failure statistics" or document type "existing risk registers from previous projects", increases the effectiveness of RI process. Presence of at least one expert in geotechnical engineering, however, is essential to guarantee the reliability of the output information, when using only DR technique.
3. Through the comparison of the two applied RI techniques, the advantage of using the RQ technique proved to be its capacity in terms of coverage of the most frequently mentioned (most important) codified causes of risk that appeared on the final TOP20RD+E risk causes list. Very high effectiveness in this regard has been reached by the subgroups of experts between 15 and 30 years of professional experience and those of more than 30 years of experience. The utilization of the subgroup of less than 15 years of experience for the purposes of RI under the given conditions, proved to be inappropriate despite some positive achievements in the measurements of its productivity.

From the productivity and efficiency of the group of experts participating in the risk identification process applied to a characteristic geotechnical project.

For the purposes of measuring the productivity and efficiency, based on data from the survey, the expert group of 10 persons has been divided in three subgroups according to the number of years of professional experience.

To establish and observe the distribution of productivity of the expert subgroups, it was necessary to obtain the values of questionnaire execution time, questionnaire content and structure satisfaction levels and the number of causes of observed risk events identified by each of the participant experts.

An exponential trend in the increase of all measured questionnaire execution times with increasing years of experience was observed. Hence, the design of the questionnaire for expert opinion and the realization of the survey may be different depending on the composition of the human resources available.

Observing the distribution of average degrees of satisfaction by different subgroups of experts, a slight decline have been indicated with increasing years of professional experience in the three of five measured elements; the structure of the questionnaire, the structure of the geotechnical project flow diagram and the structure of the RR.

The degree of satisfaction with the description of the objectives of the study was maintained at the same level throughout all expert subgroups while the evolution of the degree of satisfaction with the RBS has had an opposite trend to the three elements mentioned above; tended to grow with the increase of the years of experience.

An exponential increase among different subgroups was observed in the average of identified causes related to specified events of risk. It should be mentioned that there was only a little difference between the total numbers of the causes of risk identified by each expert from the same subgroup, assuming that the averages could continue without substantial changes if the expert sample increases in any of the subgroup.

The results from the distributions of time, the degrees of satisfaction and total number of identified causes of risk, have contributed to the creation of the distribution of productivity in three observed subgroups. Almost linear increase in productivity has been observed from the subgroup of less than 15 years of experience to the subgroup between 15 and 30 years of experience.

When considering the number of TOP20RD+E list causes identified by different subgroups instead of the total number of causes of risk identified, the distribution of expert subgroup efficiency have been obtained. The distribution of efficiency between different subgroups is of exponential increase.

Although the composition of expert sample in subgroup A has covered all areas of GP, the results have shown very low value of its efficiency. Besides, the low values in coverage of the causes of risk from the TOP20RD+E list presented by the same subgroup (about 20%), justify that although there is some value of efficiency, the expert subgroup of less than 15 years of professional experience was not able to cover the range of the most important causes of operational risk of a characteristic GP.

Practical solutions to enhance the effectiveness and efficiency as well as the TOP20 risk causes coverage, when using a group of experts of less than 15 years of experience, in case of RQ technique for RI for use on GP are as follows:

1. When designing the questionnaire for this group of professionals, reconsider specified sources of risks by limiting the scope of RBS or reconsider specified activities limiting the scope of GP flow diagram. When executing the modification, special account shall be taken on the professional experience and professional liability referred to applied human resources.

2. Do not use this sample of experts in the conceptual design phase of the GP (pre-project or feasibility study), as it was in the case of the characteristic GP model used for this study. Use these human resources in later phases when preparations of the detailed project documentation for design phase are ongoing, or when the project is in its construction phase, of course, if there is a necessity to apply the RQ technique for RI.

The actual version of the risk questionnaire was particularly suited for the subgroup B (between 15 and 20 years of experience). For the expert subgroup of more than 30 years of experience is recommended to use the accompanying semi-structured interviews to familiarize them with the content and complementation of the RQ, and also to guide them when developing in their responses. The semi-structured interviews can also be effective after the completing of the RQ when there is a need to clarify the responses, most of all those ones related to risk cause description that in some cases might be insufficient.

Based on the results of the study, four participant experts from the subgroup of between 15 and 30 years of experience and three professionals from the subgroup of more than 30 years of experience, managed to cover almost 90% of the most important causes of the investigated operational risk events of GP. However, the subgroup of less than 15 years of experience was not able to cover the package of most important causes of operational risk of a characteristic GP, reaching the value of coverage of less 20 %. This conclusion might be of particular importance when selecting the risk identification team and financing the risk identification process applied on GP.

From the application of Risk Breakdown Structure on a characteristic geotechnical project.

Categorization of risks by the so-called Risk Breakdown Structure (RBS) provides according to Hillson (2002) a number of views to the risk that may not be available through a simple risk catalogue. These include:

1. Understand the type of risk exposure to the project
2. Exposing the most significant sources of risk to the project
3. Reveal causes of risk through affinity analysis
4. Indicate areas of dependency or correlation between risks
5. Focus on the development of responses to high-exposure areas
6. Allow development of generic responses to the causes or groups of dependent risks

By applying the generic RBS for operational risk identification in characteristic GP, first three of the six elements were executed and checked by the study. In this sense, the use of RBS in the GP as a support tool for RI, and also as a risk ranking system is highly recommended.

From the perspective of list of the most important operational causes of pre-established risk events and identified by two RI methods (DR and RQ) applied on characteristic GP, the following conclusions were established:

- The most important source of risk according to the TOP20RD+E list and the final RR related to the so-called global causes of operational risk (related to more than one risk event) is the *Project Management* organization of GP.
- The most important source of risk in according to TOP20RD+E list and the final RR related to the so-called local causes of operational risk (related only to one risk event) is the *geotechnical consulting service*.

However, these results are considered being only previous. Further investigation has to be made by evaluating the probability of the occurrence as well as the potential impact of the risk scenarios identified on the TOP20RD+E list and registered in final RR.

From analysis of the organization of interactive group “brainstorming” sessions for the purposes of the geotechnical project.

After a detailed document study, ten questions have been raised through a questionnaire to a selected expert group. All of the questions were related to the organization of *Interactive Group Brainstorming* (IGB) sessions for GP RI process. When received the expert responses from the questionnaire, they were compared with the information gathered from the document study.

Following the order of the questionnaire, in the first question, interesting results were obtained that revise the theory about the IGB session optimum time limits recommendations. The total time for IGB session summing up all phases is estimated to approximately 200 minutes according to the PRAM (APM, 2004). This is about 50 minutes more than the 150 minutes time limit recommendation determined by the respondents of the questionnaire. Only three experts have overcome the 200 minutes time recommended for brainstorming session by the mentioned standard. The major differences between PRAM (APM, 2004) and the results of the questionnaire are in the risk identification phase and risk review phase time limits estimation. For both of them in the case of PRAM (APM, 2004) 90 minutes are designated while the expert opinion average from the questionnaire bet for 50 and 45 minutes respectively.

The results of the second question confirmed the importance of the content of introduction phase in IGB session and therefore it is in absolute concordance with the recommendation made in the RM standards. It can be seen that none of the options obtained the 0 ranking which stated for “not to be included in the introduction phase”.

For the questions concerning the issue of IGB session rules and group facilitator function, no specific study has been executed to give more useful recommendations. Well, that was the main reason why they were raised to the experts; to obtain some more detailed view. In the reviewed documentation there was a strong emphasis to encourage wide participation and “free wheeling” of ideas while controlling the participation of some extrovert group members. According to the expert opinion the “open” model seems to be better for pre-design phase IGB session, while the “mixed” looks to be more practical for design phase IGB where the information flow has to be more organized. However, this still should be checked in the further research.

The questionnaire results state that the optimum group size for IGB is 6 persons and no more than 4 topics should be treated in one session risk identification phase. In terms of

size, this was in absolute accordance with the study executed by Delbecq et al (1973) who states that the presence of more than 7 persons creates restraints against participation.

In terms of the optimum group compositions for GP pre-design and design phases only preliminary recommendations could be made. When interviewing some experts (the ones that completed the questionnaire) about this issue, the majority of them expressed that an IGB composed of multidisciplinary group members having same decision power they considered an optimum solution for the pre-design phase of GP.

However, for the design phase of GP they stated that a combination between unidisciplinary group and different level of decision power should be an appropriate solution. Although, more detailed research should be made to this issue, the results clarify of what is recommended by PRAM (APM, 2004) and further treated in GeoQ process (VanStaveren, 2006) for GP case.

Mentions about the importance in application of IGB session support tools was almost not identified in the document review except in some specific cases. According to the results of the questionnaire, for the voice recorder, many of the experts claimed that the use of it could be “absolutely inadequate”. The not expected poor ranking for support software seems almost a mystery, but the reason may be the misunderstanding due to not detailed explication. Further investigation will reveal it.

Reaching a conclusion or give a recommendation on how to divide the time designated to risk identification phase of IGB seems to be impossible until now, moreover, there are also undecided experts. Can be possible that this question will never be answered “correctly”, as it is known that many times in the project development, the wishes of the client as a decision-maker produce changes that need to be accepted. There are times when the client prefers to centre the session effort to identify risks of specified parts of system, but can exist also the opposite; when he or she prefers to identify risks of specified origins defined by project stakeholders. There is also another option; he or she can asks the Risk Management team for identify the risk scenarios using both the system diagrams and *Risk Breakdown Structures* (RBS) from the beginning until finish of session.

6.3 Future research

From the results given in this thesis, we propose the following research as a continuation of work being done:

1. Evaluate the likelihood and consequences of the causes of operational risks identified by the study and encountered in the "TOP20 RD + E" list. When executing the study, consider the potential regional differences in the results of the risk evaluation process. Provide the execution of the risk evaluation process using techniques such as *risk interview* or *risk questionnaire*. Identify and propose options for dealing with the evaluated causes of operational risk scenarios (risk treatment actions) of characteristic *Geotechnical Project* (GP). Evaluate the proposed risk treatment alternatives for dealing with the above mentioned risk scenarios comparing the value of risk value with expected costs on its reduction.

2. Identify the technical/technological risks of a characteristic GP of a similar type to the one used in this study, with a view to preparing a general risk register with its possible extension to risk analysis and risk treatment phases of risk management process. For the process of risk identification use other *Risk Identification* (RI) techniques, untested by the present study, such as *risk brainstorming* and *risk interview*. Provide the RI process with the possibility to directly integrate the results to *Failure Modes and Effect Analysis* (FMEA) and *Fault Tree Analysis* (FTA) methods. Apply the *document review* technique as the initial one. In terms of the documentation typology selection, be focused particularly on the existing geotechnical failure studies and scientific publications related to the subject of study.

3. Compare the costs (materials and the use of the human resources), time, and productivity, efficiency, and company's/organization's maturity levels when applying different RI techniques in selected types of GP. Compare the costs for the use of determined geotechnical engineering expert groups with their values of effectiveness within the same RI technique applied. Also, compare the effectiveness of determined expert group compositions when applying different RI techniques. Implement the recommendations on the use of selected RI techniques under defined conditions (times, costs, complexity, and so on) of GP.

4. Integrate the proposed RI method for the purposes of GP with the internal processes of organizations designated to perform risk management activities, such as e.g. Independent Technical Inspection Services (TIS) responsible for prevention and control of the technical risks of civil engineering construction projects, the insurance companies dedicated to provide construction insurance, the construction project management organizations, and the consulting geotechnical companies.

LISTA DE FIGURAS, TABLAS Y SIMBOLOS

LISTA DE TABLAS

Tabla 2-1: Origen del problema y ocurrencia del mismo en los proyectos de ingeniería civil (Sowers, 1993).	33
Tabla 2-2: Ejemplo que demuestra algunas de posibles fuentes y efectos del evento (modo de fallo) de riesgo geotécnico (Rodríguez y Hruškovič, 2007).	47
Tabla 2-3: Algunas de las técnicas de identificación de riesgos y su posible aplicación en otras fases de la GR.	54
Tabla 2-4: Algunas de las técnicas de análisis cualitativo de riesgos y su posible aplicación en otras fases de la Gestión de Riesgos.	59
Tabla 3-1: Técnicas de identificación de riesgos seleccionadas para el uso en proyecto geotécnico.	75
Tabla 3-2: Aplicabilidad y requisitos para recursos (financieros-tiempos, y nivel de madurez de los procesos de gestión de riesgos) de las técnicas de Identificación de Riesgos según las diferentes fases de Proyecto Geotécnico. (PRAM, 2004) (VanStaveren, 2008) (Chapman, 1998)	81
Tabla 3-3: Recomendaciones preliminares sobre el empleo de las técnicas de Identificación de Riesgos según el tamaño y la complejidad de Proyecto Geotécnico. (PRAM, 2004) (Del Caño, De la Cruz, 2002) (Rodríguez et al, 2008) (Chapman, 1998)	82
Tabla 3-4: Modificaciones en el Registro de Riesgos geotécnicos y actividades de comunicación sobre la situación actual de los procesos de Gestión de Riesgos a lo largo del desarrollo de Proyecto Geotécnico.	88
Tabla 3-5: Formato del Registro de Riesgos para el proceso de Identificación de Riesgos propuesto para las fases de viabilidad y diseño básico de Proyecto Geotécnico.	89
Tabla 3-6: Formato del Registro de Riesgos para el proceso de Identificación de Riesgos propuesto para las fases de diseño detallado, ejecución, y mantenimiento de Proyecto Geotécnico.	89
Tabla 3-7: Formato del Registro de Riesgos para el proceso de Identificación de Riesgos propuesto para las fases de diseño detallado, ejecución, y mantenimiento de Proyecto Geotécnico.	90

Tabla 3-8: Formato genérico del Registro de Riesgos para todas las fases de Proyecto Geotécnico señalando la fase de tratamiento de riesgo del proceso de Gestión de Riesgos.	90
Tabla 4-1: Definición de proyecto característico objeto del estudio.	97
Tabla 4-2: Definiciones para los eventos de riesgo objetos del estudio.	97
Tabla 4-3: Descripciones cualitativas para los grados de probabilidad de ocurrencia.	99
Tabla 4-4: Descripciones cualitativas para los grados del impacto material.	100
Tabla 4-5: Descripciones cualitativas para los grados del impacto económico.	100
Tabla 4-6: Modelo del Registro de Riesgos utilizado durante todo el proceso de Identificación de Riesgos.	106
Tabla 4-7: Listado final de documentación seleccionada para la identificación de riesgos de proyecto geotécnico característico.	108
Tabla 5-1: "TOP20 RD"; listado de causas codificadas, que componen el 20 % del total de las causas (38 de 202 causas identificadas), todas identificadas mediante la técnica de Revisión de Documentación (RD) y mencionadas con mayor frecuencia de repetición en las fuentes de documentación analizada.	131
Tabla 5-2: "TOP20 E"; Listado de causas codificadas, que componen el 20 % del total de las causas (30 de 142), todas identificadas mediante la técnica de Encuesta (E) y mencionadas con mayor frecuencia de repetición en la información obtenida a través de conjunto de expertos.	136
Tabla 5-3: "TOP20 RD + E" Listado de causas codificadas, que componen el 20 % del total de las causas (35 de 152), identificadas mediante ambas técnicas utilizadas: la Revisión de Documentación (RD) y la técnica de encuesta y mencionadas con mayor frecuencia de repetición considerando la información obtenida mediante ambas.	142

Table 6-1: First three most frequently mentioned risk causes collected from “TOP20RD” list (20%, 38 from total of 202 causes of risk identified by document review technique)	175
Table 6-2: First three most frequently mentioned risk causes collected from “TOP20E” list (20%, 30 from total of 142 causes of risk identified by risk questionnaire technique)	176
Table 6-3: First three most frequently mentioned risk causes collected from “TOP20RD+E” list (20%, 35 from total of 170 codified original causes of risk identified by document review technique and risk questionnaire)	176

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-1: Los tres mayores retos de la industria de construcción (VanStaveren, 2006)	3
Figura 1-2: Asociación entre la gestiones de riesgos, de calidad, y de conocimiento. (VanStaveren, 2006)	4
Figura 1-3: Esquema del marco metodológico de investigación de la tesis.	11
Figura 2-1: Esquema de las fases usuales de la metodología geotécnica según José María Rodríguez Ortiz (1982)	17
Figura 2-2: Ejemplo de la ubicación correcta del edificio en un sitio de la obra según la técnica china de Feng Shui.	19
Figura 2-3: Descripción general de la fiabilidad de proyecto de la ingeniería civil (Rodríguez et al, 2006).	20
Figura 2-4: Esquema general de las fases del proyecto geotécnico con las incertidumbres pertinentes (Rodríguez, 2008).	25
Figura 2-5: Categorías de la incertidumbre en las condiciones del terreno (Whitman, 2000).	26
Figura 2-6: Distribución de datos de la resistencia al corte obtenidos de varias muestras. ¿Cuál es el valor de diseño? (Trenter, 2003)	26

Figura 2-7: Tres métodos establecidos dan resultados muy diferentes sobre el valor del factor de profundidad (D_c) cuando se calcula la capacidad portante de las cimentaciones. (Trenter, 2003)	27
Figura 2-8: Los asentamientos predichos de las cimentaciones en arenas comparados con los asentamientos reales observados. (Clayton, 2001)	28
Figura 2-9: Distribución relativa de los fallos y errores por las fases de proyectos de ingeniería civil (Stewart y Melchers, 1997)	29
Figura 2-10: Ilustración de las causas primarias de fallos estructurales (Stewart y Melchers, 1997).	30
Figura 2-11: Ilustración de cuando en el curso de proyecto fueron descubiertos los fallos y los errores (Matousek y Schneider, 1976)	31
Figura 2-12: Distribución relativa del origen de fallos o errores produciendo consecuencias económicas o la pérdida de vidas humanas (Matousek y Schneider, 1976).	31
Figura 2-13: Distribución de las razones porque ocurren los fallos y los errores (Matousek y Schneider, 1976).	32
Figura 2-14: Optimización de los costes presupuestados de proyecto y el riesgo geotécnico del mismo (Rozsypal, 2001).	35
Figura 2-15: Incremento del coste de construcción como la función de los expedientes a la investigación de terreno (TRL, 1994).	36
Figura 2-16: Repartición del peso relativo de los desordenes atribuibles a los elementos del edificio. Este gráfico muestra solo algunos de los elementos de edificio considerados en los informes de AQC (AQC, 2007).	38
Figura 2-17: Coste relativo de desordenes (CRD) repartido según elementos del edificio. Este gráfico muestra solo algunos de los elementos de edificio considerados en los informes de AQC (AQC, 2007).	39
Figura 2-18: Tres componentes de riesgo geotécnico varían en la naturaleza de un proyecto a otro. Lo importante es la reducción de cantidad total de riesgo (Trenter, 2003).	40
Figura 2-19: Relación entre el nivel de riesgo de un proyecto de ingeniería civil y los recursos invertidos durante el ciclo de vida del mismo (Wideman, 1992)	42
Figura 2-20: Esquema genérico de proceso de Gestión de Riesgos según PRAM (APM, 2004).	43
Figura 2-21: 6 pasos cíclicos de GeoQ. (Van Staveren, 2006)	45

Figura 2-22: Formula básica del meta lenguaje de riesgo (PMI, 2004) (APM, 2004).	46
Figura 2-23: Esquema de relaciones básicas entre los riesgos a través de la aplicación y uso del árbol de fallos y árbol de sucesos según UNE 150008:2008 (AENOR, 2008)	48
Figura 2-24: EDR genérica para el proyecto de construcción (Tah y Carr, 2001)	50
Figura 2-25: EDR genérica para el proyecto de construcción (Arican, 2005)	51
Figura 2-26: Esquema del contenido de registro riesgos según PRAM (APM, 2004)	52
Figura 2-27: Tipología de las sesiones de tormenta de ideas según VanStaveren (2006), Chapman (1998) y Aiken et al. (1996).	55
Figura 2-28: Diagrama de influencias para la decisión de exploración de dos fases, basado sobre la guía de gestión de riesgos de seguridad de presas (Cristian, 2004).	58
Figura 2-29: Matriz de probabilidad e impacto (MPI) “Probability-Impact Matrix”.	60
Figura 2-30: Ejemplo de un Árbol de fallo para fallo de la esclusa del dique de protección (Wrijling, 2000).	62
Figura 3-1: Diagrama de flujo del proceso de análisis de metodologías de Gestión de Riesgos para el uso en la fase de la identificación de riesgos de Proyecto Geotécnico.	67
Figura 3-2: Esquema del proceso de análisis del contenido de los estándares de Gestión de Riesgos.	69
Figura 3-3: Esquema del análisis detallado de ventajas y desventajas de los estándares de Gestión de Riesgos representativos.	71
Figura 3-4: Propuesta del proceso general junto con técnicas seleccionadas de Identificación de Riesgos para el uso en el Proyecto Geotécnico.	74
Figura 3-5: Esquema del proceso de búsqueda de documentación de entrada al proceso de identificación mediante la técnica de revisión de documentación.	77
Figura 3-6: Esquema detallado del proceso de codificación de causas de riesgo identificadas mediante las técnicas de Identificación de Riesgos.	79

Figura 3-7: Esquema del proceso de evaluación del uso de las técnicas seleccionadas de Identificación de Riesgos.	80
Figura 3-8: Factores seleccionados que influyen en la aplicación de las técnicas de Identificación de Riesgos en los proyectos.	81
Figura 3-9: Esquema del proceso del diseño de la Estructura de Desglose de Riesgos genérica para el uso en el Proyecto Geotécnico.	84
Figura 3-10: Esquema de registro de información sobre escenario de riesgo a través de la Estructura de Desglose de Riesgos para Proyecto Geotécnico.	84
Figura 3-11: EDR genérica propuesta para la gestión de riesgos del Proyecto Geotécnico.	85
Figura 3-12: Esquema del proceso de diseño del diagrama de flujo para el uso en el Proyecto Geotécnico característico.	85
Figura 3-13: Esquema genérico de las actividades relacionadas con el desarrollo de proyecto geotécnico preparado según José María Rodríguez Ortiz (1982) y CTE: DB - C (2006)	87
Figura 3-14: Esquema de proceso de diseño del Registro de Riesgos para el uso en el Proyecto Geotécnico.	88
Figura 3-15: Esquema de proceso de análisis de la organización de sesiones grupales interactivas de tormenta de ideas para el uso en Proyecto Geotécnico.	91
Figura 4-1: Diagrama general del proceso de identificación para el caso del proyecto geotécnico (PG) característico.	95
Figura 4-2: Diagrama de flujo para la fase determinada del PG característico.	98
Figura 4-3: Listado estructurado de los orígenes de riesgo operativo para presente estudio.	99
Figura 4-4: Esquema del proceso de Identificación de Riesgos (IR) ejecutado para el caso de Proyecto Geotécnico característico.	101
Figura 4-5: Esquema del código para un escenario de riesgo dentro del Registro de Riesgos final (anexo E3).	103
Figura 4-6: Esquema detallado del proceso de identificación de riesgos mediante la técnica de revisión de documentación.	104
Figura 4-7: Esquema detallado del proceso de identificación de riesgos mediante la técnica de encuesta a los expertos.	105

Figura 4-8: Esquema detallado del proceso de codificación de escenarios de riesgo identificados mediante las técnicas de revisión de documentación y encuesta a los expertos.	106
Figura 4-9: Distribución de la muestra de expertos según la ocupación profesional dentro del PG.	109
Figura 4-10: Distribución de la muestra de expertos según la responsabilidad profesional.	109
Figura 4-11: Distribución de subgrupos de expertos según distintas ocupaciones profesionales.	110
Figura 4-12: Distribución de responsabilidades profesionales según diferentes subgrupos expertos.	111
Figura 5-1: Diagrama de flujo de las actividades relacionadas con el análisis de los resultados de Identificación de Riesgos obtenidos mediante la Revisión de Documentación y la Encuesta.	127
Figura 5-2: Reparto del número total de causas identificadas por revisión de documentación sobre el total de 202 causas y sobre el total de 38 causas pertenecientes a “TOP20” (Fuente: Revisión de documentación).	129
Figura 5-3: Grados de productividad de los documentos analizados en % sobre el total de 202 causas identificadas G_{di} y grados de eficacia relacionados con las causas pertenecientes al “TOP20 RD”, $G_{dTOP20RD}$.	134
Figura 5-4: Reparto del número total de causas identificadas por los expertos sobre el total de 142 causas identificadas por la encuesta y sobre el total de 30 causas pertenecientes a “TOP20 E”.	135
Figura 5-5: Grados de productividad de los expertos en % sobre el total de 142 causas identificadas por la encuesta G_{ei} , y grados de eficacia $G_{ITOP20Ei}$.	138
Figura 5-6: Promedios de los grados de productividad de diferentes subgrupos de expertos en % sobre el conjunto de 142 causas identificadas por la encuesta G_{Psubk} , y promedios de los grados de eficacia de los mismos subgrupos de expertos relacionados con el “TOP20 E”, $G_{PeTOP20Esubk}$.	139
Figura 5-7: Cobertura de causas "TOP20 Encuesta" C_{TOP20E} según diferentes subgrupos expertos.	141

Figura 5-8: Cobertura de causas "TOP20 Revisión de documentación + Encuesta" según diferentes subgrupos expertos.	145
Figura 5-9: Promedios de tiempos de ejecución de la encuesta observados y recomendados como óptimos por los encuestados (expertos participantes).	146
Figura 5-10: Promedios de tiempos de ejecución de la encuesta observados y recomendados como óptimos por los encuestados (expertos participantes) según distintos subgrupos.	147
Figura 5-11: Promedios de los grados de satisfacción con la estructura y contenido de la encuesta según opinión de los encuestados (expertos participantes).	147
Figura 5-12: Distribución de promedios de los grados de satisfacción según distintos subgrupos de expertos.	148
Figura 5-13: Número de causas de riesgo identificadas mediante la encuesta según distintos subgrupos expertos.	149
Figura 5-14: Número promedio de causas de riesgo identificadas mediante la encuesta según distintos subgrupos expertos y el promedio del grupo entero.	150
Figura 5-15: Promedio de productividad (promedio causas identificadas en tiempo mínimo $t_{\min} = 25$ min) según diferentes subgrupos expertos P_{Subk} y promedio del conjunto P_{t} .	150
Figura 5-16: Promedio de eficiencia (promedio causas identificadas en 25 min.) según diferentes subgrupos expertos y promedio del conjunto.	152
Figura 5-17: Diferencias entre dos grados de eficacia individuales relacionados con los dos listados de "TOP20": "TOP20 Revisión de documentación + Encuesta" $G_{\text{ITOP20RD+Ei}}$ y "TOP20 Encuesta" G_{ITOP20Ei} .	155
Figura 5-18: Diferencias entre los dos grados de eficacia $G_{\text{dTOP20RD+Ei}}$ y G_{dTOP20RD} en toda la documentación revisada.	156
Figura 5-19: Grado promedio de originalidad de la encuesta según diferentes subgrupos de expertos G_{OPsubk} .	157
Figura 5-20: Comparación de las coberturas de causas identificadas a través de la Revisión de Documentación y la Encuesta.	158
Figura 5-21: EDR final compuesta de los orígenes de riesgo de evento de riesgo "Fallo en programación de reconocimiento de terreno" elaborada a base del listado de "TOP 20 Revisión de documentación + Encuesta".	161

Figura 5-22: EDR final compuesta de los orígenes de riesgo de evento de riesgo “Fallo en ejecución de ensayos geotécnicos” elaborada a base del listado de “TOP 20 Revisión de documentación + Encuesta”.	162
Figura 5-23: EDR final compuesta de los orígenes de riesgo de evento de riesgo “Fallo en el análisis de datos geotécnicos” elaborada a base del listado de “TOP 20 Revisión de documentación + Encuesta”.	163
Figura 5-24: EDR final compuesta de los orígenes de riesgo de evento de riesgo “Fallo en las recomendaciones geotécnicas” elaborada a base del listado de “TOP 20 Revisión de documentación + Encuesta”.	164
Figura 5-25: EDR final compuesta de los orígenes de riesgo de evento de riesgo “Fallo en el control y supervisión” elaborada a base del listado de “TOP 20 Revisión de documentación + Encuesta”.	164

LISTA DE SIMBOLOS

De los grados de aportación (grado de productividad, grado de eficacia):

- G_{di} Grado de productividad (aportación del documento i sobre el conjunto)
- C_{di} Número de causas de riesgo identificadas mediante documentación i
- C_{dt} Total causas identificadas mediante la técnica de revisión de documentación
- $G_{dTOP20RD_i}$ Grado de eficacia (aportación del documento i sobre el conjunto de “TOP20 RD”)
- $c_{TOP20RD}$ número total de causas de “TOP20 RD”
- $c_{dTOP20RD_i}$ número de causas identificadas por experto i pertenecientes a "Top20 RD"
- G_{ei} Grado de productividad individual (aportación individual del experto i sobre el conjunto de expertos (%))
- c_{ei} Número de causas de riesgo identificadas mediante experto i
- c_{et} Total causas identificadas (no codificadas) mediante la técnica de encuesta
- $G_{ITOP20RD+E_i}$ Grado de eficacia individual (aportación individual del experto i sobre el conjunto de “TOP20 RD + E”)
- $c_{TOP20RD+E}$ número total de causas de “TOP20 RD + E”
- $c_{eTOP20RD+E_i}$ número de causas identificadas por experto i pertenecientes a "Top20 RD+E"
- $G_{ITOP20E_i}$ Grado de eficacia individual (aportación individual de experto i sobre el conjunto “TOP20 E”)

$c_{TOP20RDE}$ Número total de causas de "TOP20 E"
 $c_{eTOP20Ei}$ Número de causas identificadas por experto i pertenecientes a "Top20 E"
 $G_{P_{subk}}$ Promedio del grado de productividad (aportación del subgrupo k sobre el conjunto de subgrupos)
 G_{ei} Grado de productividad individual de experto i (%)
 n_k Número de expertos del subgrupo k
 n Número total de expertos
 $G_{PeTOP20Esubk}$ Promedio del grado de eficacia (aportación de subgrupo k sobre el conjunto "TOP20 E")
 $G_{ITOP20Ei}$ Grado de eficacia individual de experto i sobre "TOP20 E" (%)
 G_{Oi} Grado de originalidad individual (aportación original del experto i sobre el conjunto de causas de descripción codificada)
 c_{ei} Número de causas de descripción codificada identificadas por el experto i y no identificadas por la técnica de revisión de documentación
 c_{et} Número total de causas de descripción codificada e identificadas mediante la revisión de documentación y la encuesta.
 G_{OPsub} Promedio del grado de originalidad (encuesta) (subgrupo de expertos)
 G_{oi} Grado de aportación original de experto i
 $G_{dTOP20RD+Ei}$ Grado de eficacia (aportación del documento i sobre "TOP20 RD + E")
 $c_{dTOP20RD+Ei}$ número de causas de descripción codificada identificadas por el documento i y pertenecientes al "TOP20 RD + E"
 $G_{PeTOP20RD+Esubk}$ Promedio grado de eficacia (aportaciones del subgrupo k sobre "TOP20 RD + E")

De la cobertura:

C_{TOP20E} Cobertura de causas "TOP20 Encuesta" (subgrupo de expertos)
 $c_{TOP20Esub}$ Número de causas codificadas identificadas por un subgrupo y pertenecientes a "TOP20 E"
 $c_{TOP20Et}$ número total de causas de "TOP20 E"
 $C_{TOP20RD+E}$ Cobertura de causas "TOP20 Revisión de documentación + Encuesta" (subgrupo de expertos)
 $c_{TOP20RD+Esub}$ Número de causas codificadas identificadas por un subgrupo y pertenecientes a "TOP20 RD E"
 $c_{TOP20RD+Et}$ Número total de causas de "TOP20 E"

$C_{TOP20RDk}$ Cobertura de causas "TOP20 Revisión de documentación" del subgrupo de expertos k

$c_{TOP20RDsubk}$ - número de causas codificadas identificadas por un subgrupo k y pertenecientes a "TOP20 RD"

$c_{TOP20RDt}$ Número total de causas de "TOP20 RD"

De los tiempos:

T_{Psubk} Tiempo promedio de ejecución de la encuesta por un subgrupo k

T_{Fi} Tiempo de familiarización con el cuestionario de experto i

T_{Ri} Tiempo de elaboración del registro de riesgos de experto i

T_{Pt} Tiempo promedio de ejecución de la encuesta por el conjunto de 3 subgrupos

T_{Foi} Tiempo de familiarización con el cuestionario recomendado óptimo por experto i

T_{Roi} Tiempo de elaboración del registro de riesgos recomendado óptimo por experto i

De los grados de satisfacción:

S_{Pfi} Grado promedio de satisfacción general de experto i

S_{eci} Grado de satisfacción de experto i relacionado con la estructura de cuestionario

S_{doi} Grado de satisfacción de experto i relacionado con la descripción de los objetivos de la encuesta

S_{dfi} Grado de satisfacción de experto i relacionado con el contenido y la estructura del diagrama de flujo de proyecto geotécnico característico

S_{ori} Grado de satisfacción de experto i relacionado con la clasificación de orígenes de riesgo a través del listado estructurado

S_{ri} Grado de satisfacción de experto i relacionado con la estructura del registro de riesgos

S_{Psubk} Grado promedio de satisfacción de subgrupo k

S_{Pt} Grado promedio de satisfacción general de todos los subgrupos

S_{Psubk} Tiempo promedio de ejecución de la encuesta por el conjunto de 3 subgrupos

c_{Pt} Promedio de causas identificadas mediante la encuesta por el conjunto de expertos

c_{tei} Número de causas identificadas mediante la encuesta por experto i

De la productividad:

P_{fi} Productividad individual de experto i

t_{emin} Tiempo total mínimo dedicado a cumplimentación del cuestionario.

$P_{P_{subk}}$ Promedio de productividad de un subgrupo de expertos k

P_{Pt} Promedio de productividad de todos los subgrupos de expertos (3 personas)

De la eficiencia:

E_{i} Eficiencia individual del experto i

$E_{P_{subk}}$ Promedio de eficiencia de subgrupo de expertos k

E_{Pt} Promedio de eficiencia de todos los subgrupos de expertos (3 personas)

BIBLIOGRAFÍA

- AENOR, 2008, *UNE 150008:2008 Análisis y evaluación de riesgo ambiental*, AENOR
- Agence Qualité Construction (AQC), 2007, *Le Tableau de bord Sycodés 2007, édition juin*, AQC, Paris
- Agence Qualité Construction (AQC), 2002, *Observatoire de la Qualité de la Construction*, AQC, Paris
- Aiken M., Vanjani M., Paolillo J., 1996, *A comparison of two electronic idea generation techniques*, Information and Management, Volume 30, Issue 2, pp. 91 - 99
- 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
- Association for Project Management (APM), 2004, *Project Risk Analysis and Management Guide (PRAM)*, Second edition, APM Publishing, Buckinghamshire, 2004
- Atkinson, J., 2003, *What is the matter with geotechnical engineering? Discussion.*, Proceedings of the Institution of Civil Engineers Geotechnical Engineering 156, July 2003, Issue GE3, Pages 159–162
- Brandl, H., 2004, *The Civil and Geotechnical Engineer in Society: Ethical and Philosophical Thoughts, Challenges and Recommendations.*, The Deep Foundations Institute, Hawthorne
- Clayton C. R. I., 2001, *Managing geotechnical risk: time for change?*, Geotechnical Engineering, Vol. 149 Issue 1, pp 3-11, January 2001
- Clayton, C. R. I., 2001, *Managing geotechnical risk: improving productivity in UK building and construction*, Thomas Telford, 80pp. (Institution of Civil Engineers)
- Christian, J. T., 2004, *Geotechnical Engineering Reliability: How Well Do We Know What We Are Doing? Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, Vol. 130, No. 10, October 1, 2004
- Chapman R., 1998, *The effectiveness of working group risk identification and assessment techniques*, International Journal of Project Management, Volume 16, Issue 6, pp. 333-343
- Delbecq A. L., Van de Ven A. H., and Gustafson D. H., 1975, *Group Techniques for Programme Planning*, Glenview Scott Foresman
- Del Caño A., Pilar de la Cruz M., 2002, *Integrated Methodology for Project Risk Management*, Journal of Construction Engineering and Management, Volume 128, Issue 6, November/December 2002, pp. 473-485
- Del Caño A., Pilar de la Cruz M., 2008, *Improvement of Risk Identification in Project Management*, Proceedings of the CEPMaW'08, October 2-3, 2008, Valladolid, Spain

Denscombe, M., 2007, *The Good Research Guide for Small Scale Social Research Projects*, Maidenhead: Open University Press.

Díaz de Rada Iguzquiza, V., 2001, *Diseño y elaboración de cuestionarios para la investigación comercial*, ESIC

Directiva de productos para la construcción DPC CE 89/106 relativa a la aproximación de disposiciones legales, reglamentarias y administrativas de los Estados miembros sobre los productos de construcción, Ministerio de Fomento de España, 1989

Egan, D., 2008, *The ground: clients remain exposed to unnecessary risk.*, Proceedings of the Institution of Civil Engineers Geotechnical Engineering 161, August 2008, Issue GE4, Pages 189–195

Flanagan, R.; Norman, G., 1993, *Risk Management and Construction.*, Blackwell Scientific Publications, Oxford

Freed D. L., 2008, *Benefits of In-House Collaboration of Geotechnical and Structural Engineering Services*, Research to Practice in Geotechnical Engineering Congress, Geotechnical Special Publication No. 180, James E. Laier, (editor), ASCE

Grande, I., Abascal, E., 2005, *Análisis de encuestas*, ESIC

Gutiérrez, J., P., 1985, *Experiencias del IETcc en patología de estructuras.*, Instituto Eduardo Torroja de la construcción y del cemento (IETcc) – CSIC, Madrid

Heredia, R., 1998, *Dirección Integrada de Proyecto*, Tercera edición, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, Universidad Politécnica de Madrid

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

Holický, M., Marková J., 2005, *Základy teorie spolehlivosti a hodnocení rizik*, Vydavatelství ČVUT, Praha

Hruškovič P., Rodríguez López F., 2009, *Geotechnical Risk Assessment using S.W.O.T. Analysis for Preparation of a New System of Construction Project Control*, Proceedings of the 9th International conference on geotechnical engineering, Geotechnical monitoring: theory and practice, Bratislava, Slovakia

Hruškovič P., Rodríguez López F., García Arvizu J. F., 2010, *Integrated Methodology for Geotechnical Risk Identification in Building Construction Projects*, Proceedings of the I. Latin American Congress on Project Engineering, Antofagasta, Chile

Hruškovič P., Rodríguez López F., Ibieta Ordoñez M. J., 2010, *Risk Management and Performance-Based Design of Car Park Buildings against the Risk of Terrorist Attacks*. Proceedings of the 2nd International Construction and Engineering Project Management Workshop CEPMaW'10, September 30 - October 1, 2010, Valladolid, Spain

International Electrotechnical Commission (IEC), 2006, *IEC 60812: Analysis Techniques for System Reliability – Procedure for Failure Modes and Effect Analysis (FMEA)*, Second Edition, IEC

International Electrotechnical Commission (IEC), 1995, *IEC 300-3 Dependability Management – Part 3: Application Guide – Risk Analysis of Technological Systems*, IEC

International Organization for Standardization (ISO), 2005, *ISO 9000:2005 Quality management systems – Fundamentals and vocabulary*, ISO

Jaksa M., 2000, *Geotechnical risk and inadequate site investigations: a case study*. Proceedings of Australian Geomechanics 2000, Adelaide, Australia

Keizer J. A., Halmana J. I. M, Song M., 2002, *From experience: applying the risk diagnosing methodology*, Journal of Product Innovation Management, Volume 19, Issue 3, May 2002, Pages 213-232

Leopoulos V., Kirytopoulos K., Voulgaridou D., 2006, *A model for risk identification in ERP system processes*, Risk Analysis V: Simulation and Hazard Mitigation, Wessex Institute of Technology, UK

LEY 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación Publicado en el BOE núm. 266, de 6 de noviembre de 1999

Lyons T., Skitmore M., 2004, *Project risk management in the Queensland engineering construction industry: a survey*, International Journal of Project Management, Volume 22, N° 1, pp. 51-61

Mañá, F., 1978, *Patología de las cimentaciones.*, Editorial Blume, Barcelona

Matousek M., Schneider J., 1976, *Untersuchungen zur structur des sicherheitsproblem bei bauwerken*, Institut fur static und baukonstruktion, der EHT Zurich, Bericht No.59, ETH Zurich

Código Técnico de Edificación (CTE), 2006, Parte 2, Documento básico: Seguridad Estructural Cimientos (SE-C), Marzo 2006, Ministerio de Vivienda

Moorhouse D. C., Millet R. A., 1994, *Identifying causes of failure in providing geotechnical and environmental consulting services*, Journal of management in engineering, Vol. 10, No.3, pp 56-64, May/June, 1994

Morley, J., 1996, *Acts of god: The symbolic and technical significance of foundation failures*, Journal of performance of constructed facilities, February 1996, pp. 23-30, paper No. 8014.

Littlejohn, G. S., Cole, K. W., Mellors, T. W., *Without site investigation ground is a hazard.*, Proceedings of the Institution on Engineers, 102, 72-78.

Klemetti, A., 2006, *Risk Management in Construction Project Networks*, Helsinki University of Technology, Laboratory of Industrial Management, Febrero 2006

Osborn A. F., 1963, *Applied Imagination. Principles and Procedures of Creative Problem Solving*, third revised edition, fourteenth printing Charles Scribner's Sons, New York

Osterberg J. O., 2004, *Geotechnical engineers wake up -- the soil exploration process needs drastic change.*, Proceedings of GeoSupport 2004, ASCE

Osterberg J. O., 1989, *Necessary redundancy in geotechnical engineering.*, J. Geotech. Engrg. Volume 115, Issue 11, pp. 1513-1531 (November 1989)

Peacock, W. S., Whyte, I. L., 1992, *Site investigation and risk analysis.*, Proceedings of the Institution of Civil Engineers, Civil Engineering 1992.91, May, pages 74-81

Powrie, W., 1997, *Soil mechanics: concepts and applications*, E & F.N. Spon, London, 1997

Project Management Institute (PMI), 2004, *Guía de los fundamentos de la Dirección de Proyectos. La guía del PMBoK.*, Tercera edición, PMI, Pennsylvania

Project Management Institute (PMI), 2001, *Practice Standard for Work Breakdown Structures*, PMI

Puertos de Estado, 2001, ROM 0.0: Recomendaciones para obras marítimas. Procedimiento general y bases de cálculo en el proyecto de obras marítimas y portuarias. PARTE I

Raz T, Michael E., 2001, *Use and benefits of tools for project risk management*, International Journal of Project Management, Vol. 19, N° 1, 2001, pp. 9-17

Rodríguez López F., Jiménez Rodríguez R., Hruškovič P., 2006, *Geotechnical risk management as a basis for quality assurance, Risk Analysis V: Simulation and Hazard Mitigation*, Wessex Institute of Technology, UK, 2006

Rodríguez López F., Hruškovič P., 2007, *Estructura de Desglose del Riesgo (EDR): Introducción del modelo para el fenómeno geotécnico*, Proceedings of the XI International Congress on Project Engineering, Vol. 9, Lugo, Spain, 2007, pp. 86 – 97.

Rodríguez López, F., 2008, *Gestión del riesgo de daños materiales de origen estructural en proyectos de edificios*, Trabajo de investigación de la empresa CPV Control y prevención de riesgos, Enero 2008

Rodríguez López F., Hruškovič P., Fernández Sánchez G., 2008, *Metodología para la Gestión de Riesgos Geotécnicos en los Proyectos de Ingeniería Civil*, Proceedings of the CEPMaW'08, October 2-3, 2008, Valladolid, Spain

- Rodríguez Ortiz J. M., Oteo Mazo C., Serra Gesta J., 1982, *Curso aplicado de cimentaciones*, Servicio de Publicaciones del Colegio Oficial de Arquitectos, Madrid, 1982
- Rozsypal A., 2001, *Kontrolní sledování a rizika v geotechnice*, Jaga group, Bratislava, 2001
- Serrano Alcudia, F., 1988, *Patología de las cimentaciones: efectos de las arcillas expansivas y cimentaciones inadecuadas.*, Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Madrid
- Smith R. E., 2008, *An Evolving View of Geotechnical Engineering – A focus on Geo-Risk Management*, Proceedings of GeoCongress 2008, Orleans, Louisiana March 9-12, 2008
- Smith E. M., 2005, *Managing Risk in Design-Build: Lessons for Geotechnical Professionals*, Proceedings of the Sessions of the Geo-Frontiers 2005 Congress
- Soriano Peña A., 2000, *Obras marítimas y portuarias. Criterios de proyecto*, Simposio sobre Geotecnia de las infraestructuras del transporte, Barcelona, 27 al 29 de septiembre de 2000
- Sowers G. F., 1993, Human factors in civil and geotechnical engineering failures, *Journal of geotechnical engineering*, Vol. 119, No.2, February, 1993
- Stewart, M., Melchers, R. E., 1997, *Probabilistic Risk Assessment of Engineering Systems*, Chapman & Hall
- McGivern, Y., 2006, *The Practice of Market and Social Research: An Introduction*, Harlow: Pearson Education Ltd.
- Millet, R. A., 1999, *Failures: How to avoid them*, *Journal of Management in Engineering*, Volume 15, Issue 5, pp. 32-36, September/October, 1999
- Mott MacDonald and Soil Mechanics Ltd, 1994, *Study of the efficiency of site investigation practices*, Transport and Research Laboratory (TRL)
- 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
- Thiry, M., 1997, *Value Management Practice*, PMI, USA, 1997
- Tichý M., 2006, *Ovládaní rizika. Analýza a management.*, C. H. Beck, Praha
- Trenter, N., 2003, *Understanding and Containing Geotechnical Risk*, Proceedings of ICE, *Civil Engineering* 156, February 2003, pp. 42-48, paper 12706
- Van Staveren M., 2006, *Uncertainty and Ground Conditions: A Risk Management Approach*, Butterworth-Heinemann

Wrijling, J. K., 2000, *Probabilistic design: Lecture Notes*, IHE – Delft, Netherlands, August 2000

Whitman, R., V., 2000, *Organizing and evaluating uncertainty in geotechnical engineering*, Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, Vol. 126, No 7, pp 583-593 July 2000

Wideman, R.M., 1992, *Project and Program Management Risk Management, A Guide to Managing Project Risks and Opportunities*, The PMBOK Handbook Series: Volume No.6, PMI, Drexel Hill

Za-Chieh Moh, 2004, *Site investigation and geotechnical failures*, Proceedings of International Conference on Structural and Foundation Failures, August 2-4, 2004, Singapore

APÉNDICES

APÉNDICE A: RESULTADOS DE ANÁLISIS DE ASPECTOS SELECCIONADOS DE METODOLOGÍAS ACTUALES DE IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS.

A.1. Listado de estándares de Gestión de Riesgos

Tabla 1: Conjunto de estándares que proporcionan procedimientos, técnicas y herramientas de gestión de riesgos (GR) *dentro de ámbito de dirección integrada de proyectos (“Project Oriented”)*.

DENOMINACIÓN DE ESTÁNDAR	PAÍS DE ORIGEN, ORGANISMOS INVOLUCRADOS, AÑO	DESCRIPCIÓN
RAMP Second Edition (Risk Analysis and Management for Projects)	Reino Unido, ICE (Institution of Civil Engineers), 2005	Procedimientos de Gestión de Riesgos (GR), Estudios de Casos, Modelo de Inversión
PRAM Second Edition (Project Risk Analysis and Management)	Reino Unido, APM (Association of Project Managers), 1997	Procedimientos de GR, Técnicas y Herramientas en GR, Organización y control de GR
PMBoK 2004 (Project Management Book of Knowledge)	EEUU, PMI (Project Management Institute), 2004	Procedimientos de GR, Técnicas y Herramientas en GR, Integración de GR a Dirección Integrada de Proyectos (DIP)
AS/NZS 4360:2004 Risk Management	Australia, Standards Australia, 2004	Procedimientos de GR, Técnicas y Herramientas en GR,
BS 6079-3:2000 Project Management. Guide to the Management of Business Related Project risk	Reino Unido, British Standards (BS), 2000	Procedimientos de GR, Técnicas y Herramientas en GR, Integración de GR a Dirección Integrada de Proyectos (DIP)
BS 6079-4 Project Management. Guide to the Project Management in Construction Industry	Reino Unido, British Standards (BS), 2000	Procedimientos de GR, Técnicas y Herramientas de GR en proyectos de construcción
ISO/IEC Guide 73 Risk Management – Vocabulary – Guidelines for Use	International, ISO (International Organization for Standardization), 2002	Vocabulario/Terminología en GR de proyectos o de organizaciones/empresas

Tabla 2: Conjunto de estándares que proporcionan procedimientos, técnicas y herramientas de gestión de riesgos (GR) *dentro de ámbito de seguridad de sistemas (“System Oriented”)*.

DENOMINACIÓN DE ESTÁNDAR	PAÍS DE ORIGEN, ORGANISMOS INVOLUCRADOS, AÑO	DESCRIPCIÓN
IEC 60812 Analysis Techniques for System Reliability – Procedure for Failure Modes and Effect Analysis (FMEA) Second Edition	International, IEC (International Electrotechnical Commission), 2006	Procedimientos de GR de los sistemas (FMEA), Jerarquía de Sistemas, Modos de Fallo, Causas de Fallo, Factor Humano, Estudios de Casos
IEC 300-1 Dependability Management – Part 1: Application Guide - Analysis Techniques for Dependability – Guide on Methodology	IEC (International Electrotechnical Commission), 1995	N/D hasta la fecha
IEC 300-2 Dependability Management – Part 2: Dependability Programme Elements and Tasks	IEC (International Electrotechnical Commission), 1995	N/D hasta la fecha
IEC 300-3 Dependability Management – Part 3: Application Guide – Risk Analysis of Technological Systems	IEC (International Electrotechnical Commission), 1995	Procedimiento de Análisis y de Gestión de Riesgos, Metodología de Estudios de HAZOP (Hazard and Operability), Técnicas y Herramientas de GR de Sistemas
IEC 61025 Fault Tree Analysis	International, IEC (International Electrotechnical Commission), 2006	Funcionamiento de la técnica, ecuaciones para calculo de probabilidad
IEC 1078 Técnicas de Análisis de la Confiabilidad. Método del Diagrama de Bloques de la Fiabilidad y Métodos Boléanos	International, IEC (International Electrotechnical Commission), 1991	N/D hasta la fecha
TP-2003-016-02 SE (System Engineering) Handbook Version 2	EEUU, INCOSE (International Council on Systems Engineering), 2004	Procedimientos de GR de los Sistemas de Ingeniería, Analisis de Fiabilidad,
ISO 17666 Space Systems – Risk Management	International, ISO (International Organization for Standardization), 2003	Procedimiento de GR en Proyectos de Sistemas Espaciales, Técnicas y Herramientas en GR
ISO/CEI Guide 51 Safety aspects - Guidelines for their inclusion in standards	International, ISO (International Organization for Standardization), 1999	Vocabulario/Terminología en GR de sistemas
IEC 61165 Application of Markov Techniques	International, IEC (International Electrotechnical Commission), 2006	N/D hasta la fecha

Tabla 3: Conjunto de estándares y guías que proporcionan procedimientos, técnicas y herramientas de gestión de riesgos (GR) de proyectos o sistemas y que fueron *aplicados a varios ámbitos o áreas de ciencia o industria* (Sistemas Espaciales, Fenómeno del Cambio Climático, Sistemas de Defensa, Dispositivos Médicos, Presas, Tuneles, etc.).

DENOMINACIÓN DE ESTÁNDAR	PAÍS DE ORIGEN, ORGANISMOS INVOLUCRADOS, AÑO	DESCRIPCIÓN
A Risk Management Standard	Reino Unido, IRM (The Institute of Risk Management)/AIRMIC (The Association of Insurance and Risk Managers)/ALARM (The National Forum of Risk Management in the Public Sector), 2002	Procedimientos de GR en la organización y gestión de empresas, corporaciones u organizaciones públicas, Técnicas y Herramientas en GR, Estructuras y Administración de GR
Risk Management Procedures and Guidelines	EEUU, National Association for Space and Aeronautics (NASA), 200?	N/D hasta la fecha
Probabilistic Risk Assessment Procedures Guide for NASA Managers and Practitioners	EEUU, National Association for Space and Aeronautics (NASA), 200?	N/D hasta la fecha
Risk Classification for NASA Payloads	EEUU, National Association for Space and Aeronautics (NASA), 200?	N/D hasta la fecha
Fault Tree Handbook with Aerospace Applications	EEUU, National Association for Space and Aeronautics (NASA), 200?	N/D hasta la fecha
Climate Change Impacts & Risk Management	Australia, Gobierno de Australia, 200?	No estudiado
Risk Management Guide for DOD Acquisition. Sixth edition. Versión 1.0	EEUU, US ARMY, Defence Acquisition Community	No estudiado
RISK MANAGEMENT	EEUU, US ARMY, Defence Acquisition Community	No estudiado
MIL-STD-882D DoD (Department of Defence) Standard Practice for System Safety	EEUU, US Army, Department of Defence (DoD), 2000	Seguridad de Sistemas, Adquisiciones, Riesgo de Accidentes, Identificación, Reducción y Control de Riesgos o Amenazas de Sistema
ANSI/ISO 14971:2000 Medical Devices – Application of Risk Management to Medical Devices	EEUU, Association for the Advancement of Medical Instrumentation (AAMI), American National Standards Institute (ANSI), 2000	Procedimiento de GR, Análisis de Riesgos y Seguridad de los Sistemas de Dispositivos Médicos, Evaluación, Control y Divulgación de la Información sobre Riesgos
Guidelines for Tunnelling Risk Management	International, International Tunnel Association (ITA), Working Group 2, 2002	Descripción de GR durante todas las fases de los proyectos de túneles, Herramientas y componentes de GR
Federal Guidelines for Dam Safety	EEUU, Federal Emergency Management Agency (FEMA), 2005	Gestión de las Actividades Técnicas y Operativas, Evaluación de Azar, Sistema de Clasificación de Potencial de Azar, Planificación de Planes de

		Emergencia
Guide To Dam Risk Management	EEUU, Gregory B. Baecher, Dam Safety Interest Group	Elementos esenciales de teoría de probabilidad y su aplicación en evaluación cuantitativa de riesgos.
SAE J1739:2000 Potential Failure Mode and Effect Analysis in Design (Design FMEA) and Potential Failure Mode and Effects Analysis in Manufacturing and Assembly Processes (Process FMEA), and Potential Failure Mode and Effects Analysis for Machinery	Internacional, Society of Automotive Engineers (SAE), 2000	N/D hasta la fecha
SAE ARP 5580:2001 Failure Modes, Effects and Criticality Analysis Procedures	Internacional, Society of Automotive Engineers (SAE), 2001	N/D hasta la fecha
UNE 150008:2008, Análisis y evaluación de riesgo ambiental	AENOR, 2008	Análisis, evaluación y gestión de riesgo medioambiental, integra las metodologías de FMEA y FTA dentro del método de análisis de riesgos vinculados con el impacto medioambiental. Propone un ejemplo de aplicación de la metodología
Uncertainty and Ground Conditions: A Risk Management Approach (GeoQ)	Van Staveren, Butterworth-Heinemann, 2006	Solucion completa para la gestión de riesgos relacionados con las incertidumbres del terreno en los proyectos de ingeniería civil. Proceso cíclico y continuo que considerara todas las fases de proyecto de construcción relacionadas con el entorno de geotécnia. Propone proceso, técnicas y herramientas de identificación de riesgos.
Managing geotechnical risk: improving productivity in UK building and construction	Clayton, Institution of Civil Engineers, Thomas Telford, 2001	Solucion completa para la gestión de riesgos relacionados con las incertidumbres del terreno en los proyectos de ingeniería civil. Proceso de GR relacionado e integrado las fases de desarrollo de proyecto geotécnico desde la fase de viabilidad hasta la entrega de la obra. Propone ejemplos prácticos de estructura y contenido de registros de riesgo para el caso de geotecnia.

A.2. Listado de técnicas y herramientas de Gestión de Riesgos

Tabla 1: Listado de las técnicas de la identificación de riesgos reconocidos por los estándares internacionales estudiados. Posible aplicación de las técnicas en otras fases de la *gestión de riesgos*. A – análisis, C – control, N – ninguna otra fase

TÉCNICA DE IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS	ESTÁNDAR DE GR	POSIBLE APLICACIÓN
Identificación de las fuentes de riesgo (EDR) “Source Identification (RBS)”	PRAM Second Edition, PMBoK 2004,	A, C
Estudio de peligro y operabilidad (EPO) “Hazard and Operability Study (HAZOP)”	IEC 300-3, PMBoK 2004	A
Identificación del error humano “Human Error Identification (HEI)”	IEC 300-3	N
Análisis de tarea “Task Analysis (TA)”	IEC 300-3	A, C
Análisis de hipótesis de proyecto	PRAM Second Edition, PMBoK 2004	A
Análisis de limitaciones de proyecto	PRAM Second Edition, PMBoK 2004	A
Listas de verificación “Checklists”	PRAM Second Edition, PMBoK 2004	N
Listas de control “Prompt lists”	PRAM Second Edition, PMBoK 2004	C
Tormenta de ideas “Brainstorming”	PRAM Second Edition, PMBoK 2004	N
Entrevistas “Interview”	PRAM Second Edition, PMBoK 2004	A
Análisis de debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades (DAFO), “Strenghts, Weaknesses, Opportunities, and Threats (SWOT)”	PRAM Second Edition, PMBoK 2004	C
Análisis de los interesados “Stakeholders Analysis”	PRAM Second Edition	A
Vigilancia de proyecto “Project Monitoring”	PRAM Second Edition	A, C
Técnica del grupo nominal “Nominal Group Technique (NGT)”	PRAM Second Edition	N
Niveles de disposición tecnológica “Technology Readiness Levels (TRL)”	PRAM Second Edition	A
Revisión inter pares “Peer Review”	PRAM Second Edition	A
La capitalización de una buena gestión de riesgos “Capitalising on a Good Risk Management Culture”	PRAM Second Edition	N
Revisiones de documentación “Document Review”	PMBoK 2004	A, C
Identificación de la causa “Cause Identification”	PMBoK 2004, IEC 60812	N
Diagramas de causa y efecto “Cause and Efect Diagrams”	PMBoK 2004, IEC 300-3	A
Diagramas de flujo o de sistemas “System Flow Diagrams”	PMBoK 2004, IEC 300-3	A
Diagramas de influencias “Influence Diagrams”	PMBoK 2004, PRAM Second Edition	A
Análisis de modos de fallo y sus efectos (AMFE) “Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)”.	IEC 60812, IEC 300-3	A

Tabla 2: Listado de las técnicas del análisis cualitativo de riesgos reconocidos por los estándares internacionales estudiados. Posible aplicación de las técnicas en otras fases de la *gestión de riesgos*. A – análisis (cuantitativo), I – identificación, N – ninguna otra fase.

TÉCNICA DE ANÁLISIS CUALITATIVO DE RIESGOS	ESTÁNDAR DE GR	POSIBLE APLICACIÓN
Entrevista	PMBok 2004	I
Juicio de expertos	PMBok 2004	N
Estimación de probabilidad “Probability Assessment”	PRAM Second Edition, PMBok 2004, IEC 60812	N
Estimación de impacto “Impact Assessment”	PRAM Second Edition, PMBok 2004, IEC 60812	N
Diagramas de influencia “Influence Diagrams”	PRAM Second Edition, PMBok 2004	I
Matriz de probabilidad e impacto “probability-impact matrix”	PRAM Second Edition, PMBok 2004, IEC 60812,	N
Técnica Delphi “Delphi Technique”	PRAM Second Edition, PMBok 2004	I
Potencial de mejora de riesgo “Risk Improvement Potencial”	PRAM Second Edition	N
Ventanas de impacto de riesgo y diagramas de burbuja “Risk Impact Windows and Bubble Diagrams”	PRAM Second Edition	C
Registro de riesgos “Risk Register”	PRAM Second Edition, PMBok 2004, IEC 60812	C
Indicadores del despliegue de proyecto (banderas negras/doradas y semáforos) “Project Roll-Up Indicators (black/gold flags and traffic lights)”	PRAM Second Edition	N
Evaluación de la calidad de los datos sobre riesgos	PMBok 2004, PRAM Second Edition	I
Evaluación de la urgencia de los riesgos “Evaluation of the urgency of the risks”	PMBok 2004, IEC 60812	N
Análisis a través de Árboles de fallo (AAF) “Fault Tree Analysis”	IEC 61025, IEC 300-3	I
Análisis a través de Árboles de eventos (AAE) “Event Tree Analysis (ETA)”	IEC 300-3	I
Matriz Universal del Análisis de Riesgo (MURA) “Universal Matrix for Risk Analysis (UMRA)”	Tichy (2006)	I

Tabla 3: Listado de las técnicas del análisis cualitativo de riesgos reconocidos por los estándares internacionales estudiados. Posible aplicación de las técnicas en otras fases de la *gestión de riesgos*. C – control, I – identificación, A – análisis (cualitativo) N – ninguna otra fase

TÉCNICA DE ANÁLISIS CUANTITATIVO DE RIESGOS	ESTÁNDAR DE GR	POSIBLE APLICACIÓN
Entrevista	PMBok 2004	I
Juicio de expertos	PMBok 2004	N
Funciones de distribución de probabilidad y estimaciones de tres puntos “Probability distribution Functions and Three-Point Estimates”	PRAM Second Edition, PMBok 2004	N
Modelos cuantitativos de primer paso (minimalista) “First-Pass (minimalist) Quantitative Models”	PRAM Second Edition	I
Análisis Monte Carlo (Monte Carlo Analysis)	PRAM Second Edition, PMBok 2004	N
Dependencias estadísticas (correlación) “Statistical Dependencies (correlation)”	PRAM Second Edition	N
Evaluación de probabilidad e impacto antes y después de la respuesta frente a riesgo (Pre- and Post-Response Assessments of Probability and Impact)	PRAM Second Edition, PMBok 2004	C
Árboles de decisión “Decision Tree análisis”	PRAM Second Edition	C
Análisis de sensibilidad “Sensitivity Analysis”	PRAM Second Edition, PMBok 2004	I, C
Evaluación de riesgo según conocimiento obtenido de proyectos anteriores (Knowledge Based Risk Assessment)	PRAM Second Edition, RAMP Second Edition, PMBok 2004	I
Valor esperado “Expected Value”	PRAM Second Edition, RAMP Second Edition, PMBok 2004	A

A.3. Estructura de Desglose de Riesgos genérica para el uso en el proyecto geotécnico.

Tabla 1: Estructura del desglose de riesgo geotécnico EDRG: MODELO 07/2

NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3
RIESGO GEOTÉCNICO INHERENTE AL DISEÑO DE SISTEMA	INTERACCIÓN TERRENO – CIMENTACION – EDIFICIO (ESTRUCTURA)	TERRENO
		EDIFICACIÓN SOBRE TALUD O A LADO DEL MISMO
		MEJORA DEL TERRENO
		CIMENTACIÓN
		ESTRUCTURA INHERENTE A EDIFICIO
		DRENAJE
		MUROS DE CONTENCIÓN
		ESTRUCTURAS PROVISIONALES
	INTERACCIÓN PROYECTO NUEVO – ESTRUCTURAS COLINDANTES	CIMENTACIONES COLINDANTES
		EDIFICIOS COLINDANTES
		DRENAJES COLINDANTES
		MUROS DE CONTENCIÓN
		CONDUCCIONES SUBTERRANEAS COLINDANTES
		INFRAESTRUCTURAS COLINDANTES
		TALUDES COLINDANTES
	ENTORNO FÍSICO DE PROYECTO	SISMOS
		CLIMA
		QUIMISMO
		PLUVIOMETRÍA
		ACTIVIDADES VOLCÁNICAS
		ARBOLADO PELIGROSO

RIESGO GEOTÉCNICO INHERENTE A OPERACIONES Y PROCESOS	INFORME GEOTÉCNICO	DATOS GEOLOGICOS-GEOTÉCNICOS
		RECOMENDACIONES PARA DISEÑO Y EJECUCIÓN
		PRUEBAS IN SITU
		PRUEBAS EN LABORATORIO
		SONDEOS Y CALICATAS
	DISEÑO	METODOS DE CALCULO
		DIBUJOS Y DETALLES
		RECOMENDACIONES PARA EJECUCIÓN
	EJECUCIÓN	MAQUINARIA
		MATERIALES
		PROCEDIMIENTOS
		PROCESO DE EJECUCIÓN
		RECOMENDACIONES PARA MANTENIMIENTO Y EXPLOTACIÓN
	EXPLOTACIÓN	CAMBIO DE FUNCCIÓN
		CAMBIO DE CARGAS
		CAMBIO DE ENTORNO FÍSICO
		RECONSTRUCCIÓN
		CAMBIOS DE NIVEL FREÁTICO
	MANTENIMIENTO	PROGRAMAS
		OBSERVACIONES Y MEDICIONES
		MATERIALES
		SISTEMAS DE MANTENIMIENTO
		PROCEDIMIENTOS
	GESTIÓN	ORGANIZACIÓN
		COMUNICACIÓN
		CONTRATOS
		CONTROL
	RECURSOS HUMANOS	UNIDADES DE DISEÑO DE ESTRUCTURA Y CIMENTACIÓN
UNIDADES DE INVESTIGACIÓN DE SUBSUELO		
UNIDADES DE MANTENIMIENTO Y EXPLOTACIÓN		
PROMOTOR		
GERENTE		
SEGUROS		
UNIDADES DE CONTROL		
UNIDADES DE EJECUCIÓN		

APÉNDICE B: FORMATO DEL CUESTIONARIO SOBRE LA ORGANIZACIÓN DE TORMENTA DE IDEAS GRUPAL INTERACTIVA PARA PROYECTO GEOTÉCNICO.

INTRODUCCIÓN:

El cuestionario que Vd. acaba de abrir está destinado a conseguir una información previa muy valiosa sobre cómo ejecutar la sesión grupal de identificación de riesgos, conocida en el mundo por el nombre de “**brainstorming**” o “**tormenta de ideas**” respectivamente. La mayor ventaja de este método de identificación es la de “**potenciar la creatividad a base de las ideas de los demás, buscar combinaciones y mejoras**” (PRAM, 2004). El objetivo principal de esta sesión dentro del marco de nuestro proyecto de investigación, es identificar el mayor número de escenarios de riesgo operativo en el tiempo limitado, relacionados con el desarrollo del **Proyecto Geotécnico** (PG).

Se piensa utilizar dos herramientas adicionales para agilizar el proceso de identificación que serán objeto de su juicio. Una es la llamada **Estructura de Desglose de Riesgo** (EDR) cuya función será la de marcar el alcance de los orígenes de riesgo tratados a lo largo de la sesión, y a su vez servir de registro para los escenarios de riesgo identificados por los expertos. La EDR servirá también para aumentar la creatividad de los participantes en la identificación de nuevos escenarios. Para aclarar a un experto-participante lo que se entiende como desarrollo de un proyecto o sistema se piensa utilizar un **Diagrama de Flujo** que describe gráficamente las relaciones entre los procesos pertinentes.

Le agradezco de antemano por completar este formulario y permitirme contar con su experiencia, así como la de otros expertos en el tema. El cuestionario consta de **10 preguntas** y está diseñado para rellenarse entre 20 y 30 minutos.

NOTA: En el desarrollo del cuestionario se ha tratado de simplificar lo más posible las respuestas a las preguntas que se le plantean, con el fin de mejorar su entendimiento y aumentar la velocidad de ejecución del mismo. Si Vd. lo desea, a finales del cuestionario puede añadir su propio comentario, sugerencia o reflexión a cualquiera de los temas que aquí se presentan. **No es necesario que conteste a todas las preguntas**, solamente conteste las que le parezcan entendibles y fundadas para aportar su propio criterio.

PREGUNTAS INICIALES:

¿En que sector trabaja Vd. actualmente? (seleccione tantas como sean pertinentes)

Investigación y Enseñanza

Consultoría

Ejecución

Control y Supervisión

Gestión de Proyectos

Otro Ámbito Describir

¿Cuántos años de experiencia tiene en relación a la participación, organización o ejecución de sesiones grupales de trabajo?

¿Cuántos años de experiencia tiene en relación al ámbito en el que trabaja?

¿Cuántos años de experiencia tiene en relación a la gestión de proyectos y/o gestión de riesgos?

1. Por favor, añada el tiempo (en minutos) que Vd. considera óptimo para ejecutar las siguientes fases de la sesión de tormenta de ideas. (Factores a considerar en la estimación del tiempo: entendimiento del tema, disponibilidad de tiempo de los expertos participantes, concentración&fatiga, tiempo mínimo para identificar un escenario, etc.) Por favor, no considere el uso de herramientas informáticas.

Introducción (el posible contenido de esta fase viene desgloseado en el punto 2) (min)

Identificación de escenarios de riesgo (fase fundamental, en la cual los expertos trabajan en grupo) (min)

Café (descanso, durante el cual ya se pueden discutir fases posteriores) (min)

Revisión final de los escenarios de riesgo identificados (se recorren todos los escenarios identificados, se permite redefinirlos, explicarlos con más detalle por si hubiera alguna confusión, redistribuirlos dentro del registro, se identifican los que son repetitivos, etc.) (min)

Evaluación posterior de la sesión (a los expertos se les distribuye un corto cuestionario donde expresan su opinión sobre el proceso y organización de la reunión) (min)

2. Indique el grado de importancia con el que los siguientes contenidos deben ser mencionados en la fase de introducción.

0 – no debe formar parte de la introducción 1 – optativo, sin gran impacto sobre los resultados 2- optativo, información importante para buen entendimiento del proceso 3 - imprescindible de mencionar

CONTENIDO DE INTRODUCCIÓN	PUNTUACIÓN
Objetivos del proyecto y de la sesión.	puntue
Presentación del moderador y de los expertos participantes.	puntue
Presentación del proceso/dinámica del trabajo grupal.	puntue
Presentación de las reglas de la sesión.	puntue
Presentación de herramientas de ayuda (software, hardware, diagramas, esquemas) que pueden ser utilizadas durante la reunión.	puntue
Presentación de un ejemplo de escenario de riesgo identificado y de cómo definirlo.	puntue
Presentación sobre la definición de la sesión de tormenta de ideas.	puntue

3. ¿Para evitar que se produzcan desequilibrios en la intervención de los participantes, y para fomentar un intercambio fluido de información entre los mismos, qué dinámica de sesión de “tormenta de ideas” preferiría Vd. de las que se proponen a continuación?

a) Organización rígida: A cada experto se le asigna un tiempo límite de actuación y se le concede la palabra automáticamente, por orden de posición, según el lugar que ocupa en la mesa de trabajo. En el caso en que no hable nadie, el moderador pasará al siguiente tema previsto y por orden de posición concederá la palabra a uno de los contertulios.

b) Organización mixta: A los expertos se les concede la palabra según el orden que establezca el moderador (puede ser por orden de petición de la palabra). El experto habla solamente cuando se le haya concedido la palabra. El moderador tiene derecho a pasar la palabra al otro contertulio cuando él lo considere necesario.

c) Organización abierta: El moderador presenta el tema de la reunión y después deja a los expertos que hablen sin intervenir en el flujo de la conversación. El moderador interrumpe la conversación solamente en el caso de incomprensión o malentendido entre los contertulios o en el caso de salirse la conversación del tema de la reunión. En el caso en que no hable nadie, el moderador cambiará de tema y concederá la palabra a uno de los contertulios.

Marque una de las tres opciones Elegir opción

4. Sabiendo que la gestión de riesgos es un proceso cíclico y que se recomienda llevar a cabo varias veces la fase de identificación de riesgos (PRAM, 2004; GeoQ, 2009) a lo largo del desarrollo de un proyecto, ¿qué composición de reunión experta de “tormenta de ideas” recomendaría Vd.? Puntúe las cuatro opciones para cada una de las fases que se indican a continuación.

0 – Composición inapropiada 1 – Composición mediocre, se necesita una organización y un control muy estrictos para poder ejecutarla 2 – Composición apta, puede que aparezcan problemas pero que no influyan notablemente los resultados 3 – Composición óptima

Fase previa a la del diseño conceptual/básico (en esta fase se analizan los riesgos de varias soluciones de diseño):

	Equipo unidisciplinar (representantes de una unidad/profesión a nivel de proyecto)	Equipo multidisciplinar (representantes de distintas unidades/profesiones a nivel de proyecto)
Participantes con el mismo poder de decisión	puntue	puntue
Participantes con distinto poder de decisión	puntue	puntue
Participantes con el mismo nivel de experiencia profesional	puntue	puntue
Participantes con distinto nivel de experiencia profesional	puntue	puntue

* En relación al proyecto objeto de la reunión.

Fase previa a la del diseño detallado (en esta fase se analizan los riesgos de una solución de diseño específica):

	Equipo unidisciplinar (representantes de una unidad/organismo a nivel proyecto)	Equipo multidisciplinar (representantes de distintas unidades/organismos a nivel proyecto)
Participantes con el mismo poder de decisión	puntue	puntue
Participantes con distinto poder de decisión	puntue	puntue
Participantes con el mismo nivel de experiencia profesional	puntue	puntue
Participantes con distinto nivel de experiencia profesional	puntue	puntue

* En relación al proyecto objeto de la reunión.

5. ¿Qué importancia le asigna Vd. a las herramientas de ayuda que se presentan a continuación para asegurar un buen desarrollo de la reunión?

0 – Nada importante 1 – Poco importante 2 – Muy importante 3 – Imprescindible

HERRAMIENTAS DE AYUDA	PUNTUACIÓN
Pizarra de grandes dimensiones para poder exponer los escenarios de riesgo identificados.	puntue
Bolígrafos de buena visibilidad para describir los escenarios de riesgo sobre papeles tipo “post-it” y exponerlos sobre la pizarra.	puntue
Grabadora de voz para registro de los escenarios identificados.	puntue
Diseño o forma de la mesa de trabajo y asientos cómodos.	puntue
Documentación para los participantes de color diferente para mejorar la visibilidad. (papeles para anotaciones tipo “post-it”, documentación de ayuda)	puntue
Pantalla grande de presentación conteniendo información importante para cada una de las fases.	puntue
Etiquetas para cada persona indicando su ocupación profesional.	puntue
Sitio de la reunión aislado de posible ruido.	puntue
Uso de programas de software manejado por el secretario de la reunión con el fin de registrar y presentar en el tiempo real los riesgos identificados.	puntue

6. ¿Qué función debería ejercer el moderador de la sesión?

- a) El moderador tiene que ser imparcial, es decir, no debe presentar sus opiniones sobre el tema de la reunión. El moderador debe entender el contenido del tema y la dinámica de la reunión para poder, en caso necesario, ayudar a los expertos a aclarar sus dudas.
- b) El moderador puede ser experto en el tema tratado y puede definir y presentar sus propios escenarios de riesgo. El moderador se autocontrola su tiempo de intervención experta durante la sesión.
- c) El moderador puede experto en el tema tratado y puede definir y presentar sus propios escenarios de riesgo. Al moderador se le concede el mismo tiempo límite de intervención que al resto de los contertulios.

Marque una de las tres opciones Elegir opción

7. ¿Teniendo en cuenta que en la sesión de “tormenta de ideas” se utilizarán la estructura de desglose de riesgos (EDR) y el diagrama de flujo del proyecto o sistema, cómo sería preferible repartir el tiempo de la fase de identificación?

- a) Repartir el tiempo destinado a la identificación según el diagrama de flujo del proyecto o sistema tratado durante la sesión (véase la Figura 1) con objeto de recorrer todas las fases del mismo. Es decir, los expertos se centran solamente en una determinada fase del diagrama de flujo del proyecto o sistema, definida por el moderador, pudiendo utilizar la EDR como herramienta de apoyo.
- b) Repartir el tiempo destinado a la identificación según la EDR del proyecto (véanse las Figuras 2,3 y 4) con objeto de recorrer todos los orígenes de riesgo. Es decir, los expertos se centran solamente en una determinada parte de la EDR, definida por el moderador, pudiendo utilizar el diagrama de flujo como herramienta de apoyo.
- c) Exponer desde el inicio los dos esquemas (diagrama de flujo y EDR) y dejar que los expertos se distribuyan el tiempo según su criterio.

Marque una de las tres opciones Elegir opción

8. ¿Teniendo en cuenta el tiempo que Vd. ha asignado a esta sesión, cuál considera Vd. que es el número óptimo de expertos en una mesa de trabajo?

Por favor, ponga la cifra.

9. ¿Según su propio criterio, cuál sería un número óptimo de temas (pueden ser fases del proyecto geotécnico u orígenes de riesgo plasmados a través de la estructura de desglose de riesgos EDR) dentro del tiempo y número de expertos que había estimado Vd. previamente para la fase de identificación de escenarios de riesgo?

Por favor, ponga la cifra.

10. ¿Cuál de las tres versiones de la estructura de desglose de riesgo (EDR) le parece la más apta (desde el punto de vista de su composición) para la identificación de riesgos durante la sesión? Clasifique según el grado de aptitud las opciones que se presentan a continuación (1 – la más apta, 2 – bastante apta, 3 – poco apta, 4 – la menos apta)

COMPOSICIÓN DE “ESTRUCTURA DE DESGLOSE DE RIESGO”	CLASIFIQUE
a) EDR V2 con dos niveles de desglose, donde el primer nivel es desglosado según las fases del proyecto y el segundo según los orígenes de riesgo de cada fase en particular. (Figura 2)	Clasifique
b) EDR V3 con dos niveles de desglose, donde el primer nivel es desglosado según una clasificación genérica de los orígenes de riesgo del proyecto, y el segundo según una clasificación más detallada de cada uno de los anteriores (Figura 3)	Clasifique
c) EDR V4 con un único nivel de desglose según los distintos orígenes de riesgo. (Figura 4)	Clasifique
d) No utilizar ningún sistema de ayuda para la identificación de los riesgos.	Clasifique

FIGURA 1: Ejemplo de diagrama de flujo de un proyecto geotécnico con las fases de desarrollo pertinentes.



FIGURA 2: Ejemplo de la EDR V2 con dos niveles de desglose, donde el primer nivel es desglosado según las fases del proyecto y el segundo según los orígenes de riesgo de cada fase en particular.

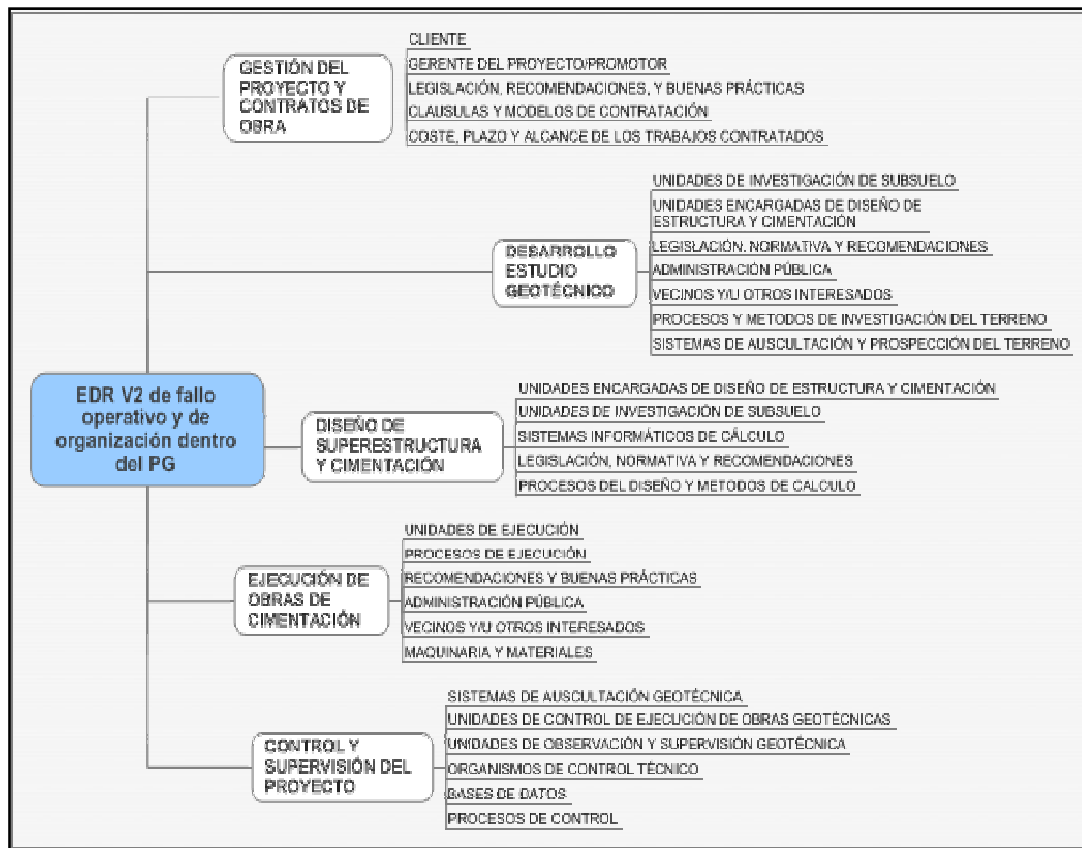


FIGURA 3: Ejemplo de la EDR V3 con dos niveles de desglose, donde el primer nivel es desglosado según una clasificación genérica de los orígenes de riesgo del proyecto, y el segundo según una clasificación más detallada de cada uno de los anteriores.

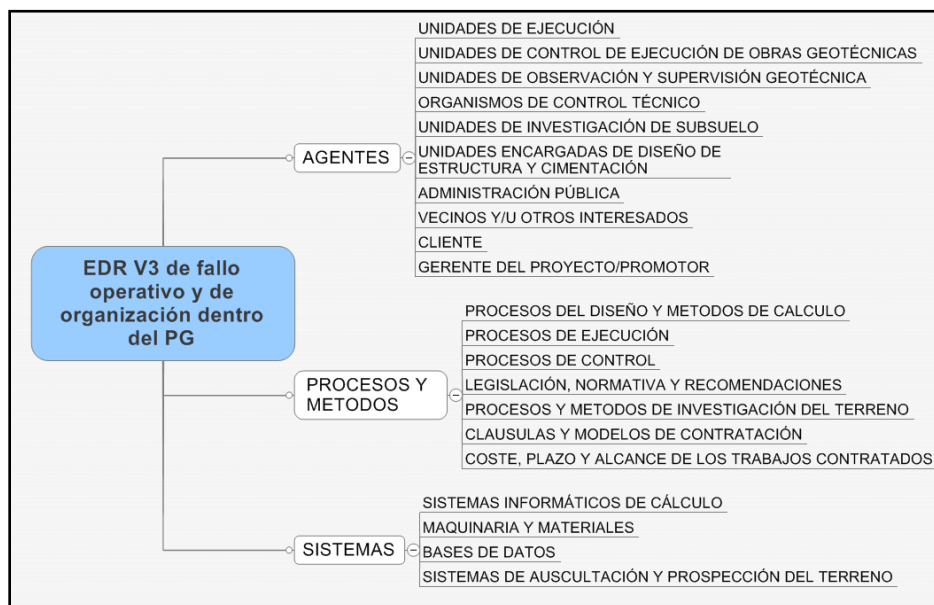
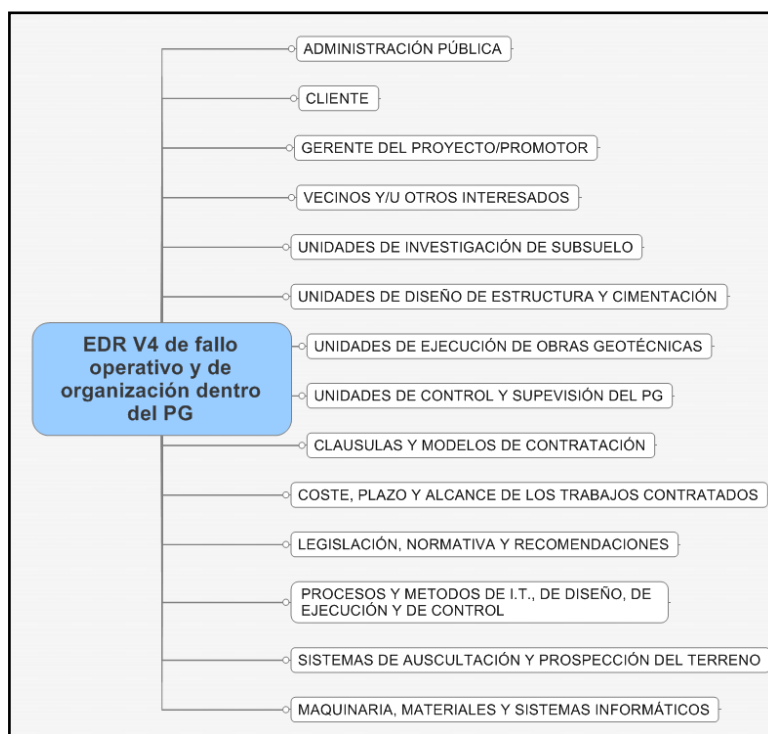


FIGURA 4: Ejemplo de la EDR V4 con un único nivel de desglose según los distintos orígenes de riesgo.



COMENTARIOS:

En este apartado puede realizar comentarios sobre la encuesta que crea importantes.

Muchas gracias por su colaboración

Correspondencia (para enviar la encuesta, y para cualquier duda o aclaración, puede contactar con):

Pavel Hruskovic

ETSI Caminos, Canales y Puertos de la UPM

Departamento de la Ingeniería Civil: Construcción

C/ Profesor Aranguren

Tlf: +34 91 336 5378

Fax: +34 91 336 6803

Correo electrónico: pavelh@caminos.upm.es

APÉNDICE C: PUBLICACIONES: ANÁLISIS DEL MARCO METODOLÓGICO PARA IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN. ENFOQUE AL USO EN PROYECTO GEOTÉCNICO.

C1: INTEGRATED METHODOLOGY FOR GEOTECHNICAL RISK IDENTIFICATION IN BUILDING CONSTRUCTION PROJECTS.

C2: GEOTECHNICAL RISK REGISTER FOR THE CONTROL AND TECHNICAL AUDITING OF BUILDING CONSTRUCTION PROJECTS.

C3: ORGANIZATION AND IMPLEMENTATION OF BRAINSTORMING SESSIONS FOR RISK IDENTIFICATION IN GEOTECHNICAL PROJECTS.

INTEGRATED METHODOLOGY FOR GEOTECHNICAL RISK IDENTIFICATION IN BUILDING CONSTRUCTION PROJECTS.

Fernando Rodríguez López

Pavel Hruškovič

Dept. Ingeniería Civil: Construcción.

ETS Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Universidad Politécnica de Madrid.

c/ Profesor Aranguren s/n 28040 Madrid (Spain)

Jesús Fernando García Arvizu

Dept. Ingeniería Civil y Minas.

Universidad de Sonora. Hermosillo, Sonora 83170 (México)

Resumen

A pesar de la disponibilidad de los códigos de diseño, es necesario acentuar en que la seguridad no puede ser totalmente garantizada, incluso si las directrices propuestas en los códigos de diseño son estrictamente cumplidas. A mediados de los años 90, expertos de la industria de construcción comenzaron a proponer la integración de metodologías de Gestión de Riesgos (GR) a los procesos de diseño y construcción. En muchos países, la sociedad evolucionó a considerar la filosofía de la prevención como la base para sus reglamentos nacionales. Los estudios recientes indican que, 80-85 por ciento de todos los fallos en proyectos de edificación están relacionados con problemas en el terreno. Esto significa que hasta ahora problemas relacionados con el suelo siguen siendo la principal causa de los retrasos y sobrecostos en proyectos, lo que sugiere que los ingenieros aún necesitan un mejor entendimiento de la naturaleza del riesgo geotécnico. Antes de analizar el riesgo geotécnico, el ingeniero tiene que entender y definir los escenarios de aquel riesgo para cada proyecto en particular. Esta fue la razón básica para el desarrollo de una metodología concisa de identificación sistemática de los riesgos geotécnicos.

Abstract

Despite the availability of design codes, it has to be emphasized that security cannot be totally assured; even if guidelines proposed in design codes are strictly followed. Therefore, from the midst of 90s, many construction industry experts began to propose the integration of Risk Management (RM) methodologies to construction development processes. In many countries, the society evolved to consider the philosophy of prevention as the base for its national standards and regulations. The recent studies indicate that, according to European statistics, about 80-85 per cent of all building failures and damages are related to problems in the ground. It means that until now, ground-related problems remain the biggest cause of delays and cost overruns in civil engineering projects, suggesting that engineers still need a better understanding of the nature of geotechnical risk. Before analyzing the geotechnical risk, the engineer needs to understand and define the geotechnical risk scenarios for each project in particular that he or she has to face. This was the basic reason for the development of a concise

and consistent methodology for systematical identification of risks related to geotechnical problems of building construction projects.

Palabras clave: *geotecnia, Gestión de Riesgos (GR), proceso de identificación de riesgos, técnicas y herramientas de identificación de riesgos, Estructura de Desglose de Riesgos (EDR)*

Keywords: *geotechnical engineering, Risk Management (RM), risk identification process, risk identification techniques and tools, Risk Breakdown Structure (RBS)*

1. Introduction

Despite the fact that the construction industry belongs to one of the most important engines of the developed countries economies, it still has to advance in many of its particular problems. According to VanStaveren (2006), there are three main challenges in the construction industry that are searching for the solutions in order to get back the initiative:

1. Increasing complexity of the technological systems.
2. Growing aversion of many people in a lot of countries feel towards corruption and fraud.
3. High failure costs represented to a large degree by the problems related to the ground conditions.

Brandl (2004) indicates that, according to European statistics, about 80-85 per cent of all building failures and damages are related to problems in the ground. It means that until now, ground-related problems remain the biggest cause of delays and cost overruns in civil engineering projects, suggesting that engineers still need a better understanding of the nature of geotechnical risk. Despite the availability of design codes and construction process and material recommendations, it has to be emphasized that security cannot be totally assured; even if the design codes and guidelines are strictly followed (Rodríguez et al, 2006).

Therefore, from the midst of 90s, many construction industry experts began to propose the integration of Risk Management (RM) methodologies to construction development processes. In recent years, a great progress has been made mainly in the areas of tunnelling, coastal or overseas structures, and dam construction projects. RM methodology recognizes the value of the risk as a mathematical equation and defines it basically as a multiplication of two variables, probability of occurrence of determined risk event, and the value of possible impact in case of its materialization (PRAM, 2004).

Within the construction project, the geotechnical engineering is familiarized to work with uncertainties. As the soil characteristics are “predetermined” and largely not known at the beginning of the project, which is not the case, for example, of a concrete

as artificial material, the geotechnical engineer has to assume the role of the risk manager from the beginning. This being the case, a new strategy is required (Whitman, 2000; Clayton, 2001; Rozsypal, 2001; Rodríguez, 2006). Those involved in geotechnical engineering should among other things:

1. Accept that ground conditions will always be, to a greater or lesser extent, uncertain.
2. Introduce geotechnical factors into Risk Management (RM) systems.
3. Identify geotechnical hazards in the early stages of project planning.

Mentioning the risk identification process, it is considered the most often used RM element in construction projects (Lyons, Skitmore, 2004). It is essential for the geotechnical engineer to identify all possible mechanisms of damage (limit state) to prevent (Whitman, 2000; Clayton, 2001; VanStaveren, 2008). Only after doing that correctly, also describing the relationships between the risk events would be then possible to estimate effectively the probability of risk occurrence and the value of its impact. After that, the risk scenario is prioritized and effective risk treatment actions could be taken. The registered risks, together with the probability of failure and impact statistics, provide valuable information for the risk manager who then is able to prepare optimum risk mitigation measures. This result in a “better and cheaper” project effect, and importantly, lowers the price of insurance policy premium. Although RM guidelines for Geotechnical Project (GP) exist, there is insufficient information about how to provide correct and concise risk identification process when working on a real GP. Normally, risk manager has to decide which from the selected RM techniques and tools to apply, how many times and when to repeat the process, to who distribute the risk information, and so on.

The above mentioned affairs were the basic reasons of establishing an investigation project whose general objectives were the following:

1. Develop and test a concise and consistent methodology for systematic identification of risks related to geotechnical problems of building construction projects.
2. Register geotechnical problems related risks that may directly or indirectly affect the structural safety of the building using selected identification techniques. The concern was focused on operational risks of the GP in the pre-design phase.

And finally, give recommendations on the use of the determined Risk Identification (RI) techniques applied on geotechnical issues.

2. Applied methodology for risk identification process creation

At the beginning of the investigation project, a methodological process to achieve the established goals was designed as displayed in detail on Figure 1. First, it was necessary to analyze the existing RM standards and guidelines (Rodríguez et al, 2008) to take a

look of the advantages and disadvantages of selected standardized RI techniques and tools been on the use until now. Several activities have been executed before the Integrated Methodology for Geotechnical Risk Identification (IMRIG) was finally presented. For the IMRIG, the RI process, RI techniques and tools, risk register structure for all GP phases, RI team, and management and risk communication activities were established. The new Risk Breakdown Structure (RBS) (Rodríguez, Hruškovič, 2007) (Figure 2) forms a part of a new methodology. The main function of RBS is to control the scope of RI process. For test the IMRIG, it was decided to apply several RI techniques, based on the same initial conditions to be able to compare them and give recommendations on its use. Initial conditions were referred to simulate the RI in pre-design phase of the GP focusing on the human factor operational risks resulting from the GP activities and operations that could materialize during the different phases of building construction project development and finally affect the security of the building and/or other adjacent structures.

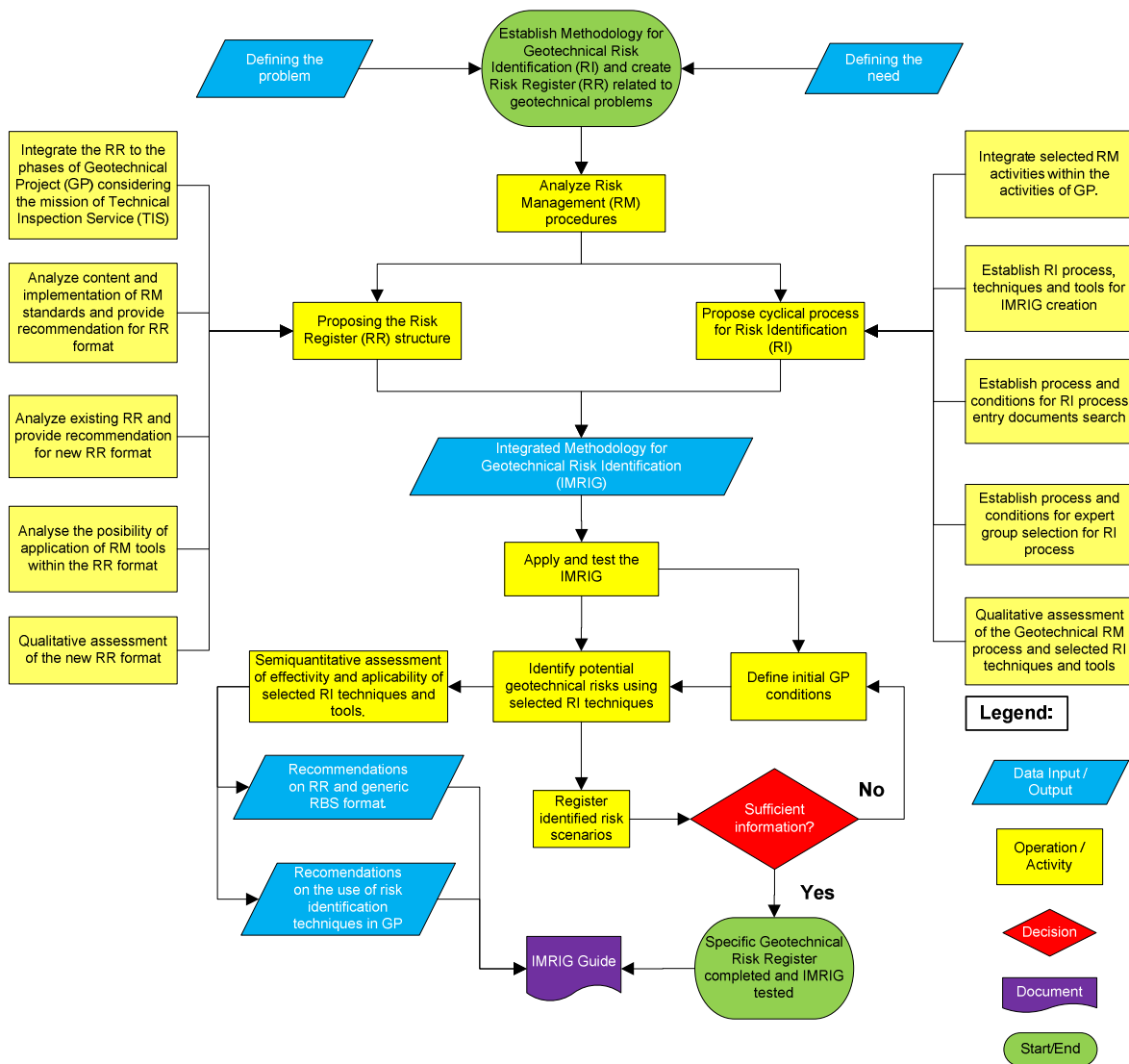


Figure 1: Investigation project methodology for IMRIG creation.

When finished the Risk Identification (RI) process of IMRIG, using all selected techniques, as a practical result, the identified and registered risk scenarios are expected. These scenarios can be then used as a database for real building construction projects when it comes to take a look on the risks inherent to the activities and operations in the geotechnical prospection, geotechnical analysis and design, foundation and soil stability works execution and maintenance programs. It is typically found that actual failure rates exceed predicted failure rates, perhaps by as much as two orders of magnitude. Further examination reveals that most of the failures are the result of human error, e.g., structures not built according to plans, materials not meeting the specification, some loading not considered in the reliability analysis, etc (Whitman, 2000). This was one of the main reasons why the operational risks area was chosen as the case study for first IMRIG application. Testing the IMRIG also gives us the possibility of its own upgrade, which means that recommendations on the application of RI techniques could be upgraded as well. This article treats the right side of the diagram activities seen on Figure 1, i.e. the activities which conducted to the cyclic RI process creation. Also preliminary recommendations have been made on the use of RI techniques displayed in this article. The variety of techniques was selected under the hypothesis, saying that when several techniques are systematically applied, then there is a major probability to cover all the expected geotechnical risk scenarios and to deliver a reliable risk register.

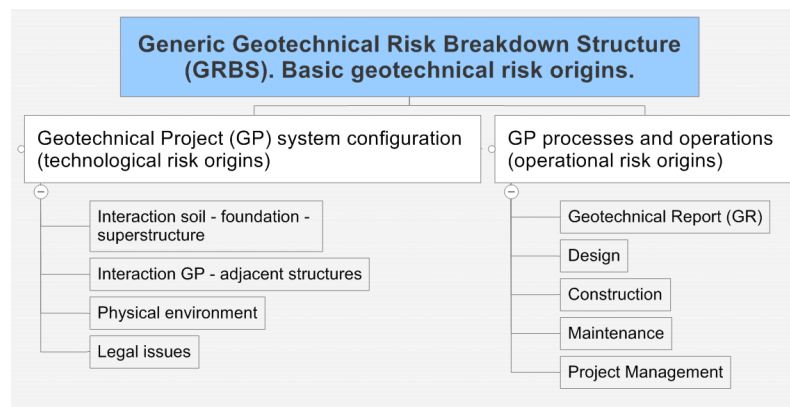


Figure 2: Generic Geotechnical Risk Breakdown Structure (modified according to Rodríguez and Hruškovič, 2007)

When giving recommendations on the use of the RI techniques in Geotechnical Project (GP), the PUMA methodology (Del Caño, De la Cruz, 2002) served as a principal example together with the PRAM (APM, 2004). The PUMA states that the RM techniques has to be applied taking in account the complexity and absolute or relative size of the project, and also considering the maturity of RM processes within the organization in charge.

3. Risk identification process for geotechnical issues of the construction project.

Part of the IMRIG creation was the establishment of risk identification process and selection of suitable techniques and tools within it. Qualitative analysis of selected RM

standards belonged to one of the first activities of the investigation project. The objective was to select a suitable standardized documentation for IMRIG creation. During the document search, large number of the RM standards and guidelines were encountered. Among them, the selected ones have been subjected to detailed comparative analysis. Table 1 displays the results of comparative (advantage and disadvantage) analysis resume of the most important RM standards from geotechnical RM point of view. First the content of the standards (scope, objectives, techniques, tools, and examples) was revised, then the advantages and disadvantages of their possible use on new methodology creation were identified, and finally they were compared between each other.

Table 1: Comparative qualitative analysis of selected RM standards and guidelines for geotechnical RI method creation.

TITLE OF STANDARD (CONTENT)	ADVANTAGES AND DISADVANTAGES
PRAM 2004 (RM process, Risk Identification techniques description, Risk Analysis techniques description, Risk Treatment techniques description, Risk register structure)	<p>ADVANTAGES:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Offers detailed picture of risk identification methods description providing examples. • Offers clear view for generic RM process. <p>DISADVANTAGES:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Generic with focus on Project Management functions. • Lack of methodology for identification of technological and human factor risks in technological systems.
GeoQ Process (RM process, Risk Identification techniques description, Risk Analysis techniques description, Risk Treatment techniques description, Risk register structure)	<p>ADVANTAGES:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Offers detailed picture of geotechnical risk management process considering all phases of geotechnical project. • Clearly describes techniques of identification and analysis for geotechnical risks. <p>DISADVANTAGES:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lack of information about risk identification methods description especially for design and construction phase of the geotechnical project. • Lack of information about the efficiency of the recommended risk identification methods.
IEC 0812 Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) (RM process, Risk Analysis method description, Risk register structure)	<p>ADVANTAGES:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Detailed picture about system hierarchy and how to define and register technological risks. • Describes how to apply other technological risk identification tools within the FMEA (RM) process. <p>DISADVANTAGES:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lack of Risk Identification tools and techniques description. • Process applicable only for design phase of geotechnical project.

Based on the Table 1 the final conclusions states the following most important:

- GeoQ Process which considers all of the GP phases was chosen as the most suitable for IMRIG integration. IMRIG has to be fully compatible with the above mentioned standard.
- PRAM 2004 was chosen to serve as a support standard for risk identification techniques execution as it provides comprehensive information about the use of the selected ones. None of the analyzed standards describe how to execute these techniques in the case of geotechnical project considering its phases, time, cost, size and complexity.
- IEC 0812 together with IEC 1025 were chosen as the baseline standards for risk scenario description (failure mode, causes and effects) identifying geotechnical problems related in design phase (also with possible use in pre-design phase) of GP.

Other findings followed related most of them to the application of Risk Management (RM) standards in a real GP. Among them it was concluded that there is no recommendation about which Risk Identification (RI) technique is the most effective for geotechnical RM and in which circumstances is considered adequate its application. Also, there is no methodology proposed for structured documentation search for risk identification and no recommendations for geotechnical risk identification personnel selection exist. No case study of geotechnical RI was found in existence within the scope of analyzed standards. These above mentioned findings permitted to encounter the possible future contributions in improving the current situation.

The standards neither describe whether to integrate the RM/RI activities within the activities of the existing and recognized project parties or if they have to be in charge of an independent geotechnical consultant or inspection service. Leaving the discussion at hand, the main geotechnical risk management activities (risk identification activities included) within the GP phases are as described in Table 2. Following the recommendation of the several authors such as Rozsypal (2001) and Rodríguez (2006), it is better to commission this work to experienced and independent geotechnical consultant, rather than share it between the project parties.

Table 2: Integration of Geotechnical Risk Management (GRM) activities within the Geotechnical Project (GP) phases.

PROJECT PHASE	GEOTECHNICAL RISK MANAGEMENT (GRM) ACTIVITIES
<p>FEASIBILITY</p> <p>(Conceptual geotechnical study, Site classification, Propose different project alternatives)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Identify geotechnical RI internal team. • Identify suitable geotechnical advisors (experts). • Identify project decision-makers (risk owners). • Start geotechnical risk register. • Introduce geotechnical factors to project SWOT analysis and Scenario analysis. • Assess vulnerability of project to geotechnical risks.
<p>PREDESIGN</p> <p>(Execute Geotechnical Report, Several engineering solutions compared)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Identify other suitable geotechnical advisors if necessary. • Consider ground-related risk and project operative risk scenarios. • Define client needs and risk tolerance. • Provide semi-qualitative analysis with previous recommendations for risk reduction for different design solutions.
<p>DESIGN</p> <p>(Execute detailed geotechnical Report if necessary, Establish final solution for foundation system and other geotechnical structures)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Provide detailed geotechnical risk analysis of final design solution. • Consider system and process technological risk scenarios. • Define risk reduction measures for potential failure mode causes and effects. • Provide quantitative risk analysis if necessary. • Assess benefits of further geotechnical studies/investigations. • Execute Observational Method (OM) if necessary.

Note: Risk manager has to balance risk profiles with volume and quality of GI and geotechnical observation in every phase of GP. Execute cost-benefit analysis of risk treatment measures if provided.

According to the RM standards analysis, the cyclic risk scenarios identification process was established for the IMRIG seen in the Figure 3. This generic process is executed preferably at the beginning of the project. It consists of the RI plan, uses a defined risk register, and identifies risks using different recommended risk identification techniques. The use of the techniques for each project phase as well as the scope of identification is agreed between the client and geotechnical risk consultant. Geotechnical risk consultant works as a risk manager and uses schemes that permits her or him to select an optimum portion of techniques, documentation and personnel needed to execute this exercise taking in account the time, cost and quality margins established by the client. It can be seen on the Figure 3, that except the Document Review (DR) technique the rest of the techniques are optional. The DR technique is recommended to be used as a first and when there is insufficient or low quality information about the risk obtained, the use of rest of the techniques could proceed.

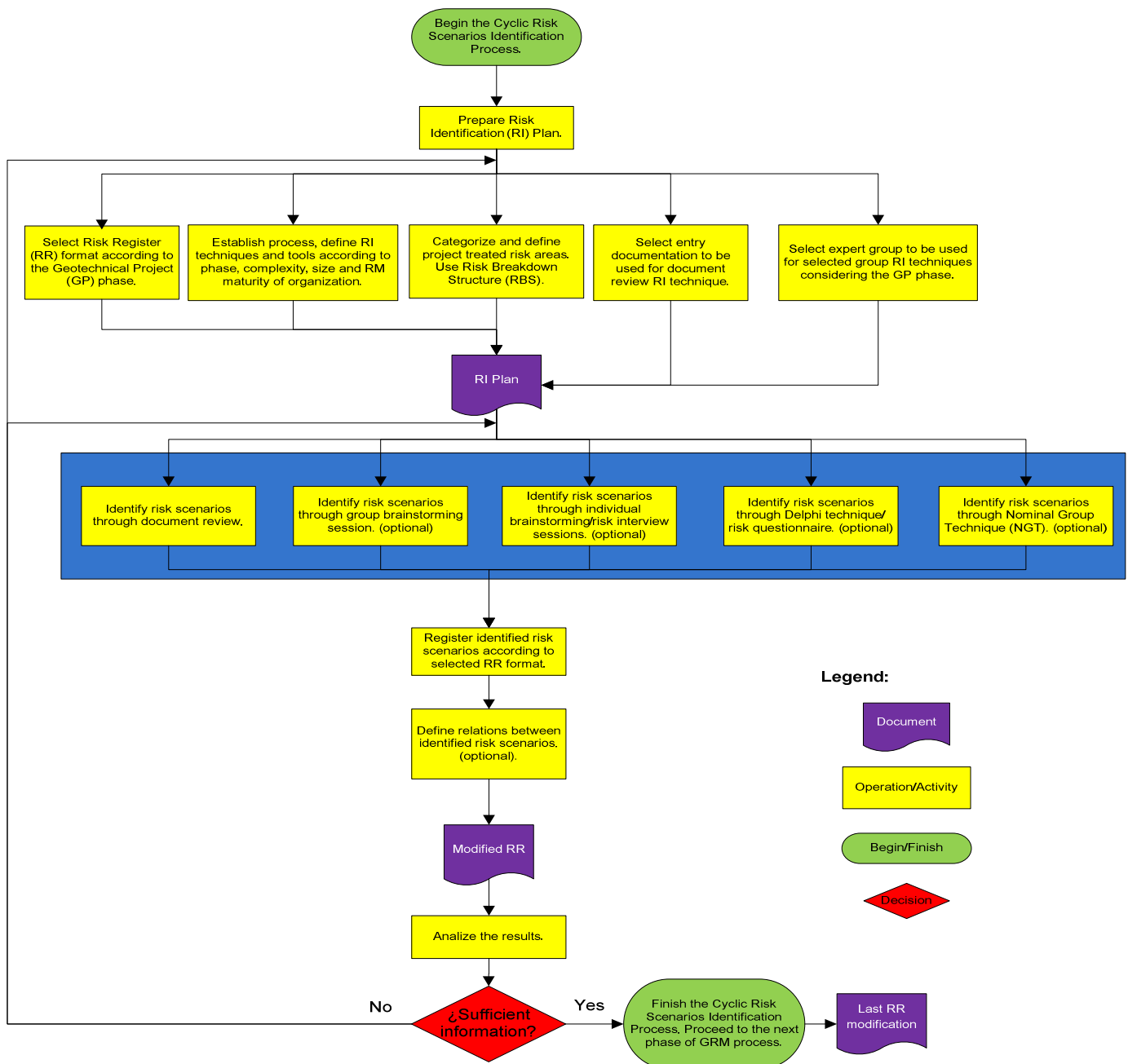


Figure 3: Cyclic risk scenarios identification process for IMRIG.

This is recommended not only for economical and reliability reasons but also for the reasons of risk categorization and subsequent group identification technique execution planning.

4. Preliminary analysis of the applicability and effectiveness of risk identification techniques on geotechnical project.

When choosing the Risk Management (RM) techniques (Figure 3) one has to consider several factors that form the function of its applicability. Techniques selected for a project should be tailored to the information needed by that project; in addition the size

and nature of the project, the time available for the study, the information available, the project culture and the experience or risk maturity of the staff should also be considered (PRAM, 2004). In PRAM 2004 and other RM standards, no mention was made on the effectiveness of those techniques for determined project situations. Additionally, studying the work of Chapman (1998) and Del Caño (2002), rest of the factors that influences the Risk Identification (RI) techniques use were determined (Figure 4). For GP no recommendations on the use have been made until now. Much of the problems that have to be resolved during GP are of technical character and so is the description of risk scenarios in the RI phase. Specialist geotechnical expert group has to be formed; optimum RI organization is required for the group sessions and DR must be organized correctly as well.

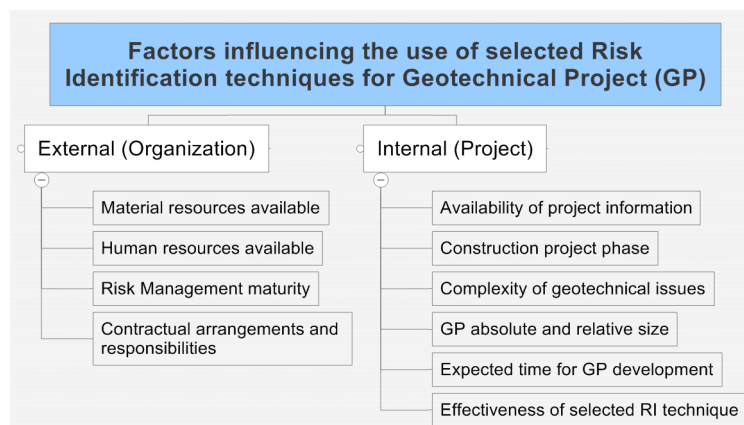


Figure 4: Selected factors influencing the application of risk identification techniques in projects.

According to the survey made by Lyons (2004) and others, about the factors that influenced the implementation of RM techniques, the “lack of time” was the highest scored among the factors studied, followed by the “lack of information”. No wonder that the study has confirmed the risk maturity of the respondents as low to moderate. The PRAM 2004 also states that the timescales for the completion of a RM exercise also have a significant influence on the techniques used and quote that brainstorming and structured interviews are relatively quick to complete, can provide a significant amount of information and are therefore ideal when time is short. The brainstorming technique was designated as most frequently used for risk identification (Lyons, Skitmore, 2004), (Raz, Michael, 2001).

Based on the factors defined in Figure 4, a preliminary analysis was executed. The results are provided in the following tables 3 and 4. In Table 3, the IMRIG RI techniques and their applicability were put to judgement considering the most important project phases from RM point of view (where the effectiveness inherent to the application of RM processes is supposed to be the highest), RM maturity of the organization in charge, and resource requirements. In Table 4, the recommendations are given for a risk manager to select the optimum configuration of the applied techniques according to the GP size (absolute or relative) and its complexity. As can be seen, the

qualitative results of the preliminary evaluation in both of the tables were obtained based on selected documents review. The studies about RM maturity and culture in companies from construction sector indicate that until now, the level rounds between low to moderate (Lyons, Skit more, 2004). To improve the current situation and justify the effectiveness of RM system there is much to do from now. If there is an independent agent in the project it could ensure progressive improvement of this state and this would then strengthen the use of some more sophisticated RI techniques, while simultaneously improving the knowledge and quality management processes.

Table 3: Applicability of RI techniques by geotechnical project phase and resource requirements (time and/or cost and risk maturity level). (PRAM, 2004) (VanStaveren, 2008) (Chapman, 1998)

Selected RI Techniques	Selected Geotechnical Project Phases (VanStaveren, 2008)			Resource and Risk Management maturity requirements (PRAM, 2004)	
	<i>Feasibility</i>	<i>Pre-Design</i>	<i>Design</i>	<i>Resources (Time/Cost)</i>	<i>RM Maturity</i>
<i>IGB</i>	G	G	P	L	M
<i>NGT</i>	LT	G	P	L	M
<i>DR</i>	G	G	P	L	L
<i>RI (IB)</i>	G	G	P	M	M
<i>RQ (Delphi)</i>	P	G	LT	M	H

Note 1: G – Good/Strong application, P – Potential application, LT – Limited application, H – High resource requirements, M – Medium resource requirement, L – Low resource requirement

Note 2: IGB – Interactive Group Brainstorming, NGT – Nominal Group Technique, DR – Document Review, RI (IB) – Risk Interview (Individual Brainstorming), RQ (Delphi) – Risk Questionnaire (Delphi Technique)

Table 4: Preliminary recommendation on the employment of RI techniques by size and complexity of the geotechnical project. (PRAM, 2004) (Del Caño, De la Cruz, 2002) (Rodríguez et al, 2008) (Chapman, 1998)

Geotechnical Project (GP) Absolute Size	GP Complexity		
	<i>Low</i>	<i>Medium</i>	<i>High</i>
<i>Small</i>	DR	DR	DR + IGB/RI (IB)
<i>Medium</i>	DR + IGB	DR + IGB + RI (IB)	DR + IGB/RI (IB) + NGT
<i>Large</i>	DR + IGB/RI (IB)	DR + IGB + NGT	DR + IGB/RI (IB) + NGT/RQ (Delphi)

Hence the recommendations displayed in Table 4 are considering that both the independent RM consultant and the client provide moderate to high level of RM maturity. If this is not the case, the risk manager (or project manager, if there is none) has to look out for a much more simplified configuration. The Table 4 shows an optimum model, a base line from where to begin. As it can be seen in Table 4, there are some optional modes for RI techniques selection, such as in the case of individual or interactive group brainstorming execution. The productivity rates (quality, quantity and originality of ideas) of IMRIG RI techniques are expected to be measured and compared to provide clearer vision on their use in certain phases of the GP.

5. Conclusions and future works

Based on preliminary results that following conclusion have been made:

- IMRIG is fully compatible with GeoQ process. The selected RI techniques are supposed to be applicable on GP always considering its size and complexity. IMRIG is supposed to be applicable on other construction project areas.
- Use Document Review (DR) RI technique always and as a first from selected ones (DR is completely applicable for every phase of GP).
- Effectiveness of the RI techniques depends basically on factors such as GP phase, resources availability (time, cost), and RM maturity level of the client and organization.
- It's recommended to engage an independent RM consultant if possible. RM consultant could serve as a point of risk information interchange between the client and the contractors especially for the complex and large size building projects.

Further investigation will be based on the comparison of productivity, applicability and resource requirements of selected RI techniques given the same start conditions (expert sample, model project situation).

References

Association for Project Management (APM): *Project Risk Analysis and Management Guide (PRAM) Second edition*. APM Publishing, Buckinghamshire, 2004

Brandl, H.: *The Civil and Geotechnical Engineer in Society: Ethical and Philosophical Thoughts, Challenges and Recommendations*. The Deep Foundations Institute, Hawthorne, 2004

Clayton, C.R.I.: *Managing geotechnical risk: improving productivity in UK building and construction*, Thomas Telford, 2001, 80pp. (Institution of Civil Engineers)

International Electrotechnical Commission (IEC): *IEC 60812: Analysis Techniques for System Reliability – Procedure for Failure Modes and Effect Analysis (FMEA)*. Second Edition, IEC, 2006

Van Staveren M.: *Uncertainty and Ground Conditions: A Risk Management Approach*, Butterworth-Heinemann, 2006

Rodríguez López F., Jimenez Rodríguez R., Hruškovič P., “Geotechnical risk management as a basis for quality assurance”, *Risk Analysis V: Simulation and Hazard Mitigation*, Wessex Institute of Technology, UK, 2006

Rodríguez López F., Hruškovič P., “Estructura de Desglose del Riesgo (EDR): Introducción del modelo para el fenómeno geotécnico”, *Proceedings of the XI International Congress on Project Engineering*, Vol. 9, Lugo, Spain, 2007, pp. 86 – 97.

Rodríguez López F., Hruškovič P., Fernández Sánchez G., “Metodología para la Gestión de Riesgos Geotécnicos en los Proyectos de Ingeniería Civil”, *Proceedings of the CEPMaW'08*, October 2-3, 2008, Valladolid, Spain

Rozsypal A.: *Kontrolní sledování a rizika v geotechnice*, Jaga group, Bratislava, 2001

Whitman Robert V., “Organizing and Evaluating Uncertainty in Geotechnical Engineering”, *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, Volume 126, Issue 7, July 2000, pp. 583-593

Del Caño A., Pilar de la Cruz M., “Integrated Methodology for Project Risk Management”, *Journal of Construction Engineering and Management*, Volume 128, Issue 6, November/December 2002, pp. 473-485

Lyons T., Skitmore M., “Project risk management in the Queensland engineering construction industry: a survey”, *International Journal of Project Management*, Volume 22, N° 1, 2004, pp. 51-61

Raz T, Michael E. Use and benefits of tools for project risk management. *International Journal of Project Management*, Vol. 19, N° 1, 2001, pp. 9-17

Chapman R., “The effectiveness of working group risk identification and assessment techniques”, *International Journal of Project Management*, Volume 16, Issue 6, December 1998, pp. 333-343

Acknowledgements

The authors thank the technical audit company CPV Iberia professionals, especially to Mr. César Fernández-Yáñez. Thanks also to the staff of the Department of Geotechnical Engineering of SvF STU Bratislava, especially to Mr. Luboš Hruštinec. Thanks to them and many others involved in this research, who made their contributions with valuable experiences.

Correspondencia (Para más información contacte con):

Pavel Hruškovič.
e-mail: pavelhache@yahoo.es
Universidad Politécnica de Madrid
E.T.S.I. Caminos, Canales y Puertos de Madrid
Profesor Aranguren s/n, Ciudad Universitaria, 28040 Madrid
Teléfonos: 0034 91 336 5378
Fax: 0034 91 336 6803

GEOTECHNICAL RISK REGISTER FOR THE CONTROL AND TECHNICAL AUDITING OF BUILDING CONSTRUCTION PROJECTS.

Fernando Rodríguez López ¹, **Pavel Hruškovič** ²,

^{1,2}, ETSI CCP, Polytechnic University of Madrid, Department of Civil Engineering, c/Profesor Aranguren, s/n 28040 Madrid, Spain.

¹ Prof., Ing., PhD., phone: 0034 91 336 5378, e-mail: frodriguez@ciccp.es

² Ing., phone: 0034 91 336 5378, e-mail: pavelhache@yahoo.es

ABSTRACT: With the continuing aversion of the society to failures and disasters in construction projects and the augmented promotion of technical standards and innovative contract procedures focused on performance-based approach rather than the prescriptive one, there is a strong need to integrate the risk management. The new challenges in geotechnical engineering are going hand in hand with other areas of construction project, as it is seen in the ultimate expert recommendation of GeoCouncil workshop held in 2006. After examining the ways of how the geo-professional can influence “Better, Faster, and Cheaper” projects, a group of 50 geo-professionals managed to find recommendations for dealing with geo-risk management, which included a development of project risk register for every project. The article presents the Integrated Methodology for Geotechnical Risk Identification (IMRIG), results of the analysis of existing standardized risk registers and introduces several modifications on its format including practical examples. The risk communication throughout the geotechnical project development is also discussed.

1. Introduction

Despite the fact that the construction industry belongs to one of the most important engines of the developed countries economies, it still has to advance in many of its particular problems. According to VanStaveren (2006) and shown in the Fig. 1, there are three main challenges in the construction industry that are searching for the solutions in order to get back the initiative:

4. Increasing complexity of the technological systems.
5. Growing aversion of many people in a lot of countries feel towards corruption and fraud.
6. High failure costs represented to a large degree by the problems related to the ground conditions.

Brandl (2004) indicates that, according to European statistics, about 80-85 per cent of all building failures and damages are related to problems in the ground. It means that until now, ground-related problems remain the biggest cause of delays and cost overruns in civil engineering projects, suggesting that engineers still need a better understanding of the nature of geotechnical risk. Despite the availability of design codes and construction process and material recommendations, it has to be emphasized that security cannot be totally assured; even if the design codes and guidelines are strictly followed (Rodríguez et al, 2006).

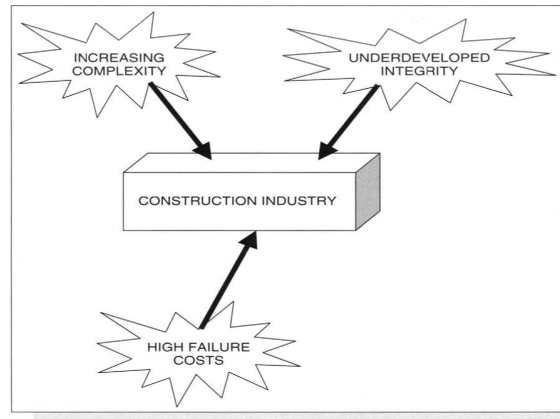


Fig. 1: Three main challenges for the construction industry (VanStaveren, 2008)

Therefore, from the midst of 90s, many construction industry experts began to propose the integration of Risk Management (RM) methodologies (Fig. 2) to construction development processes. In recent years, a great progress has been made mainly in the areas of tunnelling, coastal or overseas structures, and dam construction projects. RM methodology recognizes the value of the risk as a mathematical equation and defines it basically as a multiplication of two variables, probability of occurrence of determined risk event, and the value of possible impact in case of its materialization (PRAM, 2004).

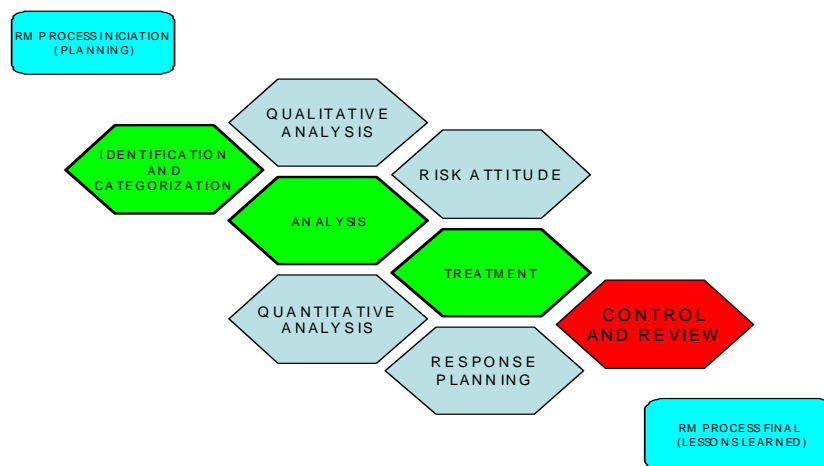


Fig. 2: Generic scheme of Risk Management process (according to PRAM, 2004).

The recognition of the existing uncertainties in construction projects by the construction industry clients has permitted the entrance of the probabilistic design methods that nowadays are playing important roles in a number of engineering problems, and that there will be increasing spillover into problems now engineered by traditional methods (Whitman, 2000). Risk perception, system thinking (VanStaveren, 2008), and application of systematic design philosophy (Clayton, 2001), they together belong to the basic starters for the acceptance of this new approach by clients, society and engineers.

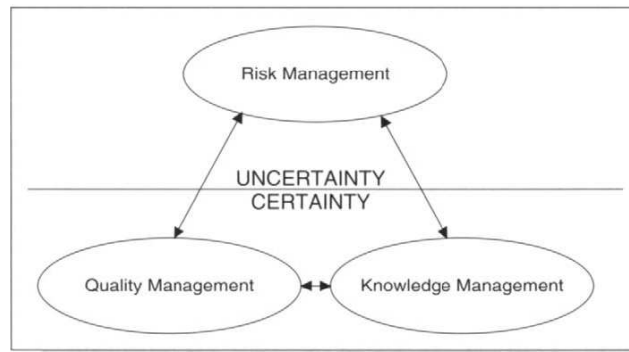


Fig. 2: Partnering of risk, quality and knowledge management (VanStaveren, 2008)

When managing and designing the construction project, a strong partnership has to be established between Risk Management (RM) and Quality Management (QM) as both, together with Knowledge Management (KM), are complementary to each other (Fig. 2). In a summarizing conclusion, QM is about realizing the project within the pre-set quality standards, while RM is dealing with risks of not applying these pre-set quality standards (Van Staveren, 2008).

Within the construction project, the geotechnical engineering is familiarized to work with uncertainties. As the soil characteristics are “predetermined” and largely not known at the beginning of the project, which is not the case, for example, of a concrete as artificial material, the geotechnical engineer has to assume the role of the risk manager from the beginning. As noted by authors like Whitman (2000), Clayton (2001), Rozsypal (2001), and Rodríguez (2006) among the others, this being the case, a new strategy is required. Those involved in construction should therefore:

4. Accept that ground conditions will always be, to a greater or lesser extent, uncertain.
5. Introduce geotechnical factors into Risk Management (RM) systems.
6. Identify geotechnical hazards in the early stages of project planning.
7. Allow for a fragmented, fast and multi-staged ground investigation process at the planning stages.

In December 2006, the GeoCouncil workshop was held examining a series of trends in the construction industry that will likely affect geotechnical engineering. These issues were examined by a group of 50 geo-professionals (15% academics, 55% designers, 30% builders). Special call has been made for the building construction projects, which were considered as the most delayed in terms of cost-time-quality expectations. Therefore, one of the Workshop recommendations for dealing with building construction projects was to apply RM methodologies using risk register throughout the whole project life-cycle. Spain was one of the first countries which included obligatorily the risk prevention systems within the building construction projects. A decision was made, when the new Spanish Building Act was presented some years ago, to introduce an independent agent, known as the Technical Inspection Service (TIS). The role of this entity is to work as a technical risk manager for project promoter and insurance companies involved. The scope of the TIS work includes geotechnical issues of the project. After more the 10 year period of experience a strong need to establish and close the circle of partnership between the three related management areas of RM, QM and KM (Fig. 2) has emerged. Many of the geo-professionals represented by the TIS and insurance companies began to ask for risk databases, or registers respectively, that could provide valuable entry information to the engineers and project managers when implementing their projects. Emphasized in the work of Whitman (2000), Clayton (2001), VanStaveren (2008) and many others, it is considered essential for the geotechnical engineer to identify all possible mechanisms of damage (limit state) to

prevent. Only after doing that correctly, would be then possible to estimate effectively the probability of risk occurrence and the value of its impact to finally prioritize and prepare the risk treatment actions. The registered risks, together with the probability of failure and impact statistics, could provide valuable information for the risk manager who then would be able to prepare optimum risk mitigation measures. This could then produce a “better and cheaper” project effect, and importantly, lowering the price of insurance policy premium.

The above mentioned affairs were the basic reasons of establishing a line of investigation whose general objectives were the following:

3. Develop and test a concise and consistent methodology for systematic identification of risks related to geotechnical problems of building construction projects.
4. Register geotechnical problems related risks that may directly or indirectly affect the structural safety of the building using selected identification techniques. The concern was focused on operational risks affecting the development of the Geotechnical Project (GP).
5. And finally, give recommendations on the use of the determined risk identification techniques applied on geotechnical issues.

2. Applied Methodology for the Geotechnical Risk Register Creation

At the beginning of the investigation project, a methodological process to achieve the established goals was designed as displayed in detail on Fig. 3. First, it was necessary to analyze the existing RM standards and guidelines (Rodriguez et al, 2008), to take a look of the advantages and disadvantages of selected techniques, tools and formats been on the use until now. The focus was on the analysis of existing Risk Registers (RR) for different type of projects and systems, as well as on the analysis of standardized Risk Identification (RI) techniques and tools. Several activities have been executed before the Integrated Methodology for Geotechnical Risk Identification (IMRIG) was finally presented. Once the IMRIG established considering the RR and the initial GP conditions defined, the geotechnical RI process could begin. For test the IMRIG, it was decided to apply several RI techniques, based on the same initial conditions to be able to compare them and give recommendations on its use. Initial conditions were referred to the identification of human factor operational risks resulting from the GP activities and operations that could materialize during the different phases of building construction project development and finally affect the security of the building and/or other adjacent structures. When finished the RI process of IMRIG, using all selected techniques, as a practical result, the identified and registered risk scenarios are expected. These scenarios can be then used as a database for real building construction projects when it comes to take a look on the risks inherent to the activities and operations in the geotechnical prospection, geotechnical analysis and design, foundation and soil stability works execution and maintenance programs. It is typically found that actual failure rates exceed predicted failure rates, perhaps by as much as two orders of magnitude. Further examination reveals that most of the failures are the result of human error, e.g., structures not built according to plans, materials not meeting the specification, some loading not considered in the reliability analysis, etc (Whitman, 2000). This was one of the main reasons why the operational risks area was chosen as the case study for first IMRIG application.

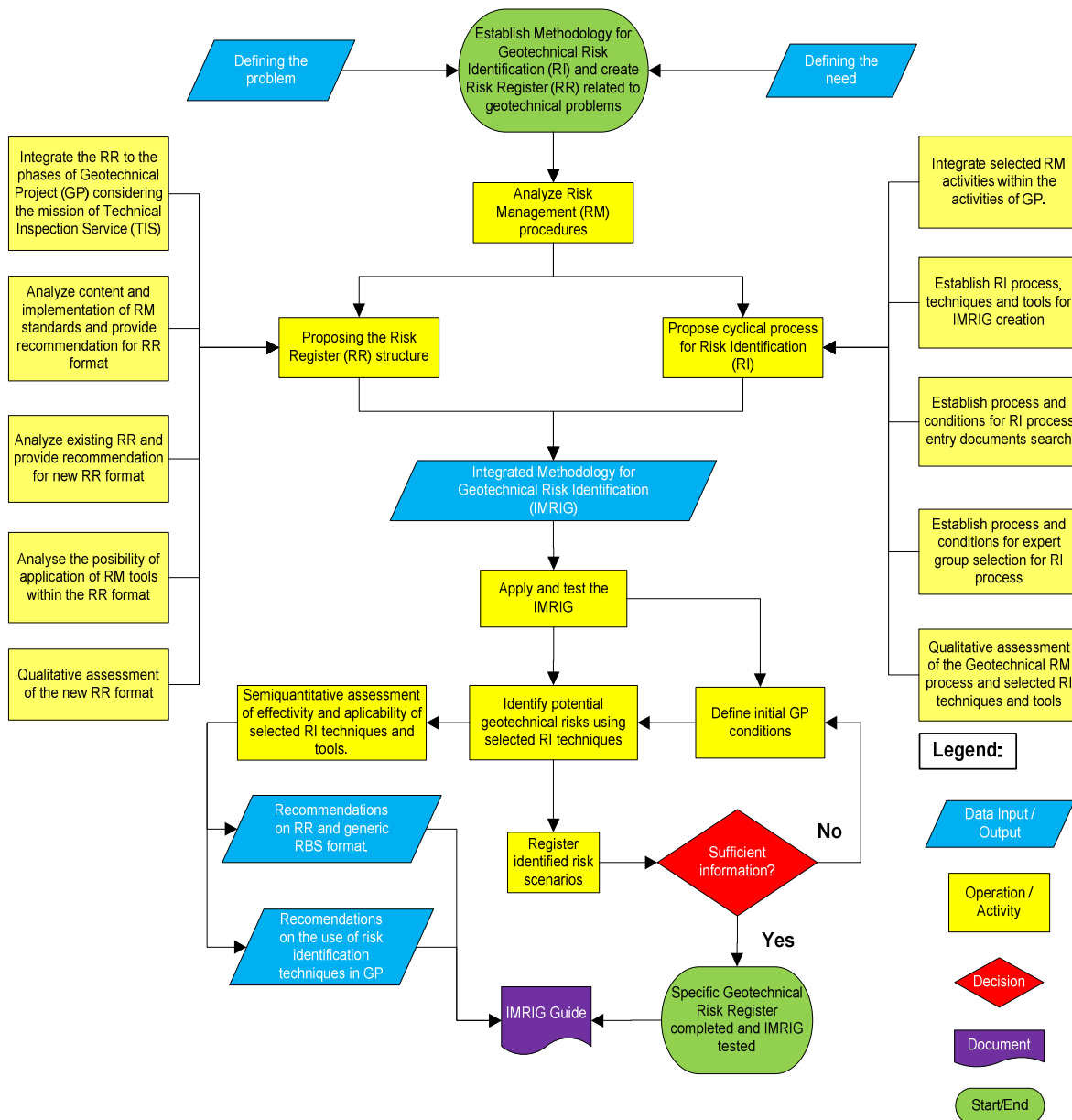


Fig. 3: Applied investigation project methodology flow diagram.

Testing the IMRIG also gives us the possibility of its own upgrade, which means that RR structure could be upgraded as well. This article treats the left side of the diagram activities seen on Fig. 3, defined for the RR structure proposal of IMRIG model. The activities which conducted to the cyclic RI process creation, seen on the right side of the diagram, consider the use of different RI techniques, and application of RI tools, such as the new Risk Breakdown Structure (RBS) (Rodríguez, Hruškovič, 2007). Among the planned RI techniques, brainstorming session, document review, structured questionnaire and interviews appear. The variety of techniques was selected under the hypothesis, saying that when several techniques are systematically applied, then there is a major probability to cover all the expected geotechnical risk scenarios and to deliver a reliable Risk Register (RR). There also appear a need to enrich the existing knowledge about the use and application of these techniques in the geotechnical project.

3. Integration of the Risk Register Considering Phases of the Geotechnical Project and Risk Communication Activities

Among many reviewed RR, the selected ones from the existing geotechnical Risk Management (RM) guidelines were studied in detail for this mission. A brief results summary of some of the most valuable ones is described on the Tab. 1. There were several factors taken in account as the comparative analysis proceeded. The most important ones were the RR structure integration within the Geotechnical Project (GP) and geotechnical RM activities, the level of detail in the RR structure, and the examples of analyzed RR application.

Tab. 1: Short resume from comparative analysis of existing RR.

RISK REGISTER [STRUCTURE]	ADVANTAGES AND DISADVANTAGES
<p>GEOQ PROCESS (VanStaveren, 2006)</p> <p>[Ground related risk description, Risk classification (Probability and Effect), Risk Remediation: Cause reduction, Risk Remediation: Effect reduction]</p>	<p>ADVANTAGES:</p> <ul style="list-style-type: none"> • For each phase of Geotechnical Project (GP) a risk register (RR) structure is recommended to be reviewed and modified if necessary. • There is only one construction project agent responsible for managing the geotechnical risk register. The rest of the agents are called to provide appropriate information. • Example for correct risk scenario definition (cause – risk event - effect). <p>DISADVANTAGES:</p> <ul style="list-style-type: none"> • No clear example of complete RR for GP displayed. No integration of the risk register within the scope of work for GP displayed. • No graphic example of risk registers modification throughout the geotechnical project. • Not contains risk mitigation and consequence responsibility definition.
<p>MANAGING GEOTECHNICAL RISK (Clayton, 2001)</p> <p>[Hazard definition, Risk identified, Degree of risk, Planned response, Stage of the project, Risk mitigation responsibility, Risk consequences responsibility]</p>	<p>ADVANTAGES:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Very detailed examples of geotechnical RR for the construction project, starting from the generic ones and finishing with real project examples for determined project phases. • Contains detailed graphic example of the RR integration within the GP from the pre-project planning to the end of the construction phase. • Contains risk mitigation and consequence responsibility definition. <p>DISADVANTAGES:</p> <ul style="list-style-type: none"> • There is no clear example of correct risk scenario definition requirements within the risk register. • Lack of definition of particular responsibility for RR management. • Not contains definition for risk cause and effect reduction.

Final results of analysis of the determined RR can be resumed briefly in the following:

- RR from GeoQ Process (GeoQ) and RR from Managing Geotechnical Risk (MGM) are complementary to each other. Therefore, the structure of new geotechnical register was to be created considering the advantages of both analyzed.
- As the mission of the TIS is predominately focused on technological risks of the project and failure mode prevention, FMEA (Failure Modes and Effect Analysis) (IEC 0812, 2006), PFMEA (Process FMEA) (IEC 0812, 2006), and FTA (Fault Tree Analyses) (IEC 1025, 2006) schemes need to be integrated to the new risk register structure for design stage.
- The structure of the FMEA RR can be applied as the base for the detailed design phase GP RR. The FMEA RR is fully compatible with the FTA one. If necessary, through FTA is possible to describe relationships between identified risk scenarios.
- The FMEA risk scenario description is complementary to the FTA description. The FMEA is known as a “bottom-up” and the FTA as a “top-down” method of technological risk identification and analysis (IEC 0812, 2006).
- The responsibility for the management of RR must belong to independent geotechnical consultant.
- There is no case study of RR development and modification throughout the whole life-cycle of determined GP.

According to the above results of the analysis, almost for each GP phase a different level of detail in terms of the identified risk scenario information is expected in the new geotechnical RR model. Tab. 2 recommends the use of selected RR formats modified from RM standards and guidelines.

Tab. 2: Geotechnical RR modification and activities of geotechnical risk communication throughout the GP development.

PROJECT PHASE	RISK REGISTER (RR) RECOMMENDED FORMAT	GEOTECHNICAL RISK COMMUNICATION ACTIVITIES USING RR
FEASIBILITY	Use modified GeoQ and MGM for RR format.	<ul style="list-style-type: none"> • Provide risk information to client representative, like Project Manager. • Report about final project viability Strength-Weakness-Opportunities-Threats (SWOT) analysis results contemplating geotechnical factors on project alternatives.
PREDESIGN	Use modified GeoQ and MGM for RR format.	<ul style="list-style-type: none"> • Provide risk information to geotechnical investigation service. • Report about final risk analysis results contemplating geotechnical factors on design alternatives.
DESIGN	Use modified IEC 0812 FMEA and PFMEA for RR format.	<ul style="list-style-type: none"> • Provide risk information to designer and constructor. • Report about final risk analysis results considering foundation and stability system failure modes and effects on detailed design solution.
CONSTRUCTION	Use modified IEC 0812 FMEA and PFMEA for RR format.	<ul style="list-style-type: none"> • Provide risk information to constructor, specialist subcontractors, and designer. • Report about final risk analysis results considering foundation and stability works failure modes and effects on detailed construction process solution.

A very important factor considered during the existing RR analysis was also a communication of registered risk scenario. In any of the projects where geotechnical engineering deals with a significant portion of the effort, it is vital for the geotechnical engineer to be a part of these communications – to understand how much geotechnical engineering solutions contribute to overall risk and to explain how this risk might be altered (Whitman, 2000). For that, a clear and sufficient risk scenario definition is required for each of the involved GP participants (Rodríguez et al, 2008). The existing GP RR lacked this finding. Therefore, the interconnection between selected RR format and risk communication activities for determined GP phase can be also seen in Tab. 2.

4. Proposed Geotechnical Risk Register Format for Different Geotechnical Project Phases

Based on the recommendations of the analysis of selected Risk Register (RR) formats, a new geotechnical RR might have basic structure similar to the one presented with examples on tables 5, 6, and 7. The availability of the entrance information for geotechnical Risk Management (RM) process, the level of detail required for each phase, and the format of the information presentation for different Geotechnical Project (GP) participants is considered in proposed RR structure.

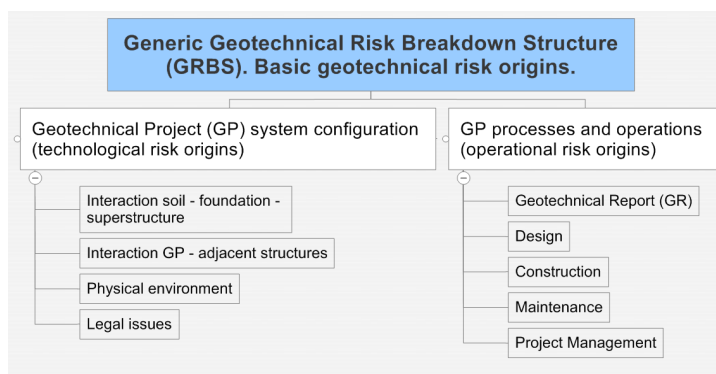


Fig. 4: Generic Risk Breakdown Structure (RBS) for geotechnical project (according to Rodríguez, Hruškovič, 2007).

Another inclusion made after the analysis of RR and RM standards was the RBS tool (Fig. 4) as the base structure for risk categorization (Rodríguez López F., Hruškovič P., 2007). It can be seen in the presented RR examples how important is the risk scenario definition (risk origin, risk event, risk event causes and effects) for the following RM process phases. One can imagine how an incorrect risk definition might result in a wrong risk scenario probability or effect estimation, resulting then in under or overestimated costs of risk reduction measures. Here, geotechnical risk scenarios are categorized and are then registered preferably by their origins. RBS permits the control of the scope of risk identification at each GP phase, facilitating the work of internal RM team. RBS is also planned to be applied as a support tool for Risk Identification (RI) sessions, and for a RI questionnaire as a guide for its structure and content. The utility of RBS is seen on the following tables (Tab. 5, 6, and 7) where risk category is determined by previously established generic Geotechnical RBS (GRBS). It is expected, that further modifications during the GP development can lead to the final project specific version of GRBS as there are differences expected in the scope of geotechnical works, scope of RM (Technical Inspection Service) activities, and technology applied for each project in particular.

Tab. 5: Proposed RR format for feasibility and pre-design phase of the GP (only risk identification phase of RM process is displayed). Modified GeoQ and MGR registers.

RISK CATEGORY (ORIGIN)	RISK EVENT	POSIBLES RISK EVENT CAUSES	POSIBLES RISK EVENT EFFECTS
Interaction Soil – Foundation - Superstructure	Differential settlement	Presence of soft peat layer	Cracks in the structure
Geotechnical Report	Lack of sufficient boreholes	Ground Investigation budget low	Overestimated design values resulting in oversized design solution Incorrect design values resulting in the instability of foundation solution.

As in the tables 5, 6, and 7 RR format is displayed only for risk identification phase within the stages of the GP, the table 8 complements this structure with the risk treatment information format which is in general similar for all GP phases. It was also important when creating the RR structure to distinguish between the observed structural item (Tab. 6) and the geotechnical investigation and execution (human factor) processes and its functions (Tab. 7), as both of them could have negative effects on stability and integrity of the building structure.

Tab. 6: Proposed RR format for design, construction and maintenance phase of GP (only risk identification phase of RM process is displayed). Format modified according FMEA.

ITEM DESCRIPTION AND FUNCTION	RISK CATEGORY (ORIGIN)	FAILURE MODE	FAILURE CAUSES	LOCAL FAILURE EFFECT	GLOBAL FAILURE EFFECT
Item 2.1., Foundation slab, Stability function	Ground Water	Loss of structural stability	Chemical attack on concrete	Collapse of foundation slab 2.1.	Possible collapse of items 3.1., 3.2., 3.3.
		Differential settlement	Changes in groundwater level	Excessive settlement of foundation slab 2.1.	Possible cracks in items 3.1., 3.2., 3.3.

Tab. 7: Proposed RR format for design, construction and maintenance phase of GP (only risk identification phase of RM process is displayed). Format modified according PFMEA.

PROCESS DESCRIPTION AND FUNCTION	RISK CATEGORY (ORIGIN)	FAILURE MODE	FAILURE CAUSES	FAILURE EFFECT	EXISTING MEASURES
4.5. Excavation pilling near cofferdam	Ground Water	Undermining of toe	Design solution not considering defined process.	Cut slope	No existing measures for the risk prevention

Tab. 8: Generic format for every GP phase of the geotechnical RR showing risk treatment phase of RM process. Format modified according GeoQ and MGR registers.

RISK DETECTION METHOD	RISK OWNER	RISK REDUCTION MEASURES	RESPONSIBLE FOR RISK REDUCTION	PERIOD OF POSSIBLE RISK MATERIALIZATION
On-site observation	Principal Contractor	All excavation near the cofferdam to be cleared with Principal Contractor first, who is to seek advice where necessary from Cofferdam Designer and S&G Designer	S&G Designer, Cofferdam Designer	During construction providing the excavation works.

5. Conclusions

After the analysis of selected RM standards and RR formats to be applied on GP issues, following conclusions have been made for Integrated Methodology for Geotechnical Risk Identification (IMRIG):

- The results of the Risk Identification (RI) process have to be coherent with the further planned RM process stages.
- The geotechnical risk scenarios have to be defined so as they can be understandable for the risk interested participants (the risk owner and the responsible for risk reduction).
- Correct risk scenario definition forms a fundamental part of new geotechnical RR format as it can seriously affect the results of the following RM process phases. Proposed RR format is expected to be modified after the IMRIG is tested.
- Geotechnical Risk Breakdown Structure (GBRS) has to form part of a new RR format.
- Geotechnical RR structure and content changes according to GP phase, scope of geotechnical RM activities, and to whom the registered information will be presented.
- Proposed geotechnical RR has a universal structure that can be applied with slight modifications on other building construction project areas.

References

Association for Project Management (APM): *Project Risk Analysis and Management Guide (PRAM) Second edition*. APM Publishing, Buckinghamshire, 2004

Brandl, H.: *The Civil and Geotechnical Engineer in Society: Ethical and Philosophical Thoughts, Challenges and Recommendations*. The Deep Foundations Institute, Hawthorne, 2004

Clayton, C.R.I.: *Managing geotechnical risk: improving productivity in UK building and construction*, Thomas Telford, 2001, 80pp. (Institution of Civil Engineers)

International Electrotechnical Commission (IEC): *IEC 60812: Analysis Techniques for System Reliability – Procedure for Failure Modes and Effect Analysis (FMEA)*. Second Edition, IEC, 2006

International Electrotechnical Commission (IEC): *IEC 1025 Fault tree analysis (FTA)*, IEC, Geneva, Switzerland, 2006

Van Staveren M.: *Uncertainty and Ground Conditions: A Risk Management Approach*, Butterworth-Heinemann, 2006

Rodríguez López F., Jimenez Rodríguez R., Hruškovič P., “Geotechnical risk management as a basis for quality assurance”, *Risk Analysis V: Simulation and Hazard Mitigation*, Wessex Institute of Technology, UK, 2006

Rodríguez López F., Hruškovič P., “Estructura de Desglose del Riesgo (EDR): Introducción del modelo para el fenómeno geotécnico”, *Proceedings of the XI International Congress on Project Engineering*, Vol. 9, Lugo, Spain, 2007, pp. 86 – 97.

Rodríguez López F., Hruškovič P., Fernández Sánchez G., “Metodología para la Gestión de Riesgos Geotécnicos en los Proyectos de Ingeniería Civil”, *Proceedings of the CEPMaW'08*, October 2-3, 2008, Valladolid, Spain

Rozsypal A.: *Kontrolní sledování a rizika v geotechnice*, Jaga group, Bratislava, 2001

Smith R. E., “An Evolving View of Geotechnical Engineering – A focus on Geo-Risk Management”, *Proceedings of GeoCongress 2008*, Orleans, Louisiana March 9-12, 2008

Whitman Robert V., “Organizing and Evaluating Uncertainty in Geotechnical Engineering”, *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, Volume 126, Issue 7, pp. 583-593, July 2000

Acknowledgements:

The authors thank the technical audit company CPV Iberia professionals, especially to Mr. César Fernández-Yáñez. Thanks also to the staff of the Department of Geotechnical Engineering of SvF STU Bratislava, especially to Mr. Luboš Hruštinec. Thanks to them and many others involved in this research, who made their contributions with valuable experiences.

ORGANIZATION AND IMPLEMENTATION OF BRAINSTORMING SESSIONS FOR RISK IDENTIFICATION IN GEOTECHNICAL PROJECTS.

Pavel Hruškovič

Fernando Rodríguez López

UPM, E.T.S.I. CCP, Departamento de Ingeniería Civil: Construcción, Spain

Marinka Varas Parra

UA, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Industrial, Chile

Abstract

The technique known by the name of "Brainstorming" is commonly recognized and recommended by the standards of management as one of the most important in identifying risks. The "Brainstorming" is used mainly as group technique and aims to get the mayor number of risk scenarios, so that a participant in the group presents new ideas in basis of the ones already proposed by the others. Many factors that determine the efficiency of the technique are recognized, such as the number and characteristics of participants, time limit, support tools available, etc. After conducting the study on the topic, improvements have been proposed. Various solutions for session dynamics, content and rules of the session have also been identified. Both support tools and new solutions proposed have been part of a questionnaire to a group of people with experience in brainstorming organization. According to the results of the study it is recommended to run the brainstorming session through a system commonly called "Electronic Board Room. In the case of not having the above mentioned system is essential when trying to identify purely technological risks, use tools like the "Risk Breakdown Structure" and "Flow Chart" and have strongly experienced group facilitator.

Keywords: *risk identification; brainstorming organization; brainstorming rules; brainstorming tools; risk breakdown structure; geotechnical engineering*

Resumen

La técnica conocida por el nombre de "tormenta de ideas" es comúnmente reconocida y recomendada por los estándares de gestión como una de las más importantes de identificación de riesgos. La "tormenta de ideas" se utiliza sobre todo como técnica grupal, cuyo objetivo es sacar el mayor número de escenarios de riesgo, de forma que un participante del grupo presenta ideas nuevas en base de las ya propuestas por el resto de participantes. Existen muchos los factores que influyen la eficiencia de la técnica. Después de realizar el estudio sobre el tema, se han propuesto mejoras para la técnica. También han sido identificadas distintas soluciones para la dinámica, contenido y reglas de esta sesión. Las herramientas de soporte y las soluciones propuestas han formado parte de un cuestionario destinado a un grupo de personas con experiencia en la organización de sesiones grupales. Según los resultados del estudio se recomienda ejecutar la a través de un sistema llamado "Electronic Board Room". En el caso de no disponer del sistema mencionado, es imprescindible, para identificación de riesgos puramente tecnológicos, utilizar las herramientas como la

“Estructura de Desglose de Riesgos” y el “Diagrama de Flujo”, y disponer de un moderador de sesión experimentado.

Palabras clave: *identificación de riesgos; organización tormenta de ideas; reglas tormenta de ideas; herramientas de soporte; estructura de desglose de riesgos; geotecnia*

1. Introduction

Despite the fact that the construction industry belongs to one of the most important engines of the developed countries economies, it still has to advance in many of its particular problems. According to VanStaveren (2006), there are three main challenges in the construction industry that are searching for the solutions in order to get back the initiative:

7. Increasing complexity of the technological systems.
8. Growing aversion of many people in a lot of countries feel towards corruption and fraud.
9. High failure costs represented to a large degree by the problems related to the ground conditions.

Brandl (2004) indicates that, according to European statistics, about 80-85 per cent of all building failures and damages are related to problems in the ground. It means that until now, ground-related problems remain the biggest cause of delays and cost overruns in civil engineering projects, suggesting that engineers still need a better understanding of the nature of geotechnical risk. Despite the availability of design codes and construction process and material recommendations, it has to be emphasized that security cannot be totally assured; even if the design codes and guidelines are strictly followed (Rodríguez et al, 2006).

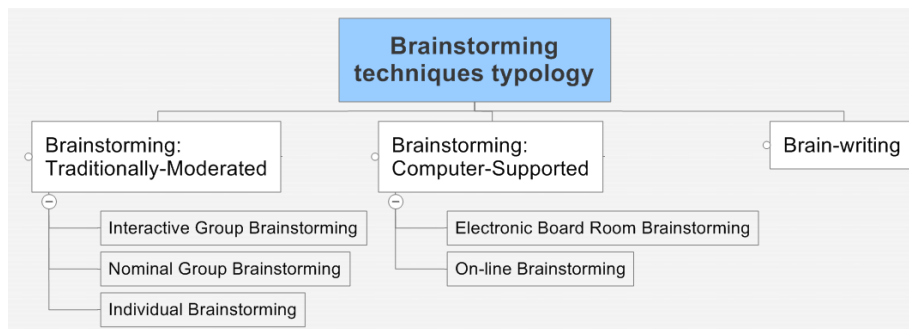
Therefore, from the midst of 90s, many construction industry experts began to propose the integration of Risk Management (RM) methodologies to construction development processes. In recent years, a great progress has been made mainly in the areas of tunnelling, coastal or overseas structures, and dam construction projects.

Emphasized in the work of Whitman (2000), Clayton (2001), VanStaveren (2006) and many others, it is considered essential for the geotechnical engineer to identify all possible mechanisms of damage (limit state) to prevent. Only after doing that correctly, would be then possible to estimate effectively the probability of risk occurrence and the value of its impact to finally set priority and prepare the risk treatment actions. The registered risks, together with the probability of failure and impact statistics, could provide valuable information for the risk manager who then would be able to prepare optimum risk mitigation measures. This could then produce a “better and cheaper” project effect, and importantly, lowering the price of insurance policy premium.

Among the risk identification techniques recommended by VanStaveren (2006) for geotechnical projects, the use of brainstorming session is recognized. According to studies in civil engineering industry (Lyons, Skitmore, 2004), the brainstorming was nominated as “most common risk identification technique used”. The biggest advantage of this method of identification is "to encourage creativity based on the ideas of others, try combinations and improvements" (PRAM, 2004). In what is called the session of brainstorming there are several types of it that can be seen in the Figure 1.

Basically it can be executed by nominal (non face-to-face idea generation) or interactive groups (face-to-face idea generation). Those sessions that not use informative technologies and on-line network connections as a fundamental base for brainstorming process are known as “traditional”. The “modern” brainstorming session through the use of information technologies, avoids group member influences, but does not satisfy social interaction needs. Due to the limited resources, group member’s technological maturity level, enterprise culture, and so on, the traditional interactive group brainstorming session still remains to be the most frequent one applied in civil engineering.

Figure 1: Typology of brainstorming sessions. (According to VanStaveren, 2008; Chapman, 1998; and Aiken et al, 1996).



2. Objectives and applied methodology in the context of the investigation project and planned studies.

Brainstorming session organization forms a part of an investigation project whose general objectives were the following:

1. Develop and test a concise and consistent methodology for systematic identification of risks related to geotechnical problems of building construction projects.
2. Register geotechnical problems related risks that may directly or indirectly affect the structural safety of the building using selected identification techniques. The concern was focused on operational risks affecting the development of the Geotechnical Project (GP).
3. And finally, give recommendations on the use of the determined risk identification techniques applied on geotechnical issues.

To create a new methodology for risk identification in geotechnical projects several risk identification techniques were planned to be tested to look on their possible application. One of the partial objectives of the investigation project was to prepare and execute Interactive Group Brainstorming (IGB) session and give recommendations on its use in Geotechnical Project (GP). The investigation methodology was designed to achieve the objective which consisted of the following:

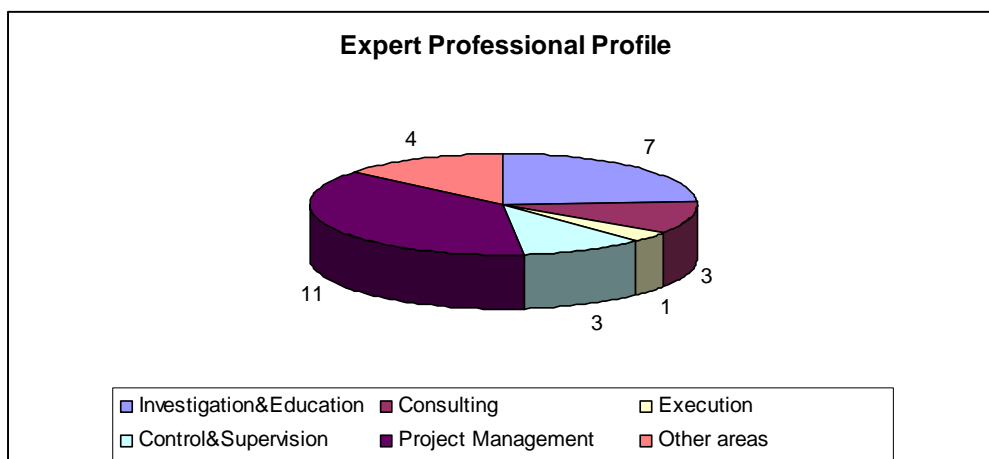
1. Analyze the “state of the art” about brainstorming session organization by revision of existing documentation. Identify questions and problems not resolved related to organization of such session for geotechnical project.
2. Search for the answers emerging from identified problems through a structured questionnaire. Form an expert group, create, execute and analyze the results of the questionnaire.
3. Execute real Interactive Group Brainstorming (IGB) session which is to be organized based on the two previously mentioned points, e.g. on the document study and questionnaire results.

It can be than possible to analyze the course of the real session and be able to give recommendations on its organization in a real geotechnical project comparing the results of the document study as well as those derived from the questionnaire.

2. Selected expert group profile for questionnaire about Interactive Group Brainstorming session.

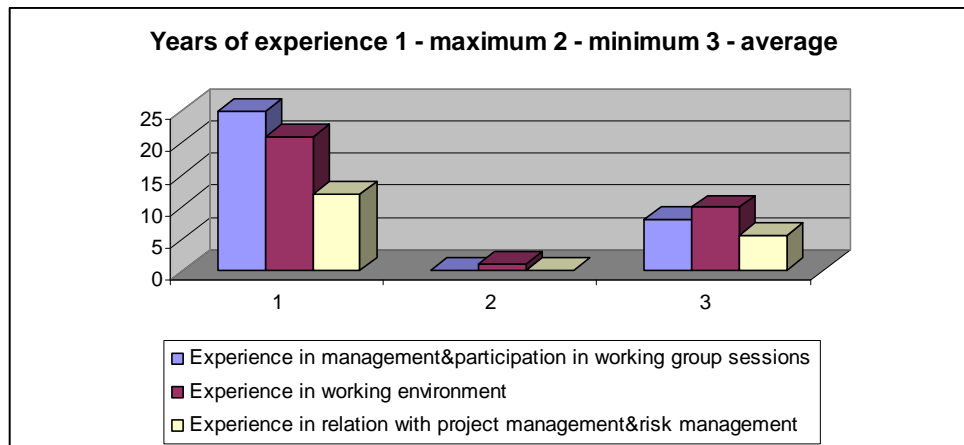
The questionnaire about IGB session was designed following, fundamentally, the rules and recommendations studied from documents dedicated on design and execution of questionnaires, especially the one from Diaz de Rada (Esic, 2001). 10 questions have been raised to the selected expert group through the questionnaire estimated approximately 20 minutes time for its execution.

Figure 2: Expert sample distribution by professional profile.



The expert group was selected according to their professional profile and experience in determined project areas. The questionnaire was sent to 36 selected experts and 13 have responded until this publication has been send to the congress. The process continues to advance and the questionnaire will be send to more experts until a representative sample is reached. The professional profile of those who achieve to respond until now is described on Figure 2.

Figure 3: Maximum, minimum and average years of experience gathered from the expert sample for determined project activities.



More than a half of them have an experience in different working areas which for the case of average years of their work experience seems rather obvious. Figure 3 confirms this, as we can see the expert average years of experience in management and participation in working group sessions, in their actual working environment, and carrying out the activities of Project Management or Risk Management (PM), to be 8, 10 and 5 respectively. Figure 2 show that 11 persons confirm they have experience in PM activities and this was one of good signals of confidence. Among the 13 experts, 5 were having the doctoral degree and 3 of them more then 15 years of experience.

3. Organization and support tools influencing the effectiveness of interactive group brainstorming session for risk identification.

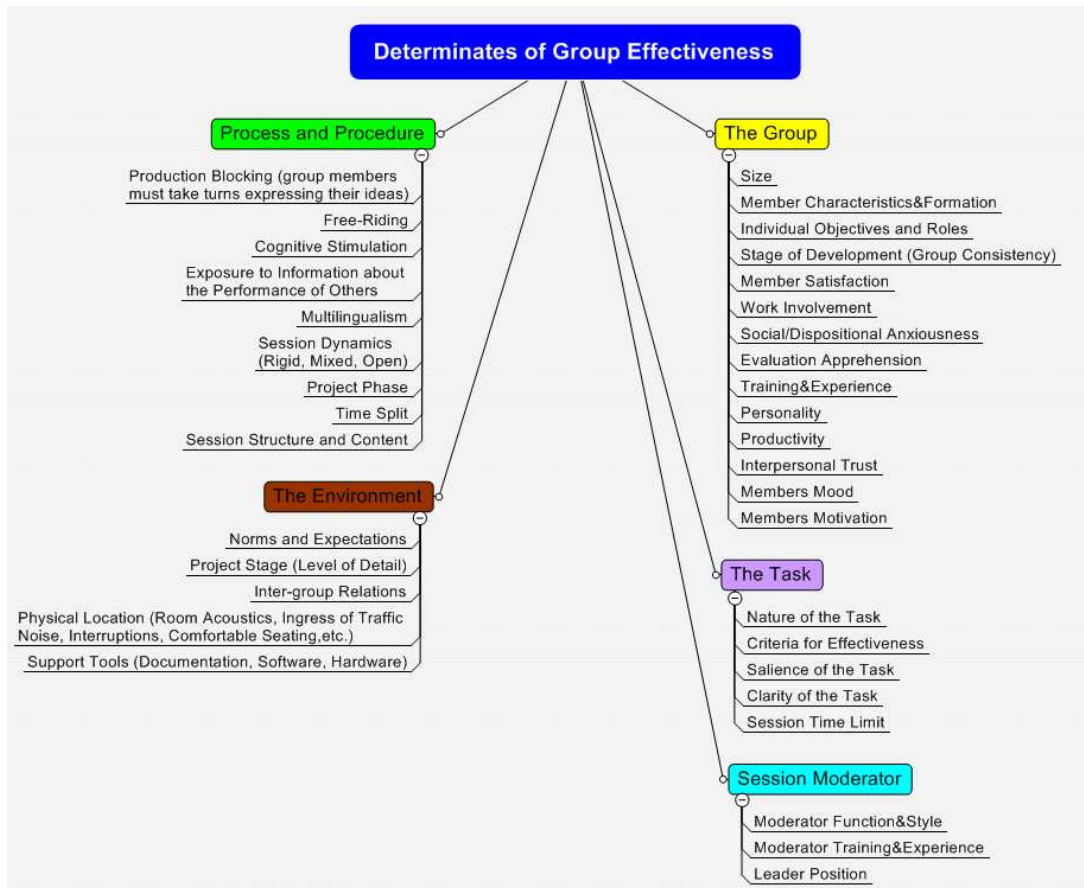
A typical Interactive Group Brainstorming (IGB) session consists of several phases such as introduction, risk scenario identification phase, followed normally by a short break (“coffee break”), after that, the risk scenarios identified in previous phase are reviewed, and finally short conclusions are made related to the organization and effectiveness of the meeting (according to PRAM, 2004). Determined as the main factors that influence the results of the session (Figure 4) are time limit, group size, dynamics, group moderator (facilitator) function and experience, project stage, member characteristics, clarity of the task, and the importance of the support tools. All of those mentioned were subjected on the document review before being put up for review by the questionnaire.

The optimum total time limits are determined in several books and standards. A total time limit of 200 minutes approximately is recommended with 10-90-10-90-5 allocation of time in minutes according to the above defined IGB phases (PRAM 2004). Of course, the optimum time limit can differ; only taking a look on the Figure 4 one can imagine how the factors such as member mood, motivation and characteristics can influence it. For the first question, the experts were asked to define the optimum time limits in minutes for each of the determined IGB phases.

The introduction phase possible content options were described in the second question and the task of the expert here was to determine their importance when mentioned starting the session. The rating scale here was marked from 0 to 3. While 0 stated for

“not to form part of the introduction”, the 3 points were defined as “essential to mention”.

Figure 4: Factors influencing effectiveness of brainstorming sessions (according to PRAM, 2004; Chapman, 1998; and others)

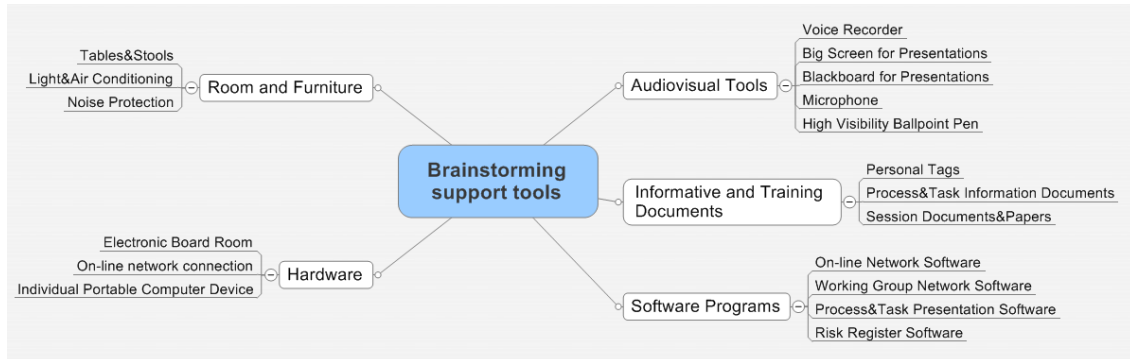


The third question treated the dynamics of session. A typical problem that occurs during the process is the presence of extrovert members and the introvert ones in the group (Chapman, 1998). While the first ones tend to present large number of ideas, the other ones may remain silent for different reasons. The rule of success is not to enhance the participation of extroverts, but to obtain reliable results and consistent ones with the objectives established by the decision-maker. While the “open system” can produce an objective and scope misplace, the “rigid system” tends to annihilate lateral thinking. The session information flow can be controlled either by an experienced group facilitator or by strict rules. The experts were asked here to mark an optimum solution from three proposed, the one that they would prefer in their professional work.

The fourth question tried to search for the answers related to the member group composition considering the member characteristics and two geotechnical project phases; pre-design and design phase (VanStaveren, 2008). For the mentioned phases two four element matrix have been created having both the same structure and content. The matrix combined same or different decision power levels with unidisciplinary or multidisciplinary group compositions. From that, 4 different combinations for each GP phase have been made and subjected to the expert

judgement. The rating scale here again was marked from 0 to 3. While 0 stated for “inappropriate composition”, the 3 points were defined as “optimum composition”.

Figure 5: List of possible brainstorming session support tools.

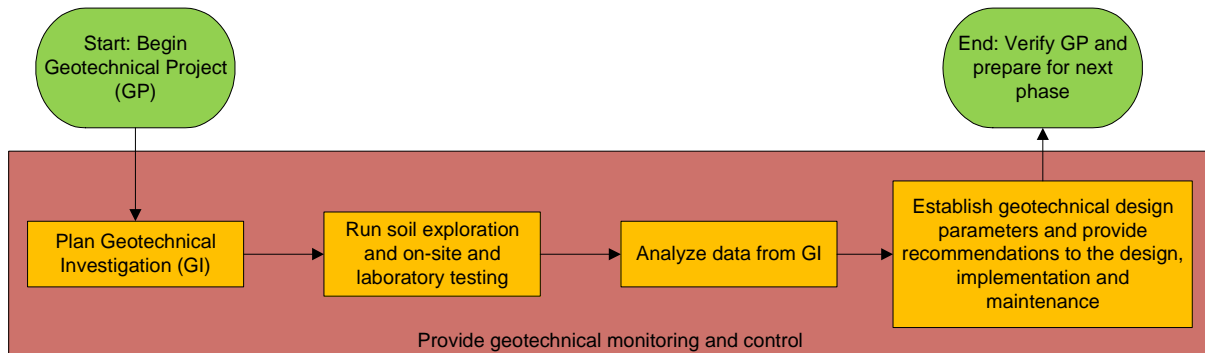


The fifth question was dedicated to the use of selected support tools. As it can be seen on the Figure 5, the tools can be divided in several groups. If one looks back to the Figure 1, he or she then can realize that the use of the support tool is determined strongly by brainstorming session type and can then easily calculate the resources (people, time and cost) needed for such sessions given the quality required by the client. The role of the risk manager (or project manager if there is none) is to take a look on the technique effectiveness for certain project situation while at the same time control the available resources. For a traditional IGB, the use of the electronic board room and on-line support tools can be forgiven, while the rest of the tools that appear on Figure 5 can be completely considered. Also, in the case of traditionally moderated brainstorming session types a group facilitator is needed as one of the resources. As in other questions, the rating scale here was marked from 0 to 3. While 0 stated for “none or negligible influence on the result of the session”, the 3 points were defined as “support tool essential and irreplaceable to obtain good results”.

The sixth question fathoms the question three about session dynamics and analyzes the function and responsibilities of the group facilitator. Basically, the facilitator can be impartial; limiting his activity only on the session dynamics coordination, or it can take part of the discussion as one of the group member. Also the time control differs here, for the case of facilitator being part of the group; he or she controls his time and make his own decision or the time for his intervention is assigned to him like for the rest of the group members. Here, three options were generated from these situations and were put to the expert judgement.

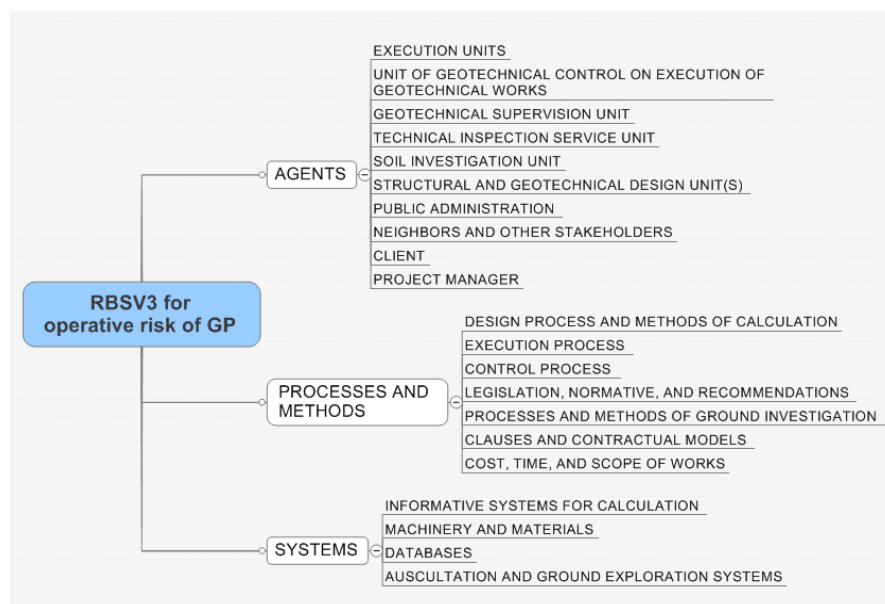
The seventh question introduces two support tools, both of them considered by the authors as necessary for risk identification scope control and designed with different alternatives leaving them for the experts to decide according to their preferences. The first one was the geotechnical project flow diagram, part of it seen on Figure 6 that represents the treated project scheme. In the example, the displayed diagram defines the execution process that leads to detailed geotechnical report creation. For this case, the operational risks of this process are to be identified here. For doing it correctly and register the risks in a controlled manner by their origins, the second tool is recommended to be applied called Risk Breakdown Structure (RBS) (Rodríguez, Hruškovič, 2007).

Figure 6: Example of the part of process flow diagram for geotechnical project subjected to expert opinion.



One of these structures can be seen on Figure 7, as this was one of four alternatives proposed. In the seventh question, the experts were considering only the fundamental phase of the IGB session, e.g. the risk scenario identification phase.

Figure 7: The highest scored geotechnical Risk Breakdown Structure (RBS) according to preliminary results of the questionnaire given from expert opinion.



In this phase, the question of how to divide the designated time for risk identification phase was planned. The options were to divide it following the phases of the flow diagram, or divide it following the risks origins embodied by any of the proposed geotechnical RBSs, or not to divide the time designated to risk identification and leave it completely on the decision of the group members from the beginning to the end of the phase.

The questions eight and nine were treating the optimum number of group members and optimum number of topics respectively. For the ninth question, the experts were guided to use their previous estimation on risk scenario identification phase time limit as the reference.

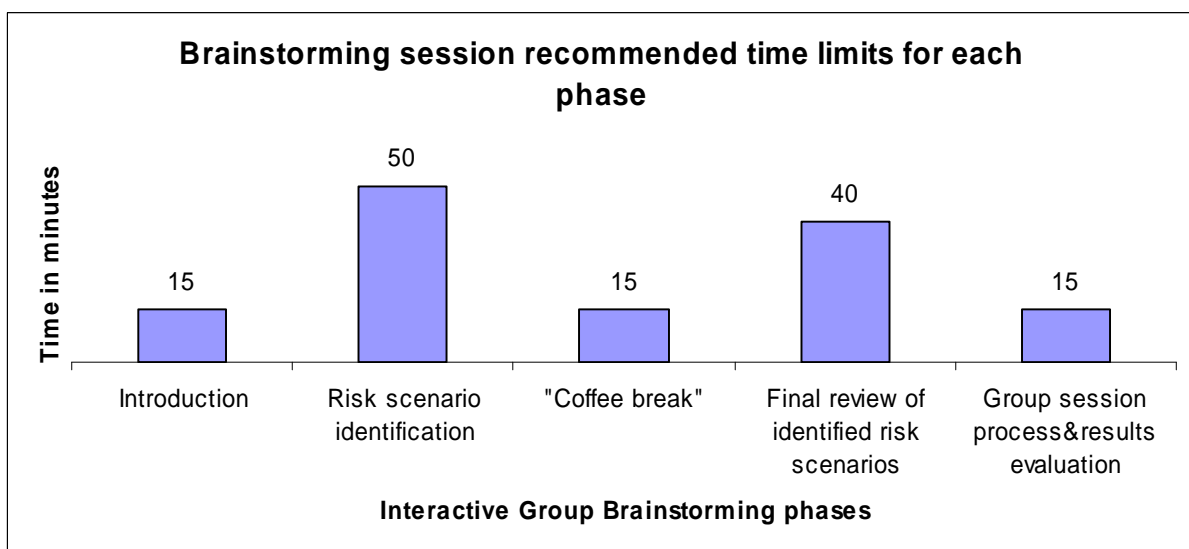
Finally, the ultimate question was asking the experts to classify from 1 to 4 (that is, from the best to the less suitable one) the three proposed geotechnical RBS for operational risk identification. The compositions of RBS differentiated in number of breakdown levels, e.g. level of detail about risk origins, number of risk origins defined in the first breakdown level, and in the very definition of risk origins and the manner of their structuring. The fourth option also has been made to be classified by the experts betting for not to use any of the identification and risk register support tools.

4. Preliminary results of the questionnaire.

In first question, where the experts were asked to establish time limits for defined Interactive Group Brainstorming (IGB) phases the average values for each of them were calculated. The results are presented below the text in Figure 8 and are preliminary. More statistical analysis including standard deviation and mean remain to be done. Despite this fact, the answers were quite coherent with only small differences in time limit determinations. Hence, the total time for IGB session summing up all phases is estimated to approximately 135 min. This is about 1.5 times less than the time limit recommendation made by PRAM (APM, 2004). Only two experts have overcome the 200 minutes time recommended for brainstorming session by the mentioned standard.

For second question the expert responses were also very coherent. Their function was to establish priorities, or rather importance value for several defined topics to be treated in the introduction phase of IGB session. In the range of 0 to 3, the highest scored were “presentation of the objectives and tasks” (averaging 2.92), “Process and session dynamics presentation” (averaging 2.62), and “presentation of session rules” (averaging 2.54). The lowest scored were “Presentation of session support tools” (averaging 1.62), and “presentation of the definition of brainstorming session” (averaging 1.7).

Figure 8: Expert time estimation averages (minutes) for defined interactive group brainstorming session for geotechnical project.



In third question, that treated the session dynamics, the experts were asked to determine which from the three options related to session organization the optimum one was following their own criteria. From 13 answers, 8 experts marked option C which stated for “open organization”, 4 have opted for option B (“mixed organization”), and finally 1 elected the option A (“rigid organization”).

The fourth question treated the composition of group members of the IGB session considering different Geotechnical Project (GP) phases and was quite complicated to understand for almost a half of the experts. There were also experts that claimed that there was no issue to organize such group technique for design phase of the GP. Nevertheless, some of the results derived from this question tend to be of majority opinion. With the rating scale marked from 0 to 3, the results were quite coherent for group composition between same power of decision and unidisciplinary group which was generally rated as “mediocre composition, it needs strict organization and control” for predesign phase (averaging 0.78), and slightly higher ranked for design phase (averaging 1.22). The highest scored group composition for predesign phase was the combination of different decision power and multidisciplinary group achieving the description of “suitable composition, problems may occur, but not affect seriously the expected results” (averaging 2.2). It should be mentioned that the combination between the same decision power and multidisciplinary group achieved almost the same results with a calculated average of 2.1 for predesign phase. Here it can be seen that the opinions differ substantially and further investigation has to be done. For the design phase, the highest ranked group composition was the combination between the same decision power and unidisciplinary group achieving an average of 2.2. Again, the results for the most appropriate composition in this GP phase are pretty much the same, stating “suitable composition, problems may occur, but not affect seriously the expected results” also for the combination between different decision power and multidisciplinary group (averaging 1.8). It has to be noted that 5 from 13 experts that have responded to this question did not make any difference in their evaluations between the two GP phases. This could happen also due to complicated formulation of the fourth question. Nevertheless, more data are needed to get any reasonable conclusion.

In fifth question, among the support tools subjected to expert assessment (Figure 6), big screen for presentations (averaging 2.5) and meeting site (light&air conditioning, noise protection) with an average of 2.2 were the highest scored; the first one defined as “essential for success” and the second one as “very important to improve quality of the process although it can be replaced”. The lowest values were given to support software (averaging 1.5) such as process&task presentation software or risk register software and mainly for the use of voice recorder during the sessions (averaging 1.1). As for the voice recorder, many of the experts claimed that the use of it could be “absolutely inadequate”. The poor ranking for support software seems almost a mystery, but the reason again may be the misunderstanding due to not detailed explication. Further investigation will reveal it.

In sixth question, that once again treated the session dynamics, the experts were asked to determine which from the three options related to group facilitator function the optimum one was by their own criteria. From the total of 13 answers, 10 experts decided for option A which stated for impartial facilitator limiting his activity only on the approved session dynamics coordination. Only 1 expert has opted for option B, which meant a facilitator assuming the function of the working group member and not having his or her own time limit. And finally, 2 experts have chosen the option C, which was a facilitator assuming the function of the working group member and being restricted by a time limit just like the rest of the participants. The results show clear evidence of impartiality for the group facilitator as a key for a good functioning of the session dynamics.

The results of seventh question about distribution of the topics discussed during the session are balanced in all 3 options. Total of 11 experts responded to this question, 3 of them bet on option A, 4 decided to select the option B, and equally, 4 looked out for the option C. Reaching a conclusion or give a recommendation on this topic seems to be impossible until now, moreover, there are also undecided experts. Can be possible that this question will never be answered “correctly”, as it is known that many times in the project development, the wishes of the client as a decision-maker produce changes that need to be accepted. There are times when the client prefers to centre the session effort to identify risks of specified parts of system, but can exist also the opposite; when he or she prefers to identify risks of specified origins defined by project stakeholders. There is also another option; he or she can asks the Risk Management team for identify the risk scenarios using both the system diagrams and Risk Breakdown Structures (RBS) from the beginning until finish of session. Further investigation is expected to be done here.

In the following questions 8 and 9, an optimum number of group members and optimum number of topics per session were determined. Total of 13 experts have given the answer for that in question 8, 11 experts in the other one. The result is optimum of 6 members and 4 topics per one session as taken from the average.

The last question asking the experts to classify from 1 to 4 (that is, from the best to the less suitable one) the three proposed geotechnical RBS for operational risk identification. Total of 11 experts responded to this question. Compositions A and B were the highest scored with an average of 2 and 2.1 respectively and that stated “quite suitable”. The worst combination was not to use any of the support tools for risk identification and risk register with average of 3.3 that stated “limited aptitude”.

5. Conclusions and future works

- Average recommended total time limit for traditional Interactive Group Brainstorming session was estimated to 135 min. This is 1.5 times less then recommended by Risk Management standards (200 min). It means that in real projects, the experts are willing to spend less time for this kind of working session.
- The majority of the respondent experts recommended “open organization” of the session conducted by an experienced and impartial group facilitator. At least, session objectives and tasks, and session dynamics and rules have to be mentioned in the introduction.
- A combination of system or process flow diagram with Risk Breakdown Structure (RBS) seems to be necessary when identifying operational risks. It is up to the project decision-maker or Project Manager to establish if he or she is more interested in risk scope control based on RBS or prefers to control them through the analyzed system or process structure.
- To obtain relevant results in some of the questions, it is necessary to gain more expert responses until statistically justify the conclusions. There are also a few cases when the participating expert response was not obtained due to the complexity or misunderstanding. Further modifications are planned to be executed without changing the questionnaire philosophy and meaning of the questions.

References

- Aiken M., Vanjani M., Paolillo J., "A comparison of two electronic idea generation techniques", *Information and Management*, Volume 30, Issue 2, May 1996, pp. 91 - 99
- Association for Project Management (APM): *Project Risk Analysis and Management Guide (PRAM) Second edition*. APM Publishing, Buckinghamshire, 2004
- Brandl, H.: *The Civil and Geotechnical Engineer in Society: Ethical and Philosophical Thoughts, Challenges and Recommendations*. The Deep Foundations Institute, Hawthorne, 2004
- Clayton, C.R.I.: *Managing geotechnical risk: improving productivity in UK building and construction*, Thomas Telford, 2001, 80pp. (Institution of Civil Engineers)
- Chapman R., "The effectiveness of working group risk identification and assessment techniques", *International Journal of Project Management*, Volume 16, Issue 6, December 1998, pp. 333-343
- Díaz de Rada Iguzquiza, V.: *Diseño y elaboración de cuestionarios para la investigación comercial*, Esic, 2001
- Lyons T., Skitmore M., "Project risk management in the Queensland engineering construction industry: a survey", *International Journal of Project Management*, Volume 22, Nº 1, 2004, pp. 51-61
- Rodríguez López F., Jiménez Rodríguez R., Hruškovič P., "Geotechnical risk management as a basis for quality assurance", *Risk Analysis V: Simulation and Hazard Mitigation*, Wessex Institute of Technology, UK, 2006
- Rodríguez López F., Hruškovič P., "Estructura de Desglose del Riesgo (EDR): Introducción del modelo para el fenómeno geotécnico", *Proceedings of the XI International Congress on Project Engineering*, Vol. 9, Lugo, Spain, 2007, pp. 86 – 97
- VanStaveren M.: *Uncertainty and Ground Conditions: A Risk Management Approach*, Butterworth-Heinemann, 2006
- Whitman Robert V., "Organizing and Evaluating Uncertainty in Geotechnical Engineering", *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, Volume 126, Issue 7, pp. 583-593, July 2000

Acknowledgements:

We gratefully thank to all participant experts that presented their opinions filling our questionnaire. Special thanks for their advices and continuous support to Mr. César Fernández-Yañez from CPV-OCT, Mr. Luboš Hruštinec from STU SvF Bratislava, Mr. Juan Ignacio Pérez from UPM CCP Madrid, and also to the members of GESPLAN investigation group.

Correspondencia (Para más información contacte con): Pavel Hruškovič

ETSI Caminos, Canales z Puertos de la UPM, Departamento Ingeniería Civil: Construcción
Phone: +34 659 217 248
Fax: +34 91 336 6803
E-mail: pavelhruskovic@ymail.com
Pavel Hruškovič *LinkedIn* profile

APÉNDICE D: DOCUMENTACIÓN PARA LA ENCUESTA DE IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS.

D.1. Formato del cuestionario de identificación de escenarios de riesgo geotécnico
D.1.1. Versión Castellana

NOMBRE (opcional):

TIEMPO AL INICIO DEL CUESTIONARIO ¹⁾	TIEMPO AL FINAL DEL CUESTIONARIO ²⁾
/ (hora/min.)	/ (horamin)

INTRODUCCIÓN:

El cuestionario que Vd. acaba de abrir está destinado a **identificar los escenarios de riesgo operativo que considere más importantes** según su experiencia profesional. Presente estudio está relacionado con el desarrollo de una parte determinada de **Proyecto Geotécnico (PG)** para las obras de edificación (**Anexo, Parte 1**).

El escenario de riesgo se define como una descripción de riesgo que contiene un *origen*, un *evento de riesgo*, y una *causa* que lo provocan, y uno o varios *efectos* que esta puede tener en el caso de su materialización. Según el sistema concebido para la codificación de los escenarios de riesgo, si alguno de los parámetros (origen, evento, causa) mencionados arriba del texto que definen un escenario se cambia, se tratará ya de otro escenario de riesgo identificado. Por favor, describanos los escenarios identificados por Vd. en el **Registro de Riesgos (RR)** que se sitúa en la **Parte 2** de este documento.

Para la descripción de los escenarios de riesgo se recomienda estudiar la información descrita en el documento de anexo al cuestionario antes de acceder a la elaboración del RR. Como herramientas de ayuda para la identificación de escenarios de riesgo se recomiendan utilizar el **listado estructurado de orígenes de riesgo operativo (Anexo, Parte 2)** y el **diagrama de flujo del PG (Anexo, Parte 3)**.

Es conveniente en el RR definir las tres categorías para poder cumplir con la definición establecida para un escenario de riesgo. La descripción óptima para la definición de la causa se considera aquella que permite definir los grados de **probabilidad de ocurrencia e impacto** determinados en el anexo del cuestionario (**Anexo, Parte 4**).

PARTE 1: PREGUNTAS INICIALES

- ¿Cuántos años de experiencia profesional tiene?
- ¿Cuantos años de experiencia tiene en relación al desarrollo de cualquier parte de proyecto geotécnico?
- Por favor, marque las ocupaciones profesionales que ha ejercido en el proyecto geotécnico a lo largo de su trayectoria profesional. (nota: puede seleccionar varias en las que había ejercido la profesión)

INVESTIGACIÓN DEL TERRENO	DISEÑO Y CALCULO GEOTÉCNICOS	CONSULTORIA GEOTÉCNIA, ENSEÑANZA, I+D+i	CONTROL Y SUPERVISIÓN	EJECUCIÓN OBRAS DE CIMENTACIÓN Y ESTABILIDAD
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

- Por favor, marque su área de responsabilidad profesional que ejerce o había ejercido en el proyecto geotécnico durante su trayectoria profesional. Seleccione tantas como sean pertinentes.

Tareas del personal de gestión y planificación	Tareas del personal técnico de ejecución	Tareas de enseñanza, consultoría y/o investigación
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

¹⁾ **NOTA 1:** El *tiempo destinado* para rellenar este cuestionario queda abierto para su propia elección. Le agradezco de antemano por incluir la información sobre el *tiempo* que Vd. había dedicado a su ejecución y el *tiempo* que considera *óptimo* utilizando este método de identificación. Esta información me permitirá analizar la efectividad de las técnicas de identificación de riesgo empleadas.

²⁾ **NOTA 2:** En el desarrollo del cuestionario se ha tratado de *simplificar y automatizar* lo más posible el proceso con el fin de aumentar la velocidad de su ejecución. Registro de riesgos ofrece a los respondientes parámetros previamente establecidos en cuanto se trata de los eventos y orígenes de riesgo. La única parte escrita es la que se dedica a la descripción de las causas de eventos de riesgo.

PARTE 2: REGISTRO DE ESCENARIOS DE RIESGO RELACIONADOS CON EL DESARROLLO DE LA PARTE DETERMINADA DEL PROYECTO GEOTÉCNICO

ORIGEN DE RIESGO ³⁾	EVENTO DE RIESGO ⁴⁾	POSIBLES CAUSAS DEL EVENTO DE RIESGO DETERMINADO ⁵⁾
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en programación de reconocimiento de	Volumen y contenido de trabajos de investigación según la fase de proyecto no adecuado. ⁶⁾
1.6. Equipos de investigación de terreno	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	Selección de muestras extraídas de perforación para ensayos en laboratorio no correcta. ⁶⁾
Seleccione	Seleccione	
Seleccione	Seleccione	
Seleccione	Seleccione	
Seleccione	Seleccione	
Seleccione	Seleccione	
Seleccione	Seleccione	
Seleccione	Seleccione	
Seleccione	Seleccione	
Seleccione	Seleccione	
Seleccione	Seleccione	
Seleccione	Seleccione	
Seleccione	Seleccione	
Seleccione	Seleccione	
Seleccione	Seleccione	
Seleccione	Seleccione	

NOTA 3: Defina el origen de riesgo según el listado estructurado presentado en el ANEXO del cuestionario (Parte 2, Figura 1). En el caso de seleccionar la opción “otro origen”, por favor, indíquelo entre paréntesis en la casilla que pertenece a la descripción de la causa de riesgo.

NOTA 4: Defina los eventos de riesgo según el diagrama de flujo del proyecto geotécnico presentado en el ANEXO del cuestionario (Parte 3, Tabla 2, Figura 2).

NOTA 5: El grado de *descripción óptima* de la *causa* se considera aquel que permita definir posteriormente (en la fase de análisis cualitativo) los grados de probabilidad de ocurrencia e impacto determinados por el presente estudio (Anexo, Parte 4, Tablas 3, 4 y 5).

NOTA 6: Los dos escenarios de riesgo descritos sirven solamente de ejemplo, y serán posteriormente excluidos de los escenarios definidos por Vd., al no ser que Vd. mencione que se identifica con ellos.

PARTE 3: EVALUACIÓN FINAL DEL CUESTIONARIO

1. Tiempo que había dedicado para familiarizarse con la forma de elaboración del cuestionario (introducción + documentación de entrada) (min.) ⁷⁾:
2. Tiempo que había dedicado para la elaboración del registro de riesgos (min.) ⁷⁾:
3. ¿Según su criterio, cuál debería ser el tiempo óptimo para familiarizarse un respondiente con la forma de elaboración del cuestionario (min.) ⁷⁾:
4. ¿Según su criterio, cuál debería ser tiempo óptimo dedicado por un respondiente para la elaboración del registro de riesgos (min.) ⁷⁾:

En cuanto al cumplimiento de los objetivos del estudio considero:

AREA DEL ESTUDIO	EVALUACIÓN ⁸⁾
La estructura del cuestionario	Seleccione
Descripción de los objetivos del estudio	Seleccione
El contenido y estructura del diagrama de flujo de proyecto geotécnico	Seleccione
La clasificación de orígenes de riesgo a través del listado estructurado	Seleccione
La estructura del registro de riesgos	Seleccione

NOTAS Y COMENTARIOS:

En este apartado puede realizar comentarios sobre la estructura y contenido del cuestionario que crea importantes.

Muchas gracias por su colaboración

Correspondencia (para enviar la encuesta, y para cualquier duda o aclaración, puede contactar con):

Pavel Hruškovič

ETSI Caminos, Canales y Puertos de la UPM

Departamento de la Ingeniería Civil: Construcción

C/ Profesor Aranguren

Tlf: +34 91 336 5378

Fax: +34 91 336 6803

Correo electrónico: pavelhruškovic@ymail.com

⁷⁾ **NOTA 7:** La información sobre los *tiempos de ejecución* (Parte 3, Preguntas 1-4) del cuestionario me es imprescindible para cumplir uno de los objetivos principales de mi tesis doctoral. Le agradezco de antemano por introducir esta información.

⁸⁾ **NOTA 8:** En el caso de seleccionar las opciones "*apta con modificaciones*" o "*no apta*", por favor, nos describa las razones de tal decisión en el apartado de notas y comentarios.

D.1.2. Versión Eslovaca

MENO RESPONDENTA (nepovinný údaj):

ČAS ZAHÁJENIA VYPLNENIA DOTAZNÍKA ¹⁾	ČAS UKONČENIA VYPLNENIA DOTAZNÍKA ²⁾
/ (hod. / min.)	/ (hod. / min.)

ÚVOD:

Dotazník, ktorý ste práve otvorili je určený na **identifikáciu najdôležitejších scenárov operatívneho rizika**, podľa Vašej odbornej skúsenosti. Štúdia sa vzťahuje na špecifickú časť **Geotechnického Projektu (GP)** pre bytové, občianske a administratívne stavby (*Príloha, Časť 1*).

Scenár rizika sa definuje ako opis rizika, ktorý obsahuje jednu udalosť rizika, jeho zdroj a jednu jeho príčinu, ktorá môže vyvolať jeden prípadne viacero nepriaznivých dôsledkov. Podľa navrhnutého systému kodifikácie scenárov rizika, ak sa zmení ktorýkoľvek z hore uvedených parametrov (zdroj, udalosť, príčina), v tom prípade sa jedná už o iný zadaný scenár rizika. Vami identifikované scenáre rizika prosím zaznamenajte v **Registri Rizík (RR)**, ktorý sa nachádza v *Časti 2* dotazníka.

Pri definovaní scenárov rizika sa pre postup vyplnenia odporúča preštudovať si stručnú vstupnú informáciu opísanú v prílohe dotazníka a následne potom prísť k vyplneniu samotného RR. Ako pomocné nástroje pri identifikácii scenárov rizika sa odporúčajú použiť **štruktúrovaný zoznam zdrojov operatívneho rizika** (*Príloha, Časť 2*) a **vývojový diagram určenej časti geotechnického projektu** (*Príloha, Časť 3*).

Je vhodné zdefinovať všetky tri kategórie, aby mohla byť splnená podmienka pre definíciu scenára rizika. Optimálna úroveň detailu pri definícii príčiny vzniku rizikovej udalosti by mala taká, aby bolo následne možné určiť pravdepodobnosť výskytu a stupeň dôsledkov zadaných v technickej prílohe dotazníka (*Príloha, Časť 4*).

ČASŤ 1: VSTUPNÉ OTÁZKY

1. Celkový počet rokov odbornej praxe?
2. Počet rokov odbornej praxe vo vzťahu k riešeniu ktorejkoľvek časti Geotechnického Projektu (GP)?
3. Prosím, označte (krížikom) odbornú prax v činnostiach v rámci GP, v ktorých ste pôsobili v minulosti prípadne pôsobíte v súčasnosti (poznámka: môže byť označené aj viacej možností).

GEOTECHNICKÝ (INŽINIERSKO-GEOLOGICKÝ) PRIESKUM	NÁVRHY (PROJEKTY) GEOTECH. KONŠTRUKCIÍ	GEOTECH. KONZULTANT, PRÍPADNE VÝSKUM	KONTROLA GP, PRÍPADNE MONITORING	REALIZÁCIA (VÝSTAVBA) GEOTECH. KONŠTRUKCIÍ
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4. Prosím, označte (krížikom) Vašu profesionálnu zodpovednosť, ktorú vykonávate v súčasnosti a/alebo ste vykonávali v minulosti v rámci GP (poznámka: môže byť označené aj viacej možností).

Zodpovednosť za úlohy riadenia projektu	Zodpovednosť za technické úlohy projektu	Zodpovednosť za poradenstvo, školenie, prípadne výskum
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

¹⁾**POZNÁMKA 1:** Čas venovaný na vyplnenie dotazníka sa prenecháva pre Vaše osobné rozhodnutie. Ďakujem Vám za doplnenie informácie o čase, ktorý ste venovali na jeho vyplnenie ako aj o čase, ktorý považujete za optimálny pre identifikáciu rizík prostredníctvom tejto metódy z Vášho pohľadu. Obe informácie sú veľmi dôležité pre porovnanie efektívnosti vybraných techník identifikácie rizík.

²⁾**POZNÁMKA 2:** Počas prípravy dotazníka som sa snažil v čo najväčšej možnej miere zjednodušiť a zautomatizovať proces jeho vyplnenia a tým ho zároveň urýchliť. Register rizík (uvedený v Časti 2) ponúka respondentovi vopred zadané parametre pre udalosti a zdroje scenárov. Jedinou Vami textom doplňovanou časťou je Časť 2, ktorá je venovaná definícii možných príčin vzniku rizikovej udalosti.

ČASŤ 2: REGISTER SCENÁROV OPERATÍVNYCH RIZÍK PRE VYBRANÚ ČASŤ CHARAKTERISTICKÉHO GEOTECHNICKÉHO PROJEKTU

ZDROJ RIZIKA ³⁾	UDALOSŤ RIZIKA ⁴⁾	MOŽNÉ PRÍČINY VZNIKU RIZIKOVEJ UDALOSTI ⁵⁾
1.7. Geotechnický konzultant	Chyba pri vytvorení projektu IG prieskumu	Nevhodný objem a obsah prieskumných prác pre danú fázu stavebného projektu.
1.6. Personál pre geotechnický prieskum stav	Chyba pri vykonávaní prieskumných prác	Nevhodný výber odobraných vzoriek zemín pre laboratórne účely.
Vyberte prosím	Vyberte prosím	
Vyberte prosím	Vyberte prosím	
Vyberte prosím	Vyberte prosím	
Vyberte prosím	Vyberte prosím	
Vyberte prosím	Vyberte prosím	
Vyberte prosím	Vyberte prosím	
Vyberte prosím	Vyberte prosím	
Vyberte prosím	Vyberte prosím	
Vyberte prosím	Vyberte prosím	
Vyberte prosím	Vyberte prosím	
Vyberte prosím	Vyberte prosím	
Vyberte prosím	Vyberte prosím	
Vyberte prosím	Vyberte prosím	

³⁾ **POZNÁMKA 3:** Uvedte zdroj rizika podľa zoznamu uvedenom v prílohe dotazníka (v Časti 2, Obr. 1) kliknutím tlačítka myši na pole “**Vyberte prosím**“. V prípade voľby “iný zdroj”, prosím zadefinujte ho a umiestnite v zátvorke v opise príčiny udalosti rizika.

⁴⁾ **POZNÁMKA 4:** Uvedte udalosti rizika podľa vývojového diagramu uvedenom v prílohe dotazníka (v Časti 3, Obr. 2 a Tab. 2) kliknutím tlačítka myši na pole “**Vyberte prosím**“.

⁵⁾ **POZNÁMKA 5:** Optimálna úroveň opisu príčiny pre udalosť rizika je taká, pri ktorej je možné zadefinovať určené úrovne pravdepodobnosti výskytu a možných dôsledkov (podľa prílohy dotazníka, Časť 4, Tab. 3 až Tab. 5).

⁶⁾ **POZNÁMKA 6:** Dva uvedené scenáre rizika slúžia len ako príklad, a po odovzdaní Vami definovaných scenárov rizika budú vyňaté zo zoznamu, ak neuvediete, že sa s nimi stotožňujete.

ČASŤ 3: ZÁVEREČNÉ VYHODNOTENIE DOTAZNÍKA

1. Čas venovaný na oboznámenie sa s vyplnením dotazníka (min) ⁷⁾:
2. Čas venovaný na vyplnenie samotného registra rizík (min) ⁷⁾:
3. Aký by mal byť podľa Vás optimálny čas na oboznámenie sa respondentu s vyplnením dotazníka (min) ⁷⁾:
4. Aký by mal byť podľa Vás optimálny čas na vyplnenie samotného registra rizík (min) ⁷⁾:

Z hľadiska splnenia cieľov stanovených predloženou štúdiou považujem:

HODNOTENÁ OBLASŤ (ČASŤ) ŠTÚDIE	HODNOTENIE ⁸⁾
Štruktúru dotazníka	Vyberte prosím
Opis stanovených cieľov štúdie	Vyberte prosím
Obsah a štruktúru vývojového diagramu geotechnického projektu	Vyberte prosím
Štruktúrovanú klasifikáciu zdrojov rizika	Vyberte prosím
Štruktúru registra rizík	Vyberte prosím

POZNÁMKY A KOMENTÁRE RESPONDENTA:

V tejto časti môžete realizovať akýkoľvek komentár k obsahu, a štruktúre pracovnej a informačnej časti dotazníka :

Veľmi pekne ďakujem za Vašu spoluprácu.

Pre korešpondenciu na odoslanie dotazníka, a na objasnenie akejkoľvek pochybnosti, prosím kontaktujte sa s:

Pavel Hruškovič
ETSI Caminos, Canales y Puertos de la UPM
Departamento de la Ingeniería Civil: Construcción
C/ Profesor Aranguren
Tlf: +34 91 336 5378
Fax: +34 91 336 6803
email: pavelhruškovic@ymail.com

⁷⁾ **POZNÁMKA 7:** Informácie o čase (Časť 3, Otázky 1-4) venovanému na oboznámenie sa a vyplnenie dotazníka, ako aj o čase Vami určenom ako optimálny, sú nevyhnutnou informáciou na splnenie jedného z hlavných cieľov mojej dizertačnej práce. Vopred Vám ďakujem za poskytnutie tejto informácie.

⁸⁾ **POZNÁMKA 8:** V prípade ak v hodnotení označíte možnosť „vhodné, ale vyžaduje modifikáciu“ alebo „nevhodné“, prosím uveďte stručne v časti *Poznámky a komentáre respondenta* dôvody Vašeho hodnotenia. Kliknutím tlačítka myši na pole “**Vyberte prosím**“ sa Vám zobrazia ponúkané možnosti.

PARTE 1: DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO GEOTECNICO CARACTERISTICO.

En esta parte se define el proyecto característico (Tab. 1) para acotar el alcance de tipologías funcionales, estructurales, geotécnicas y también las contractuales que son el objeto de este estudio. Los parámetros mencionados pueden influir en la existencia de ciertos escenarios de riesgo operativo tanto como en el grado de su impacto que se podría desarrollar en el caso de materializarse los mismos.

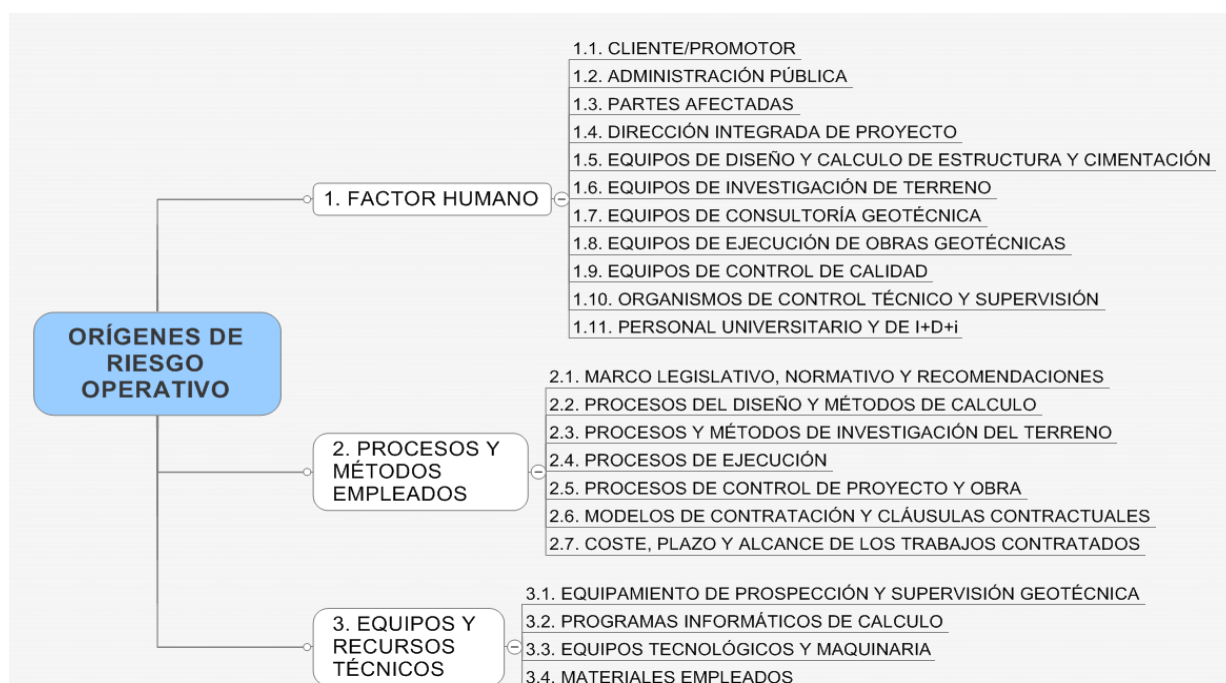
Tab. 1: Definición de proyecto característico objeto del estudio.

TIPOLOGIA DE OBRA SEGÚN FUNCION	EDIFICIOS DE VIVIENDAS, EDIFICIOS PUBLICOS Y ADMINISTRATIVOS INCLUYENDO LOS EDIFICIOS DE TORRES Y NAVES
TIPOLOGIA DE OBRA SEGÚN PROCESO DE CONSTRUCCION	EDIFICACION, RECONSTRUCCION, REFORMA
TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL	ESTRUCTURAS DE FÁBRICA, ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO, ESTRUCTURA COMBINADA
TIPOLOGÍA CIMENTACIÓN	CIMENTACIONES SUPERFICIALES, PROFUNDAS, MEJORAS DEL TERRENO
TERRENO DE CIMENTACIÓN	TIPOS DEL TERRENO T-2, Y T-3 SEGÚN CTE-DB-C
TIPO DE CONTRATO	PÚBLICO, PRIVADO, PÚBLICO-PRIVADO

PARTE 2: LISTADO ESTRUCTURADO DE ORIGENES SELECCIONADOS DE RIESGO OPERATIVO PARA PROYECTO GEOTÉCNICO OBJETO DEL ESTUDIO.

Los posibles orígenes del riesgo operativo están definidos y presentados en la Fig. 1. El respondiente tiene también la opción de seleccionar “otro origen”, definirlo dentro del **Registro de Riesgos (RR) (Cuestionario, Parte 2)**, y ponerlo entre paréntesis en el apartado para la descripción de causas.

Fig. 1: Listado estructurado de los orígenes de riesgo operativo para presente estudio.



PARTE 3: LOS EVENTOS DE RIESGO Y LAS ACTIVIDADES DEL PROYECTO GEOTÉCNICO OBJETO DEL ESTUDIO.

Los eventos de riesgo (Tab. 2) quedan predeterminados, y concretamente son los que se relacionan con cualquier fallo o error en la cadena de actividades de la fase determinada del **Proyecto Geotécnico (PG)**. El proceso de desarrollo, objeto de estudio, se presenta en el diagrama de flujo de la Fig. 2.

Tab. 2: Definiciones para los eventos de riesgo objetos del estudio.

EVENTO DE RIESGO	DEFINICION
1	Fallo en la programación del Reconocimiento de Terreno (RT).
2	Fallo en la ejecución de las prospecciones "in situ" y en laboratorio.
3	Fallo en el análisis de los datos obtenidos mediante RT.
4	Fallo en las recomendaciones al diseño, construcción y mantenimiento.
5	Fallo en el control y supervisión geotécnicos.

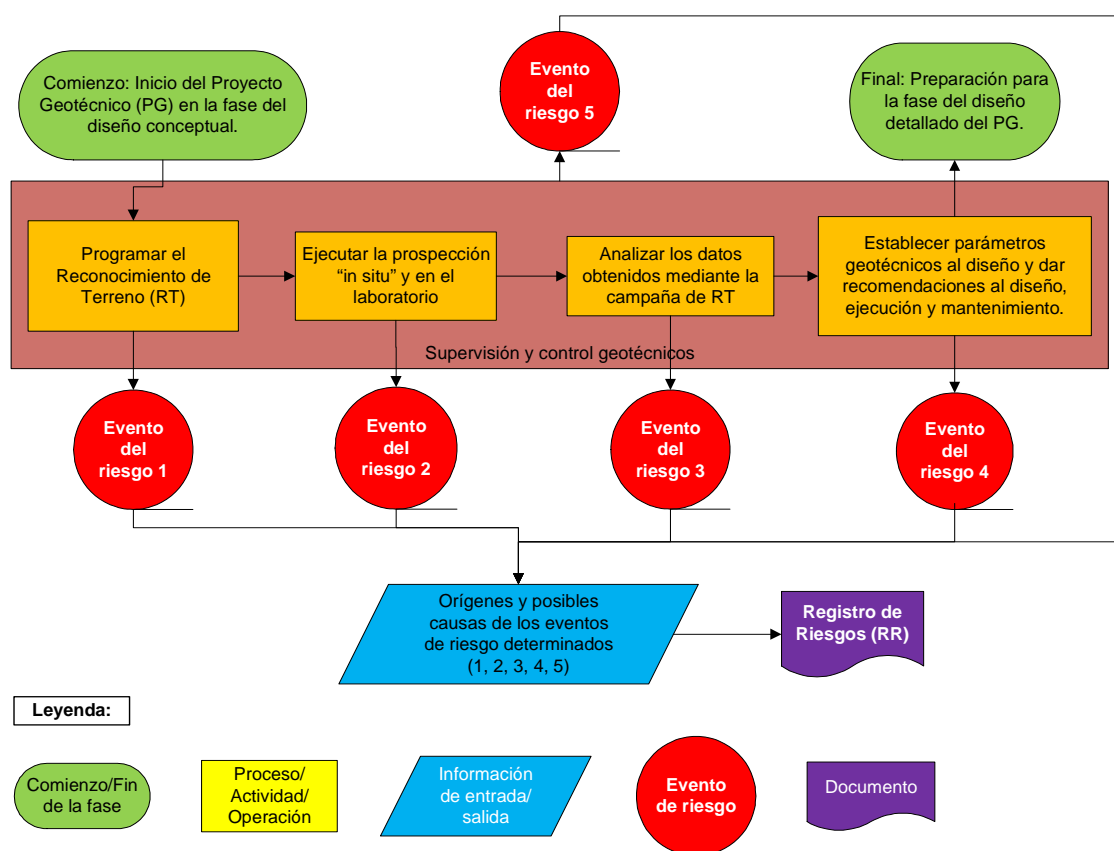


Fig. 2: Diagrama de flujo para la fase determinada del PG.

PARTE 4: DEFINICIONES CUALITATIVAS PARA LOS GRADOS DE PROBABILIDAD DE OCURRENCIA E IMPACTO DE LOS ESCENARIOS DE RIESGO IDENTIFICADOS.

Las definiciones cualitativas de los grados de probabilidad de ocurrencia (Tab. 3) y de impacto económico y material sirven de ayuda al respondiente para que este en el **RR (Cuestionario, Parte 2)** pueda establecer el óptimo grado de descripción de las causas de los eventos de riesgo estudiados. Una vez acabado el proceso de identificación y codificados los escenarios de riesgo, estos se analizarán cualitativamente utilizando los barremos expuestos en las Tablas 3, 4 y 5.

Es cierto, que no siempre el riesgo se materializa en forma de un fallo estructural o de servicio. En mayoría de los casos, los errores se consiguen reparar antes de que ocurra algún siniestro, pero entonces, esto se traduce en el aumento del coste total de obra y/o no cumplimiento de los plazos acordados. Por lo tanto, se han establecido dos tipos de efectos finales; uno que observa la influencia sobre la fiabilidad de la obra (Tab. 4), y otro que hace lo mismo con el presupuesto total de la misma (Tab. 5).

Tab. 3: Descripciones cualitativas para los grados de probabilidad de ocurrencia.

PROBABILIDAD DE OCURRENCIA	DESCRIPCION
DESPRECIABLE	Menos que 1% de los casos
BAJA	Desde 1% hasta 10% de los casos
CONSIDERABLE	Desde 10% hasta 50% de los casos
ALTA	Mas que 50% de los casos

Tab. 4: Descripciones cualitativas para los grados del impacto material.

CAMBIO DE LA FIABILIDAD	DESCRIPCION
NINGUNA INFLUENCIA	No ocurren cambios en seguridad y servicio del edificio.
POCA INFLUENCIA	Cambio insignificante de los servicios de edificio. Los daños potencialmente producidos son difíciles de encontrar. Con el paso de tiempo puede llegar a producirse un fallo estructural o de servicio, si el mismo escenario de riesgo llega a materializarse repentinamente.
INFLUENCIA CONSIDERABLE	Cambio significativo de los servicios de edificio. Se manifiesta como agrietamiento de los elementos estructurales y no estructurales de edificio y/o asentamiento excesivo del mismo.
SERIAMENTE INFLUYE	Perdida de la estabilidad de edificio. Se manifiesta como rotura parcial de alguno o varios elementos constructivos o hasta derrumbamiento (colapso) de edificio.

Tab. 5: Descripciones cualitativas para los grados del impacto económico.

AUMENTO DE COSTE (PRESUPUESTO)	DESCRIPCION
DESPRECIABLE	Aumento despreciable en el presupuesto del proyecto (menos que 5 %).
BAJO	El coste subirá entre 5 y 15 % de lo estimado.
CONSIDERABLE	El coste subirá entre 15 y 30 % de lo estimado.
ALTO	El coste subirá por encima de 30 % de lo estimado.

D.2.2. Versión Eslovaca

ČASŤ 1: VŠEOBECNÝ OPIS CHARAKTERISTICKÉHO GEOTECHNICKÉHO PROJEKTU

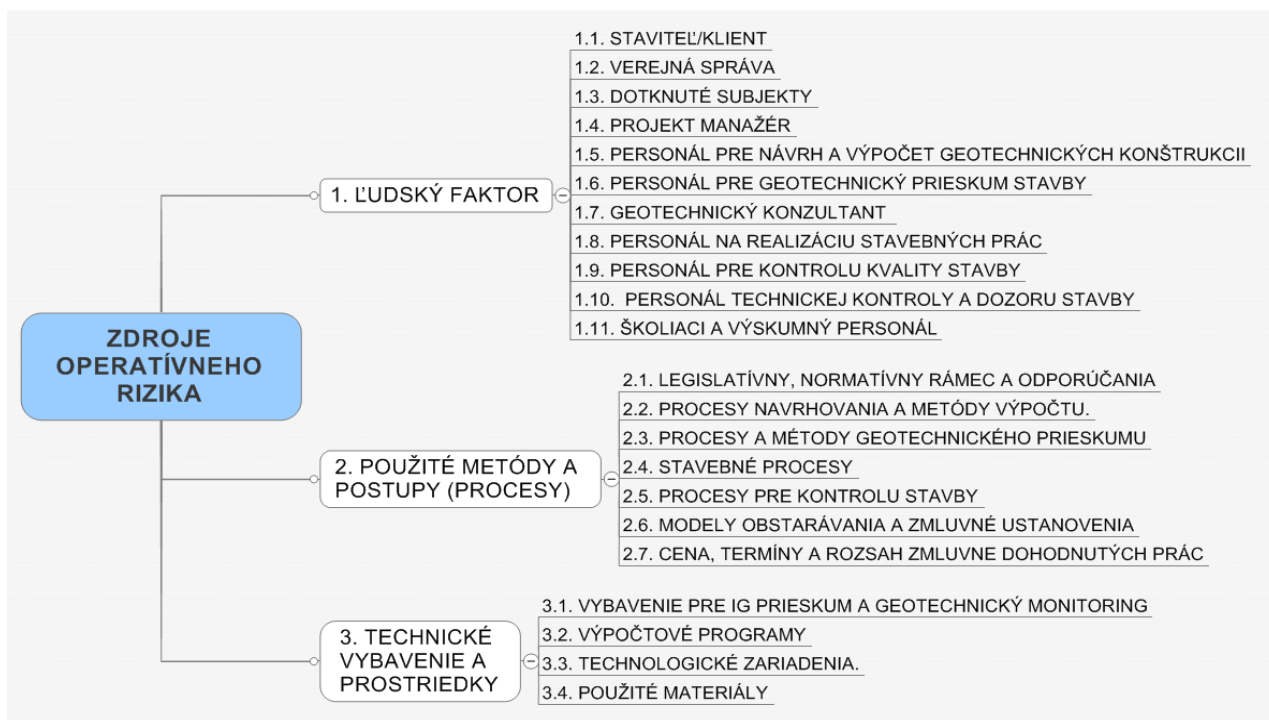
V tejto časti sa definuje charakteristický projekt (Tab. 1), aby bola ohraničená oblasť platnosti štúdie prostredníctvom zadenovania typológií funkcií charakteristickej stavby, jej nosnej konštrukcie, podložia stavby, ako aj možných zmluvných vzťahov. Spomínané parametre môžu ovplyvniť existenciu scenárov rizika ako aj rozsah ich možných dôsledkov.

Tab. 1: Definícia charakteristického projektu pre predmet štúdie.

DRUH STAVBY PODĽA FUNKCIE	BYTOVÉ, OBČIANSKE A ADMINISTRATÍVNE STAVBY VRÁTANE VÝŠKOVÝCH OBJEKTOV A HÁL
DRUH STAVBY PODĽA STAVEBNÉHO PROCESU	VÝSTAVBA, REKONŠTRUKCIA, PRESTAVBA
DRUH STAVBY PODĽA TYPU NOSNÉHO KONŠTRUKČNÉHO SYSTÉMU	STENOVÝ, STĹPOVÝ, KOMBINOVANÝ
TYP ZÁKLADOVEJ KONŠTRUKCIE	PLOŠNÉ, HLĚBKOVÉ, ZLEPŠOVANIE ZEMÍN
TERÉN PRE ZAKLADANIE	2. A 3. GEOTECHNICKÁ KATEGÓRIA (PODĽA STN 73 1001)
DRUH ZMLUVNÝCH VZŤAHOV	VEREJNÝ, SÚKROMNÝ, VEREJNO-SÚKROMNÝ

ČASŤ 2: PREHĽAD VYBRANÝCH ZDROJOV OPERATÍVNEHO RIZIKA GEOTECHNICKÉHO PROJEKTU PRE ZADANÚ ŠTÚDIU.

Možné zdroje operatívneho rizika sú vopred zadenované a uvedené prehľadne na Obr. 1. V **Registri Rizik (RR) (Dotazník, Časť 2)** má respondent možnosť vybrať "iný zdroj", zadenovať ho a umiestniť v zátvorke v časti pre opis príčiny udalosti rizika.



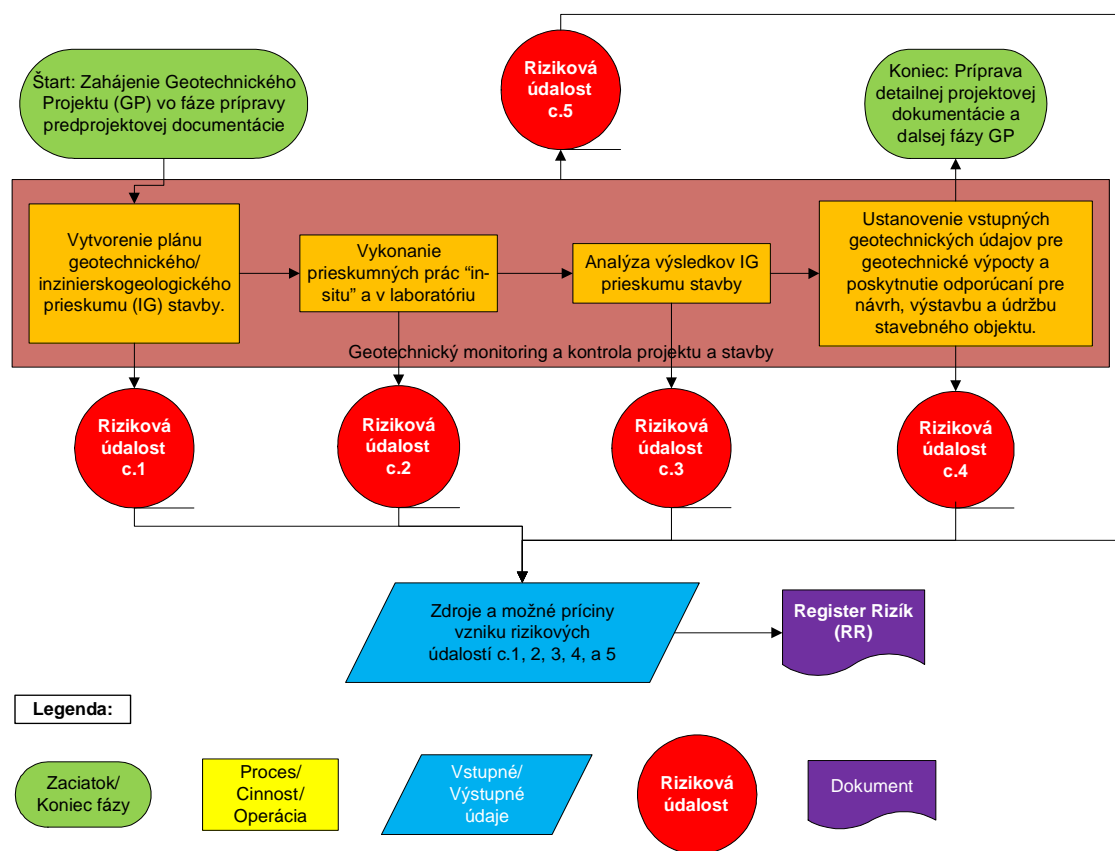
Obr. 1: Štruktúrovaný zoznam zdrojov operatívnych rizík pre predmet štúdie.

ČASŤ 3: UDALOSTI RIZIKA A ČINNOSTI GEOTECHNICKÉHO PROJEKTU PRE PREDMET ŠTÚDIE.

Udalosti rizika (Tab. 2) sú vopred určené, a konkrétne sa jedná o tie, ktoré sa vzťahujú na ktorúkoľvek poruchu, prípadne zlyhanie v rámci reťazca činností určenej časti **Geotechnického Projektu (GP)** a zadaného prostredníctvom vývojového diagramu, ktorý je znázornený na Obr. 2.

Tab. 2: Definícia skúmaných rizikových udalostí pre predmet štúdie.

RIZIKOVÁ UDALOSŤ C.	DEFINÍCIA
1	Chyba pri vytvorení projektu geotechnického (IG) prieskumu.
2	Chyba pri vykonaní prieskumných prác.
3	Chyba pri analýze výsledkov geotechnického (IG) prieskumu.
4	Chyba pri spracovaní geotechnického návrhu (projektu) pre stavbu.
5	Chyba pri geotechnickom monitoringu a kontrole stavby.



Obr. 2: Vývojový diagram určenej časti GP pre predmet štúdie.

ČASŤ 4: KVALITATÍVNE DEFINÍCIE PRE ÚROVNE PRAVDEPODOBNOTI VÝSKYTU A MOŽNÝCH DÔSLEDKOV PRE IDENTIFIKOVANÉ SCENÁRE RIZÍK.

Uvedené definície kvalitatívnych úrovni pre pravdepodobnosť výskytu (Tab. 3) a dôsledky slúžia ako pomôcka na optimálnu úroveň opisu príčin vzniku skúmaných udalostí rizika v **RR** (Dotazník, Časť 2). Keď príde k ukončeniu procesu identifikácie, zaregistrované scenáre rizík budú po procese kodifikácie analyzované kvalitatívne prostredníctvom stupníc uvedených v *Tabuľkách 3, 4 a 5*.

Je zrejmé, že nie vždy sa scenár rizika materializuje vo forme poruchy nosnej konštrukcie. Vo väčšine prípadov zvyknú byť chyby napravené pred vznikom nehody. V tom prípade ale dochádza k nárastu výdavkov projektu stanoveným v rozpočte stavby a niekedy aj k posunutiu

plánovaných termínov odovzdávok. Pre spomínaný dôvod boli vytvorené dva druhy možných dôsledkov. Kým jeden sleduje vplyv scenára rizika na spoľahlivosť konštrukcie stavby (Tab. 4), druhý sleduje vplyv na zmenu stanoveného rozpočtu (Tab. 5).

Tab. 3: Opis úrovni pre určenie pravdepodobnosti výskytu.

PRAVDEPODOBNOŠŤ VÝSKYTU	OPIS
ZANEDBATEĽNÁ	Menej ako 1% prípadov
NÍZKA	Od 1% do 10% prípadov
MIERNA	Od 10% do 50% prípadov
VYSOKÁ	Viac ako 50% prípadov

Tab. 4: Opis úrovni pre určenie materiálnych dôsledkov.

ZMENA V SPOĽAHLIVOSTI	OPIS
ZANEDBATEĽNÝ VPLYV	Nedochádza ku zmenám v bezpečnosti ani v použiteľnosti stavebného objektu.
MALÝ VPLYV	Nevýznamné obmedzenie v použiteľnosti. Prípadne poruchy sú ťažko identifikovateľné. Postupom času môže dôjsť k výskytu nejakej poruchy stavebného prvku/ov pri opakovanom vzniku rovnakého scenára rizika.
ZNAČNÝ VPLYV	Významné obmedzenie v použiteľnosti. Prejavuje sa vytváraním trhĺn a nadmerným sadnutím konštrukcie.
VÁŽNY VPLYV	Strata stability, porušenie stavebného objektu. Prejavuje sa čiastočnou alebo úplnou poruchou nosného konštrukčného prvku prípadne viacerých prvkov súčasne. Môže vyvolať čiastočné prípadne totálne zrútenie (kolaps) stavebného objektu.

Tab. 5: Opis úrovni pre určenie ekonomických dôsledkov.

NÁRAST NÁKLADOV (ROZPOČET)	OPIS
ZANEDBATEĽNÝ	Zanedbateľná zmena v celkovom rozpočte stavby (menej ako 5%).
NÍZKY	Nárast ceny medzi 5 až 15 % oproti stanovenému rozpočtu.
ZNAČNÝ	Nárast ceny medzi 15 až 30% oproti stanovenému rozpočtu.
VYSOKÝ	Viac ako 30% nárast ceny oproti stanovenému rozpočtu.

APÉNDICE E: REGISTROS DE RIESGOS IDENTIFICADOS.

E.1. Registros de riesgos obtenidos mediante la técnica de revisión de documentación

ORIGEN DE RIESGO	EVENTO DE RIESGO	POSIBLES CAUSAS DEL EVENTO DE RIESGO DETERMINADO
Otro origen	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	1.1. Documentación inadecuada de entrada. (1) (Origen: Documentación de proyecto)
Otro origen	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	1.1. Documentación inadecuada de entrada. (1) (Origen: Documentación de proyecto)
Otro origen	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	1.1. Documentación inadecuada de entrada. (1) (Origen: Documentación de proyecto)
Otro origen	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	1.1. Documentación inadecuada de entrada. (1) (Origen: Documentación de proyecto)
Otro origen	Fallo en el control y supervisión	1.1. Documentación inadecuada de entrada. (1) (Origen: Documentación de proyecto)
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	6.1. No emplea ninguna redundancia en la planificación de exploración (6)
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	6.2. No tiene buen conocimiento de la geología. (6)
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	6.2. No tiene buen conocimiento de la geología. (6)
1.6. Equipos de investigación de terreno	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	6.2. No tiene buen conocimiento de la geología. (6)
1.6. Equipos de investigación de terreno	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	6.2. No tiene buen conocimiento de la geología. (6)
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	8.1. Alcance de la investigación insuficiente (pocos sondeos, profundidades insuficientes, pocos ensayos). (8)
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	8.2. Cambio de la ubicación de obra después de ejecutar la IT. En el sitio nuevo se esperan erróneamente condiciones del terreno similares. (8)
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	3.1. Volumen y contenido de trabajos de investigación según la fase de proyecto no adecuado. (3)
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	8.3. No utilizar la mayor variedad de fuentes de información con el objetivo de reducir el riesgo de un escenario inesperado (8).
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	6.3. Clasificación errónea de los suelos. Falta de ensayos de reconocimiento (no se utilizaron ensayos cuantitativos). "No se hicieron pruebas del contenido de agua u otras pruebas de laboratorio." (6)
1.7. Equipos de	Fallo en programación de	6.4. No usar la memoria histórica de zona. (6)

consultoría geotécnica	reconocimiento de terreno	
1.6. Equipos de investigación de terreno	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	6.4. No usar la memoria histórica de zona. (6)
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	8.4. Soluciones no completas de investigación del terreno: uso insuficiente de varios métodos de ensayo y medición mutuamente complementarios. (8)
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	8.5. Emplazamiento incorrecto de los sondeos y del programa de ensayos, que no reflejan la evolución geológica del sitio. (8)
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	8.6. Complejidad insuficiente de los sondeos y del programa de ensayos, que no reflejan la evolución geológica del sitio. (8)
2.7. Coste, plazo y alcance de trabajos	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	7.1. Muchas investigaciones comprado a bajo precio no presentan una descripción precisa de las condiciones de suelo o las aguas subterráneas, es por lo tanto que no es sorprendente que los trabajos relacionados con el terreno diseñados para el sitio a menudo no están adaptados a las condiciones del terreno real. (7)
1.6. Equipos de investigación de terreno	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	2.1. Calidad insuficiente de la campaña de investigación de terreno. (2)
1.6. Equipos de investigación de terreno	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	8.7. Posicionamiento incorrecto de extracción de muestras inalteradas. (8)
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	8.8. Posicionamiento incorrecto de sondeos y calicatas. (8)
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	8.9. Profundidad insuficiente de los sondeos. No se consigue averiguar el espesor de la capa dura cuando se cimienta sobre los pilotes portados por punta. (8)
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	8.10. No se reflejan elementos estructurales sustanciales de macizo rocoso. (8)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	6.5. Los proveedores de perforación de sondeos a menudo carecen de formación adecuada. (6)
1.10. Organismos de control técnico	Fallo en el control y supervisión	6.6. En muchos contratos, al contratista encargado de obras de cimentación se le comunica que las muestras están disponibles para su inspección, pero en la gran mayoría de los casos nadie pregunta para examinar las mismas. (6)
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	7.2. Obstáculos enterrados de procedencia humana, tales como las cimentaciones y los servicios. Información acerca de su naturaleza y ubicación, era inexacta. (7)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	7.3. Enterrados obstáculos de procedencia humana, tales como las cimentaciones y los servicios. Información acerca de su naturaleza y su localización se había perdido. (7)
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	7.3. Enterrados obstáculos de procedencia humana, tales como las cimentaciones y los servicios. Información acerca de su naturaleza y ubicación no se había llevado a cabo con suficiente determinación. (7)

1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	3.2. No recopilar la información existente en la fase preliminar de IT (diseño conceptual del proyecto). (3)
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	2.2. Confusiones de la terminología en la redacción del informe geotécnico (expresiones tipo jerga, ambigüedades, etc.) (2)
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	2.2. Confusiones de la terminología en la redacción del informe geotécnico (expresiones tipo jerga, ambigüedades, etc.) (2)
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	2.2. Confusiones de la terminología en la redacción del informe geotécnico (expresiones tipo jerga, ambigüedades, etc.) (2)
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	2.2. Confusiones de la terminología en la redacción del informe geotécnico (expresiones tipo jerga, ambigüedades, etc.) (2)
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en el control y supervisión	2.2. Confusiones de la terminología en la redacción del informe geotécnico (expresiones tipo jerga, ambigüedades, etc.) (2)
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	5.1. Con demasiada frecuencia, los contratistas declararon que o bien no tenían, o no entendían, el informe geotécnico. (5)
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	4.1. Omisión de la información importante para dar recomendaciones geotécnicas fundadas al diseño de cimentación, mejora del terreno y/o obras de estabilización. (4)
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	2.6. Decisiones conservativas sobre los parámetros geotécnicos de diseño. (2)
1.5. Equipos de diseño y cálculo	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	3.3. Selección incorrecta de los parámetros de diseño geotécnico. El diseño no le dio las debidas consideraciones de efecto de las aguas subterráneas. (3)
1.5. Equipos de diseño y cálculo	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	5.2. No es infrecuente, sin embargo, para los suelos de la "densos" para ser identificados erróneamente, y aunque pueden ser densos, no pueden ser un material portante adecuado, sino más bien de relleno. El diseño procede, sin tomar las medidas necesarias para hacer frente a los de relleno, sólo después de que el contratista comience el trabajo y descubre un problema se actúa correctamente. El propietario es en última instancia, el que pierde, en pérdida de tiempo y coste. (5)
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	8.11. Análisis y conclusiones de la investigación geotécnica erróneos. Parámetros mecánicos del terreno para el cálculo inadecuadamente determinado. (8)
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	8.12. Análisis y conclusiones de la investigación geotécnica erróneos. Parámetros mecánicos del terreno para el cálculo determinados con un rango muy disperso y muy grande (8)
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	8.13. Análisis y conclusiones de la investigación geotécnica erróneos. Parámetros mecánicos del terreno para el cálculo determinados bajo condiciones desconocidas. (8)
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	8.14. Análisis y conclusiones de la investigación geotécnica erróneos. El perfil geológico-geotécnico no corresponde a la realidad. (8)
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	8.15. Análisis y conclusiones de la investigación geotécnica erróneos. En considerar la interacción entre el terreno y estructura, no se toma suficientemente en cuenta tanto la

		manera de actuación (la acción) de la estructura sobre el terreno como la respuesta de la estructura a las deformaciones del terreno. (8)
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	8.16. Selección de muestras extraídas de perforación no correcta. Se han seleccionado solo las muestras de mejor calidad. Resultado puede ser la sobreestimación de los valores de los módulos de deformación y de las resistencias. Los asentamientos medidos resultan ser más grandes que los calculados (esperados). (8)
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	8.17. El nivel freático erróneamente estimado. El NF fue analizado a través de sondeo durante la época de sequía. (8)
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	1.2. Futuro cambio inesperado en el comportamiento de agua freático. (1)
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	2.6. Las propiedades del terreno no adecuadamente cuantificadas. (2)
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	2.7. Límites de confianza de los parámetros geotécnicos de diseño determinados de una manera ambigua. (2)
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	2.8. Límites de confianza de los parámetros geotécnicos de diseño no determinados. (2)
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	2.9. Límites de confianza de los parámetros geotécnicos de diseño determinados de una manera errónea. (2)
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	2.10. Límites de confianza de los parámetros geotécnicos de diseño determinados de una manera no explícita. (2)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	5.1. Con demasiada frecuencia, los contratistas declararon que o bien no tenían, o no entendían, el informe geotécnico. (5)
1.6. Equipos de investigación de terreno	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	8.18. Complejidad insuficiente de ensayos en laboratorio (8)
1.6. Equipos de investigación de terreno	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	8.19. Datos insuficientes de ensayos en laboratorio (8)
1.6. Equipos de investigación de terreno	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	8.20. Error de ensayos en laboratorio (8)
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	8.21. Análisis de muestras incorrecto. Por un análisis de muestras incorrecto una "roca sana" termina siendo definida como "roca erosionada" y el resultado es el sobredimensionamiento de obras geotécnicas. (8)
1.6. Equipos de investigación de terreno	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	3.4. Calidad insuficiente de los sistemas de medición y observación. (3)
1.6. Equipos de investigación de terreno	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	8.22. Por la preparación de muestras pueden aparecer datos de los módulos de deformación y de resistencias al corte de valor muy bajo. El resultado es el sobredimensionamiento de obras geotécnicas. (8)

1.6. Equipos de investigación de terreno	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	8.23. Por ensayos de laboratorio de no calidad pueden aparecer datos de los módulos de deformación y de resistencias al corte de valor muy bajo. El resultado es el sobredimensionamiento de obras geotecnicas. (8)
1.6. Equipos de investigación de terreno	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	7.4. Observaciones de las aguas subterráneas suelen ser totalmente insuficientes. Uso insuficiente de los instrumentos recomendados para identificar los niveles de agua y las presiones y el seguimiento de los cambios durante un período de tiempo que tiene en cuenta las variaciones estacionales. (7)
3.1. Sistemas de prospección y auscultación	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	6.7. Falsas respuestas durante el golpeo SPT (Ensayo de penetración estándar). "It is quite possible that the water in the drill hole actual penetrated into the silt several feet so that when sampled, the sampler penetrated a softened soil yielding a lower blow count." (6)
3.1. Sistemas de prospección y auscultación	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	8.24. Por la aplicación de una tecnología de perforación incorrecta una "roca sana" termina siendo definida como "roca erosionada" y el resultado es el sobredimensionamiento de obras geotecnicas. (8)
2.3. Procesos y métodos de investigación de terreno	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	7.5. Ejecución inadecuada de los ensayos de penetración dentro del agujero de sondeo y con presencia de agua subterránea. Un desequilibrio entre la presión de agua en el suelo y la presión en el sondeo/perforación sin cabeza de agua reduce los valores de resistencia a la penetración. No agregar agua a la perforación para equilibrar el agua subterránea proporciona los valores incorrectos y mayores costes de la cimentación. (7)
1.10. Organismos de control técnico	Fallo en el control y supervisión	6.7. La investigación reveló que los sondeos no han sido ejecutados y que el perforador había fabricado los registros de pruebas en campo. "La empresa de perforación es pequeña y si se le pone una denuncia, la misma se declara en quiebra, y entonces, probablemente usted sería el siguiente en ser denunciado." (6)
1.6. Equipos de investigación de terreno	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	6.7. La investigación reveló que los sondeos no han sido ejecutados y que el perforador había fabricado los registros de pruebas en campo. "La empresa de perforación es pequeña y si se le pone una denuncia, la misma se declara en quiebra, y entonces, probablemente usted sería el siguiente en ser denunciado." (6)
1.6. Equipos de investigación de terreno	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	8.25. Por la extracción de muestras inalteradas incorrecta pueden aparecer datos de los módulos de deformación y de resistencias al corte de valor muy bajo. El resultado es el sobredimensionamiento de obras geotecnicas. (8)
2.3. Procesos y métodos de investigación de terreno	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	8.25. Por la extracción de muestras inalteradas incorrecta pueden aparecer datos de los módulos de deformación y de resistencias al corte de valor muy bajo. El resultado es el sobredimensionamiento de obras geotecnicas. (8)
2.3. Procesos y métodos de investigación de terreno	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	8.26. Por transporte pueden aparecer datos de los módulos de deformación y de resistencias al corte de valor muy bajo. El resultado es el sobredimensionamiento de obras geotecnicas. (8)
1.6. Equipos de	Fallo en la ejecución de ensayos	8.26. Por transporte pueden aparecer datos de los módulos de deformación y de resistencias

investigación de terreno	geotécnicos	al corte de valor muy bajo. El resultado es el sobredimensionamiento de obras geotecnicas. (8)
3.1. Sistemas de prospección y auscultación	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	9.1. Presencia de bolos grandes de rocas graníticas en depósitos glaciales que obstaculizan la perforación del sondeo. El contratado de perforación avisó la presencia de roca granítica y terminó la perforación. (9) (Equívocos por los falsos rechazos)
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	3.5. Recomendaciones de diseño se hacen a menudo por sólo citar el código sin análisis reales. Caso de China (3)
2.1. Marco legislativo, normativo	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	3.5. Recomendaciones de diseño se hacen a menudo por sólo citar el código sin análisis reales. Caso de China (3)
2.1. Marco legislativo, normativo	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	3.6. Los códigos, en realidad son tan detallados y rígidos, que dejan poco espacio a un ingeniero geotécnico para ejercer su conocimiento y juicio. (3)
2.1. Marco legislativo, normativo	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	3.7. La falta de requisitos en recomendaciones/códigos que consideren la extensión, así como la calidad del trabajo de investigación del terreno. (3)
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en el control y supervisión	3.8. No cumplir las regulaciones, recomendaciones, notas técnicas y normativas referentes a la investigación del terreno. (3)
1.6. Equipos de investigación de terreno	Fallo en el control y supervisión	3.8. No cumplir las regulaciones, recomendaciones, notas técnicas y normativas referentes a la investigación del terreno. (3)
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en el control y supervisión	5.3. Demasiado a menudo, servicios limitados de las empresas de ingeniería geotécnica no siguen sus informes con un chequeo de los dibujos de cimentación hechos por ingeniero estructural para comprobar si las recomendaciones del informe han sido correctamente interpretadas. (5)
1.10. Organismos de control técnico	Fallo en el control y supervisión	5.3. Demasiado a menudo, servicios limitados de las empresas de ingeniería geotécnica no siguen sus informes con un chequeo de los dibujos de cimentación hechos por ingeniero estructural para comprobar si las recomendaciones del informe han sido correctamente interpretadas. (5)
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en el control y supervisión	6.8. Ingeniero geotécnico no visita el sitio periódicamente durante las operaciones de perforación de sondeos. (6)
1.10. Organismos de control técnico	Fallo en el control y supervisión	6.8. Ingeniero geotécnico no visita el sitio periódicamente durante las operaciones de perforación de sondeos. (6)
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en el control y supervisión	6.9. Geotechnical engineers are often unaware of how the laboratory tests are made. Ingenieros geotécnicos no son conscientes de cómo las pruebas de laboratorio se hacen y rara vez visitan el laboratorio de ensayos para observar las pruebas. (6)
1.10. Organismos de control técnico	Fallo en el control y supervisión	6.9. Geotechnical engineers are often unaware of how the laboratory tests are made. Ingenieros geotécnicos no son conscientes de cómo las pruebas de laboratorio se hacen y rara vez visitan el laboratorio de ensayos para observar las pruebas. (6)
1.7. Equipos de	Fallo en el control y supervisión	6.10. Las muestras del terreno y las clasificaciones a menudo no están controlados o

consultoría geotécnica		inspeccionados por el ingeniero geotécnico. Soil and rock samples are frequently classified by unqualified personnel. (6)
1.9. Equipos de control de calidad	Fallo en el control y supervisión	6.10. Las muestras del terreno y las clasificaciones a menudo no están controlados o inspeccionados por el ingeniero geotécnico. Soil and rock samples are frequently classified by unqualified personnel. (6)
1.10. Organismos de control técnico	Fallo en el control y supervisión	6.10. Las muestras del terreno y las clasificaciones a menudo no están controlados o inspeccionados por el ingeniero geotécnico. Soil and rock samples are frequently classified by unqualified personnel. (6)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	6.11. Drillers are not informed what is expected of them and what type of structure is to go on the site. (6)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	8.27. El promotor no colabora con el consultor geotécnico y por eso no es conciente de los crecientes riesgos geotecnicos y no capaz de compaginar la rectificación. (8)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	1.3. No respetar las recomendaciones de informe geotécnico. (1)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	8.28. Comunicación técnica incorrecta entre las partes involucradas del proyecto proveniente del entendimiento inadecuado de la problemática geotécnica por algunos de los participantes. (8)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	8.28. Comunicación técnica incorrecta entre las partes involucradas del proyecto proveniente del entendimiento inadecuado de la problemática geotécnica por algunos de los participantes. (8)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	8.28. Comunicación técnica incorrecta entre las partes involucradas del proyecto proveniente del entendimiento inadecuado de la problemática geotécnica por algunos de los participantes. (8)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	8.28. Comunicación técnica incorrecta entre las partes involucradas del proyecto proveniente del entendimiento inadecuado de la problemática geotécnica por algunos de los participantes. (8)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en el control y supervisión	8.28. Comunicación técnica incorrecta entre las partes involucradas del proyecto proveniente del entendimiento inadecuado de la problemática geotécnica por algunos de los participantes. (8)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	3.9. Juicios expertos apropiados de las soluciones y recomendaciones geotécnicas no remitidos a los ingenieros de otras disciplinas dependiendo solo de las opiniones de contratistas de IT. (3)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	4.2. The Contractor coordinated all arrangements for landowner property access without adequately coordinating with the geotechnical engineer; as a result, there were times when site access was coordinated but rigs were not available. (4)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	1.4. Lack of disclosure of risks, uncertainties, and consequences (1)

de Proyecto	geotécnicas	
1.10. Organismos de control técnico	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	1.4. Lack of disclosure of risks, uncertainties, and consequences (1)
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	2.3. Falta de presentación de los aspectos claves del informe a los miembros de proyecto y partes interesadas. (2)
Otro origen	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	2.3. Falta de presentación de los aspectos claves del informe a los miembros de proyecto y partes interesadas. (2) Origen: Elaboración de Informe Geotécnico
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	8.29. Conflicto de intereses. Por ejemplo, los trabajos para el contratista de obras enfocadas a la clasificación de suelos, ripabilidad, etc. no debe ejecutar el mismo sujeto que en la misma obra se encarga de inspección geotécnica de promotor. (8)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	8.30. Existen conflictos entre las partes interesadas del proyecto que bloquean la colaboración entre los mismos. (8)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	8.30. Existen conflictos entre las partes interesadas del proyecto que bloquean la colaboración entre los mismos. (8)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	8.30. Existen conflictos entre las partes interesadas del proyecto que bloquean la colaboración entre los mismos. (8)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	8.30. Existen conflictos entre las partes interesadas del proyecto que bloquean la colaboración entre los mismos. (8)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en el control y supervisión	8.30. Existen conflictos entre las partes interesadas del proyecto que bloquean la colaboración entre los mismos. (8)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	7.6. Lack of awareness of each other's requirements. (7)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	7.6. Lack of awareness of each other's requirements. (7)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	7.6. Lack of awareness of each other's requirements. (7)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	7.6. Lack of awareness of each other's requirements. (7)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en el control y supervisión	7.6. Lack of awareness of each other's requirements. (7)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	7.6. Lack of appreciation of each other's requirements. (7)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	7.6. Lack of appreciation of each other's requirements. (7)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	7.6. Lack of appreciation of each other's requirements. (7)

1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	7.6. Lack of appreciation of each other's requirements. (7)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en el control y supervisión	7.6. Lack of appreciation of each other's requirements. (7)
2.6. Modelos de contratación	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	8.31. En el contrato de ejecución de los trabajos no se definen claramente las responsabilidades y deberes de los agentes intervinientes del proyecto para saber resolver problemas inesperados provenientes de la interacción entre el edificio y terreno y la manera de su financiación. (8)
2.6. Modelos de contratación	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	8.31. En el contrato de ejecución de los trabajos no se definen claramente las responsabilidades y deberes de los agentes intervinientes del proyecto para saber resolver problemas inesperados provenientes de la interacción entre el edificio y terreno y la manera de su financiación. (8)
2.6. Modelos de contratación	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	8.31. En el contrato de ejecución de los trabajos no se definen claramente las responsabilidades y deberes de los agentes intervinientes del proyecto para saber resolver problemas inesperados provenientes de la interacción entre el edificio y terreno y la manera de su financiación. (8)
2.6. Modelos de contratación	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	8.31. En el contrato de ejecución de los trabajos no se definen claramente las responsabilidades y deberes de los agentes intervinientes del proyecto para saber resolver problemas inesperados provenientes de la interacción entre el edificio y terreno y la manera de su financiación. (8)
2.6. Modelos de contratación	Fallo en el control y supervisión	8.31. En el contrato de ejecución de los trabajos no se definen claramente las responsabilidades y deberes de los agentes intervinientes del proyecto para saber resolver problemas inesperados provenientes de la interacción entre el edificio y terreno y la manera de su financiación. (8)
2.6. Modelos de contratación	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	8.32. Empeño en transferir la responsabilidad por las situaciones adversas a otras partes involucradas o pasar la responsabilidad por los problemas a un escalón más arriba. (8)
2.6. Modelos de contratación	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	8.32. Empeño en transferir la responsabilidad por las situaciones adversas a otras partes involucradas o pasar la responsabilidad por los problemas a un escalón más arriba. (8)
2.6. Modelos de contratación	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	8.32. Empeño en transferir la responsabilidad por las situaciones adversas a otras partes involucradas o pasar la responsabilidad por los problemas a un escalón más arriba. (8)
2.6. Modelos de contratación	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	8.32. Empeño en transferir la responsabilidad por las situaciones adversas a otras partes involucradas o pasar la responsabilidad por los problemas a un escalón más arriba. (8)
2.6. Modelos de contratación	Fallo en el control y supervisión	8.32. Empeño en transferir la responsabilidad por las situaciones adversas a otras partes involucradas o pasar la responsabilidad por los problemas a un escalón más arriba. (8)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	2.4. El consultor de geotecnia no involucrado desde el inicio hasta el final del proyecto (obra). (2)

1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	2.4. El consultor de geotecnia no involucrado desde el inicio hasta el final del proyecto (obra). (2)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	2.4. El consultor de geotecnia no involucrado desde el inicio hasta el final del proyecto (obra). (2)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	2.4. El consultor de geotecnia no involucrado desde el inicio hasta el final del proyecto (obra). (2)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en el control y supervisión	2.4. El consultor de geotecnia no involucrado desde el inicio hasta el final del proyecto (obra). (2)
2.6. Modelos de contratación	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	3.10. Contratista de investigación de terreno no asume la responsabilidad de proporcionar datos fiables. (3)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	9.2. Funciones de ingeniero geotécnico asumidas por el proyectista (ingeniero calculista) del proyecto. (9)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	9.2. Funciones de ingeniero geotécnico asumidas por el proyectista (ingeniero calculista) del proyecto. (9)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	9.2. Funciones de ingeniero geotécnico asumidas por el proyectista (ingeniero calculista) del proyecto. (9)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	9.2. Funciones de ingeniero geotécnico asumidas por el proyectista (ingeniero calculista) del proyecto. (9)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en el control y supervisión	9.2. Funciones de ingeniero geotécnico asumidas por el proyectista (ingeniero calculista) del proyecto. (9)
2.6. Modelos de contratación	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	9.3. In the entire process of site characterization, drilling supervision, evaluation of samples, laboratory testing, and inspection during construction, there often is no overall responsibility or accountability. (9)
2.6. Modelos de contratación	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	9.3. In the entire process of site characterization, drilling supervision, evaluation of samples, laboratory testing, and inspection during construction, there often is no overall responsibility or accountability. (9)
2.6. Modelos de contratación	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	9.3. In the entire process of site characterization, drilling supervision, evaluation of samples, laboratory testing, and inspection during construction, there often is no overall responsibility or accountability. (9)
2.6. Modelos de contratación	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	9.3. In the entire process of site characterization, drilling supervision, evaluation of samples, laboratory testing, and inspection during construction, there often is no overall responsibility or accountability. (9)
2.6. Modelos de contratación	Fallo en el control y supervisión	9.3. In the entire process of site characterization, drilling supervision, evaluation of samples, laboratory testing, and inspection during construction, there often is no overall responsibility or accountability. (9)
2.6. Modelos de	Fallo en la ejecución de ensayos	3.11. La división entre el contratista de obras de IT y el consultor geotécnico, en términos de

contratación	geotécnicos	juicio profesional y responsabilidad no claramente definida. (3)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	3.12. The architect/structural consultant would leave it to SI contractor to propose the SI program, leading to many occasions with insufficient information or even wrong information. (3)
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en el control y supervisión	9.4. The structural engineer (there was no geotechnical engineer) did not have an inspector present during the drilling. (9)
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	9.5. Geotechnical engineers often do only what they are asked to do and do not assert themselves on matters and decisions which are clearly geotechnical. (9)
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	9.5. Geotechnical engineers often do only what they are asked to do and do not assert themselves on matters and decisions which are clearly geotechnical. (9)
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	9.5. Geotechnical engineers often do only what they are asked to do and do not assert themselves on matters and decisions which are clearly geotechnical. (9)
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	9.5. Geotechnical engineers often do only what they are asked to do and do not assert themselves on matters and decisions which are clearly geotechnical. (9)
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	9.5. Geotechnical engineers often do only what they are asked to do and do not assert themselves on matters and decisions which are clearly geotechnical. (9)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	3.13. Asunción inadecuada de la responsabilidad de ingenieros profesionales por la elaboración del informe geotécnico. Experiencia real nula o mínima. (3)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	3.13. Asunción inadecuada de la responsabilidad de ingenieros profesionales por la elaboración del informe geotécnico. Experiencia real nula o mínima. (3)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	3.13. Asunción inadecuada de la responsabilidad de ingenieros profesionales por la elaboración del informe geotécnico. Experiencia real nula o mínima. (3)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	3.13. Asunción inadecuada de la responsabilidad de ingenieros profesionales por la elaboración del informe geotécnico. Experiencia real nula o mínima. (3)
2.1. Marco legislativo, normativo	Fallo en el control y supervisión	3.14. No strict requirements or regulations on independent checking system on geotechnical reports. (3)
1.2. Administración pública	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	7.7. Site investigations often suffer from the rush-and-tumble associated with provision of access. (7)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	4.3. Contractor pressures the designer to provide less difficult or less costly solutions. (4)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	4.3. Contractor pressures the designer to provide less difficult or less costly solutions. (4)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	4.3. Contractor pressures the designer to provide less difficult or less costly solutions. (4)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	4.3. Contractor pressures the designer to provide less difficult or less costly solutions. (4)

1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en el control y supervisión	4.3. Contractor pressures the designer to provide less difficult or less costly solutions. (4)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	3.15. IT no se considera como operación especial, no se considera que se necesiten organizaciones con personas especializadas en geotécnia. (3)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	9.6. Much of the geotechnical engineering involved in soil and subsurface characterization is being done by non-geotechnical engineers who mostly are not qualified. (9)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	9.6. Much of the geotechnical engineering involved in soil and subsurface characterization is being done by non-geotechnical engineers who mostly are not qualified. (9)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	9.6. Much of the geotechnical engineering involved in soil and subsurface characterization is being done by non-geotechnical engineers who mostly are not qualified. (9)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	7.8. Procurement of site investigation. Site investigations not managed by geotechnical specialists (7)
1.5. Equipos de diseño y cálculo	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	8.33. Competencia insuficiente de los agentes de PG. El proyectista no tiene conocimiento suficiente de geotecnia y a pesar de esto no colabora con el consultor de geotecnia. (8)
1.5. Equipos de diseño y cálculo	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	8.33. Competencia insuficiente de los agentes de PG. El proyectista no tiene conocimiento suficiente de geotecnia y a pesar de esto no colabora con el consultor de geotecnia. (8)
1.5. Equipos de diseño y cálculo	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	8.33. Competencia insuficiente de los agentes de PG. El proyectista no tiene conocimiento suficiente de geotecnia y a pesar de esto no colabora con el consultor de geotecnia. (8)
1.5. Equipos de diseño y cálculo	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	8.33. Competencia insuficiente de los agentes de PG. El proyectista no tiene conocimiento suficiente de geotecnia y a pesar de esto no colabora con el consultor de geotecnia. (8)
1.5. Equipos de diseño y cálculo	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	8.33. Competencia insuficiente de los agentes de PG. El proyectista no tiene conocimiento suficiente de geotecnia y a pesar de esto no colabora con el consultor de geotecnia. (8)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	9.7. Investigation today is often based upon minimum cost and maximum speed. This inevitably increases the risk of poor quality work. (9)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	2.5. A minimalist approach to geotechnical engineering investigation and testing which is not out-of-step with standard practice in South Australia, but is inappropriate from a risk perspective, and particularly so in highly variable soil profiles. (2)
1.6. Equipos de investigación de terreno	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	1.5. Aceptar un alcance de trabajo limitado. (1)
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	1.5. Aceptar un alcance de trabajo limitado. (1)
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	1.5. Aceptar un alcance de trabajo limitado. (1)
1.1. Cliente/Promotor	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	8.34. Proyectista forzado por el promotor de bajar el alcance del trabajo de investigación (condición de coste más bajo en la selección de contratistas). (8)
1.4. Dirección Integrada	Fallo en programación de	4.4. Falta de coordinación en la definición del alcance de trabajos entre los actores de

de Proyecto	reconocimiento de terreno	proyecto. Se pueden producir problemas de responsabilidad durante la realización del proyecto. (4)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	4.4. Falta de coordinación en la definición del alcance de trabajos entre los actores de proyecto. Se pueden producir problemas de responsabilidad durante la realización del proyecto. (4)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	4.4. Falta de coordinación en la definición del alcance de trabajos entre los actores de proyecto. Se pueden producir problemas de responsabilidad durante la realización del proyecto. (4)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	4.4. Falta de coordinación en la definición del alcance de trabajos entre los actores de proyecto. Se pueden producir problemas de responsabilidad durante la realización del proyecto. (4)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en el control y supervisión	4.4. Falta de coordinación en la definición del alcance de trabajos entre los actores de proyecto. Se pueden producir problemas de responsabilidad durante la realización del proyecto. (4)
2.7. Coste, plazo y alcance de trabajos	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	7.9. Alcance de IT no clara. (7)
2.7. Coste, plazo y alcance de trabajos	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	8.35. La restricción fundamental que puede afectar negativamente la calidad de IG es un alcance para su ejecución no cualificado. (8)
2.7. Coste, plazo y alcance de trabajos	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	8.35. La restricción fundamental que puede afectar negativamente la calidad de IG es un alcance para su ejecución no cualificado. (8)
2.7. Coste, plazo y alcance de trabajos	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	8.35. La restricción fundamental que puede afectar negativamente la calidad de IG es un alcance para su ejecución no cualificado. (8)
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	7.10. Miss of a geotechnical feature (trabajos contratados) that results in a construction cost overrun, it will be very difficult to receive additional compensation for it. (7)
2.7. Coste, plazo y alcance de trabajos	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	8.36. Investigación geotécnica sobredimensionada. Los conocimientos obtenidos no son necesarios para la resolución del problema geotécnico (alcance extendido). (8)
2.7. Coste, plazo y alcance de trabajos	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	8.37. Investigación geotécnica sobredimensionada. Los conocimientos geotécnicos que podrían ser conseguidos estudiando la documentación geotécnica-geológica del sitio y de proyectos anteriores del sitio (información geotécnica de bajo coste). (8)
2.7. Coste, plazo y alcance de trabajos	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	7.11. Site investigations often suffer from the rush-and-tumble associated with planning pressures and construction deadlines. (6)
2.7. Coste, plazo y alcance de trabajos	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	2.6. Tiempo insuficiente para elaboración correcta del informe geotécnico. Investigación geotécnica insuficiente. Razones de plazo de elaboración de propuesta de trabajos geotécnicos. (2)
2.7. Coste, plazo y alcance de trabajos	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	4.5. Aggressive completion schedule. Team (Proyectista General) may agree to accelerate the project even more, and the burden falls to the Firm (Consultor Geotécnico) to conduct

		their work at a faster pace. This leads to additional field crews, additional housing and per diem for bringing additional staff to the project, and more difficult management of the laboratory testing and data interpretation because of the pace and volume of information being processed. (4)
2.7. Coste, plazo y alcance de trabajos	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	4.5. Aggressive completion schedule. Team (Proyectista General) may agree to accelerate the project even more, and the burden falls to the Firm (Consultor Geotécnico) to conduct their work at a faster pace. This leads to additional field crews, additional housing and per diem for bringing additional staff to the project, and more difficult management of the laboratory testing and data interpretation because of the pace and volume of information being processed. (4)
2.7. Coste, plazo y alcance de trabajos	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	4.5. Aggressive completion schedule. Team (Proyectista General) may agree to accelerate the project even more, and the burden falls to the Firm (Consultor Geotécnico) to conduct their work at a faster pace. This leads to additional field crews, additional housing and per diem for bringing additional staff to the project, and more difficult management of the laboratory testing and data interpretation because of the pace and volume of information being processed. (4)
2.7. Coste, plazo y alcance de trabajos	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	4.5. Aggressive completion schedule. Team (Proyectista General) may agree to accelerate the project even more, and the burden falls to the Firm (Consultor Geotécnico) to conduct their work at a faster pace. This leads to additional field crews, additional housing and per diem for bringing additional staff to the project, and more difficult management of the laboratory testing and data interpretation because of the pace and volume of information being processed. (4)
2.7. Coste, plazo y alcance de trabajos	Fallo en el control y supervisión	4.5. Aggressive completion schedule. Team (Proyectista General) may agree to accelerate the project even more, and the burden falls to the Firm (Consultor Geotécnico) to conduct their work at a faster pace. This leads to additional field crews, additional housing and per diem for bringing additional staff to the project, and more difficult management of the laboratory testing and data interpretation because of the pace and volume of information being processed. (4)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	3.16. Investigación del terreno llevada a cabo después del comienzo del diseño del proyecto de construcción. (3)
1.10. Organismos de control técnico	Fallo en el control y supervisión	4.6. The reviews can be painstaking and cause significant delays and management costs. No planning of time and expense in the proposal for this scenario. If the Owner has a reputation for being difficult in reviewing and accepting geotechnical reports, the level of scrutiny will be even more stringent on a DB project than a conventional project. (4)
1.9. Equipos de control de calidad	Fallo en el control y supervisión	4.6. The reviews can be painstaking and cause significant delays and management costs. No planning of time and expense in the proposal for this scenario. (4)

1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en el control y supervisión	4.6. The reviews can be painstaking and cause significant delays and management costs. No planning of time and expense in the proposal for this scenary. (4)
1.5. Equipos de diseño y cálculo	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	7.12. Site investigations often suffer from the rush-and-tumble associated with last minute changes in scheme layout. (7)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	7.13. In situations where roads or tunnels are constructed along different routes, or where buildings are repositioned, the original site investigation may no longer be relevant for the project in its new position. (7)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	8.38. Proyectos de construcción sin investigación del terreno. (8)
1.1. Cliente/Promotor	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	8.38. Proyectos de construcción sin investigación del terreno. (8)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	8.39. Los gastos para la investigación de terreno no considerados en el presupuesto de la obra. (8)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en el control y supervisión	8.40. Los gastos para control geotécnico no considerados en el presupuesto de la obra. (8)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	8.41. Los gastos para consultor geotécnico de obra no considerados en el presupuesto de la obra. (8)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	8.41. Los gastos para consultor geotécnico de obra no considerados en el presupuesto de la obra. (8)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	8.41. Los gastos para consultor geotécnico de obra no considerados en el presupuesto de la obra. (8)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	8.42. El uso de la economía en un sitio incorrecto. El proyectista intentando ahorrar en la investigación de terreno. (8)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	8.43. El coste de ejecución de la investigación de terreno infraestimado sin tener en cuenta el valor de riesgo geotécnico y recursos destinados para su tratamiento. (8)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	2.7. Coste de la investigación del terreno no apropiado (% del presupuesto total del proyecto). (2)
1.1. Cliente/Promotor	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	2.7. Coste de la investigación del terreno no apropiado (% del presupuesto total del proyecto). (2)
2.6. Modelos de contratación	Fallo en el control y supervisión	4.6. The reviews can be painstaking and cause significant delays and management costs. No planning of time and expense in the proposal for this scenary. If the Owner has a reputation for being difficult in reviewing and accepting geotechnical reports, the level of scrutiny will be even more stringent on a DB project than a conventional project. (4)
1.6. Equipos de investigación de terreno	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	1.6. Relying on work by others without checking (1)
1.7. Equipos de	Fallo en el análisis de datos	1.6. Relying on work by others without checking (1)

consultoría geotécnica	geotécnicos	
1.1. Cliente/Promotor	Fallo en el control y supervisión	8.44. El control del promotor es inadecuado. (8)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en el control y supervisión	8.45. Falta de supervisión geotécnica del proyecto. (8)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en el control y supervisión	8.46. Supervisión geotécnica del proyecto con responsabilidades no claramente definidas. (8)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en el control y supervisión	3.17. Jornada de supervisión de obra no completa de ingeniero geotécnico cualificado. (3)
1.10. Organismos de control técnico	Fallo en el control y supervisión	4.7. Oversight is a crucial area that has caused reduced profits (due to additional labor costs) and delays to the geotechnical and construction schedule (because of review durations or delays) on otherwise terrific projects. (4) Omisión durante PG.
1.9. Equipos de control de calidad	Fallo en el control y supervisión	4.7. Oversight is a crucial area that has caused reduced profits (due to additional labor costs) and delays to the geotechnical and construction schedule (because of review durations or delays) on otherwise terrific projects. (4) Omisión durante PG.
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	4.7. Oversight is a crucial area that has caused reduced profits (due to additional labor costs) and delays to the geotechnical and construction schedule (because of review durations or delays) on otherwise terrific projects. (4) Omisión durante PG.
1.6. Equipos de investigación de terreno	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	4.7. Oversight is a crucial area that has caused reduced profits (due to additional labor costs) and delays to the geotechnical and construction schedule (because of review durations or delays) on otherwise terrific projects. (4) Omisión durante PG.
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	4.7. Oversight is a crucial area that has caused reduced profits (due to additional labor costs) and delays to the geotechnical and construction schedule (because of review durations or delays) on otherwise terrific projects. (4) Omisión durante PG.
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	4.7. Oversight is a crucial area that has caused reduced profits (due to additional labor costs) and delays to the geotechnical and construction schedule (because of review durations or delays) on otherwise terrific projects. (4) Omisión durante PG.
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en el control y supervisión	3.18. In most of the cases, there is no supervision, or best by technicians, of the site work. (3)
1.1. Cliente/Promotor	Fallo en el control y supervisión	3.18. In most of the cases, there is no supervision, or best by technicians, of the site work. (3)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	3.19. Little or no control on the professional level of knowledge (contractors). No SI Contractor Personnel Requirement (3)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	3.19. Little or no control on the professional level of knowledge (contractors). No SI Contractor Personnel Requirement (3)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	3.19. Little or no control on the professional level of knowledge (contractors). No SI Contractor Personnel Requirement (3)

1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	3.19. Little or no control on the professional level of knowledge (contractors). No SI Contractor Personnel Requirement (3)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en el control y supervisión	3.19. Little or no control on the professional level of knowledge (contractors). No SI Contractor Personnel Requirement (3)
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en el control y supervisión	6.12. Geotechnical consultant did not recommend in his report that a competent inspector be present during the drilling of the shafts. (6)
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en el control y supervisión	1.7. Inadequate contingency plan for encountering unexpected ground conditions (1)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	6.13. Trained and experienced boring inspector is not present. (6)
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	4.8. La empresa carece de personal adecuado para ejecutar el proyecto. (4)
1.6. Equipos de investigación de terreno	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	4.8. La empresa carece de personal adecuado para ejecutar el proyecto. (4)
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	4.8. La empresa carece de personal adecuado para ejecutar el proyecto. (4)
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	4.8. La empresa carece de personal adecuado para ejecutar el proyecto. (4)
1.10. Organismos de control técnico	Fallo en el control y supervisión	4.8. La empresa carece de personal adecuado para ejecutar el proyecto. (4)
1.9. Equipos de control de calidad	Fallo en el control y supervisión	4.8. La empresa carece de personal adecuado para ejecutar el proyecto. (4)
2.3. Procesos y métodos de investigación de terreno	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	4.9. La empresa no tiene capacidad técnica para ejecutar el trabajo. (4)
Otro origen	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	4.9. La empresa no tiene capacidad técnica para ejecutar el trabajo. (4) (Otro origen: Procesos y métodos de análisis de datos geotécnicos)
2.5. Procesos de control y supervisión	Fallo en el control y supervisión	4.9. La empresa no tiene capacidad técnica para ejecutar el trabajo. (4)
2.5. Procesos de control y supervisión	Fallo en el control y supervisión	4.9. La empresa no tiene capacidad técnica para ejecutar el trabajo. (4)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	6.14. Lack of design personnel in giving field personnel important information necessary to carry out their job functions. (6)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	6.15. Lack of field personnel in informing those in charge about field observations which may be important. (6)
1.4. Dirección Integrada	Fallo en la ejecución de ensayos	3.20. Falta de ingeniero geólogo o ingeniero geotécnico para la toma, transporte y

de Proyecto	geotécnicos	mantenimiento de muestras de terreno. (3)
2.7. Coste, plazo y alcance de trabajos	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	8.47. Investigación geotécnica sobredimensionada. Recursos técnicos y financieros invertidos no son proporcionados al conocimiento obtenido. (8)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	8.48. En la fase de licitación para la IG no se definen claramente los objetivos al alcanzar. (8)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	8.49. En la fase de licitación para la IG no se establecen las herramientas técnicas básicas para la consecución de objetivos. (8)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	3.21. A number of "qualified" and experienced geotechnical consulting firms are unfortunately being excluded unless they are willing to be treated or considered as a "contractor". (3)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	3.21. A number of "qualified" and experienced geotechnical consulting firms are unfortunately being excluded unless they are willing to be treated or considered as a "contractor". (3)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en el control y supervisión	3.21. A number of "qualified" and experienced geotechnical consulting firms are unfortunately being excluded unless they are willing to be treated or considered as a "contractor". (3)
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	4.10. If multiple methods are recommended, the Contractor may begin a process of questioning the design, looking for cheaper methods (Can we increase the bearing pressures? Can we make the shafts shorter? Can we save money by using a different foundation system?). Reconsidering multiple options is expensive and time consuming. (4)
2.6. Modelos de contratación	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	3.19. Little or no control on the professional level of knowledge (contractors). No SI Contractor Personnel Requirement (3)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	6.16. The geotechnical engineer doesn't seem to demand anything better. Soil boring methods, soil and rock sampling, and the quality of work has not changed much in the last 50 years. This is in spite of the availability of more and better tools, and newer and better techniques. (6)
3.1. Sistemas de prospección y auscultación	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	6.16. The geotechnical engineer doesn't seem to demand anything better. Soil boring methods, soil and rock sampling, and the quality of work has not changed much in the last 50 years. This is in spite of the availability of more and better tools, and newer and better techniques. (6)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	8.50. Anunciado del trabajo incoherente, incompleto, confuso. (8)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	8.51. No aplicar el principio "Elaborador del informe geotécnico diferente - Realizador de Mediciones (In situ, Laboratorio) diferente." (8)
2.6. Modelos de contratación	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	3.22. Sistema de un sobre en la selección de contratista IT y consultor geotécnico. (3)
2.6. Modelos de contratación	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	3.22. Sistema de un sobre en la selección de contratista IT y consultor geotécnico. (3)

2.6. Modelos de contratación	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	3.22. Sistema de un sobre en la selección de contratista IT y consultor geotécnico. (3)
2.6. Modelos de contratación	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	3.22. Sistema de un sobre en la selección de contratista IT y consultor geotécnico. (3)
2.6. Modelos de contratación	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	6.17. Since the contract for drilling is based on the price per foot, why should the drilling contractor be concerned with obtaining the best possible samples and using superior devices for obtaining the samples unless this saves time and money? There is every incentive to somehow get a hole down as quickly as possible without regard to obtaining the best soil, rock, water levels and collateral information. As a result, perched water tables and important soil layers and other important information are often missed. (6)
2.7. Coste, plazo y alcance de trabajos	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	7.14. Tiempo insuficiente para preparar las ofertas. This means that not enough time is given to perform all of the drilling, laboratory testing, geotechnical analysis, and estimation of construction costs. (7)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	8.52. Propuestas de precio más bajo elegidas ganadoras. (8)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	8.52. Propuestas de precio más bajo elegidas ganadoras. (8)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	8.52. Propuestas de precio más bajo elegidas ganadoras. (8)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	8.52. Propuestas de precio más bajo elegidas ganadoras. (8)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en el control y supervisión	8.52. Propuestas de precio más bajo elegidas ganadoras. (8)
1.1. Cliente/Promotor	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	8.53. El promotor es muy optimista a la hora de evaluar las capacidades de contratista de tratar el riesgo geotécnico. (8)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	3.23. In many cases, the owners (or their representatives) influence to the selection of SI works is significant where architects/engineers ability to convince the owner regarding quality work becomes important. Dependencia inadecuada sobre la decisión del Arquitecto/Ingeniero Consultor del Diseño Estructural a la hora de elegir los contratistas para IT. (3)
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	1.8. Aceptar contratos inadecuados. (1)
1.6. Equipos de investigación de terreno	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	1.8. Aceptar contratos inadecuados. (1)
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	1.8. Aceptar contratos inadecuados. (1)
1.7. Equipos de	Fallo en las recomendaciones	1.8. Aceptar contratos inadecuados. (1)

consultoría geotécnica	geotécnicas	
1.9. Equipos de control de calidad	Fallo en el control y supervisión	1.8. Aceptar contratos inadecuados. (1)
1.10. Organismos de control técnico	Fallo en el control y supervisión	1.8. Aceptar contratos inadecuados. (1)
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	4.11. Trabajar sin contrato (4)
1.6. Equipos de investigación de terreno	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	4.11. Trabajar sin contrato (4)
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	4.11. Trabajar sin contrato (4)
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	4.11. Trabajar sin contrato (4)
1.10. Organismos de control técnico	Fallo en el control y supervisión	4.11. Trabajar sin contrato (4)
1.9. Equipos de control de calidad	Fallo en el control y supervisión	4.11. Trabajar sin contrato (4)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	8.54. El riesgo geotécnico lo asume agente que no tiene capacidad de responder si este se materializa. El agente no ha sido consciente de esto a la hora de firmar el contrato. (8)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	8.54. Contratos sin reflejar los riesgos geotécnicos de la obra. El riesgo geotécnico lo asume agente que no tiene capacidad de responder si este se materializa. El agente no ha sido consciente de esto a la hora de firmar el contrato. (8)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	8.54. Contratos sin reflejar los riesgos geotécnicos de la obra. El riesgo geotécnico lo asume agente que no tiene capacidad de responder si este se materializa. El agente no ha sido consciente de esto a la hora de firmar el contrato. (8)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	8.54. Contratos sin reflejar los riesgos geotécnicos de la obra. El riesgo geotécnico lo asume agente que no tiene capacidad de responder si este se materializa. El agente no ha sido consciente de esto a la hora de firmar el contrato. (8)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en el control y supervisión	8.54. Contratos sin reflejar los riesgos geotécnicos de la obra. El riesgo geotécnico lo asume agente que no tiene capacidad de responder si este se materializa. El agente no ha sido consciente de esto a la hora de firmar el contrato. (8)
2.6. Modelos de contratación	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	8.54. Contratos sin reflejar los riesgos geotécnicos de la obra. El riesgo geotécnico lo asume agente que no tiene capacidad de responder si este se materializa. El agente no ha sido consciente de esto a la hora de firmar el contrato. (8)
2.6. Modelos de contratación	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	8.54. Contratos sin reflejar los riesgos geotécnicos de la obra. El riesgo geotécnico lo asume agente que no tiene capacidad de responder si este se materializa. El agente no ha sido

		consciente de esto a la hora de firmar el contrato. (8)
2.6. Modelos de contratación	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	8.54. Contratos sin reflejar los riesgos geotécnicos de la obra. El riesgo geotécnico lo asume agente que no tiene capacidad de responder si este se materializa. El agente no ha sido consciente de esto a la hora de firmar el contrato. (8)
2.6. Modelos de contratación	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	8.54. Contratos sin reflejar los riesgos geotécnicos de la obra. El riesgo geotécnico lo asume agente que no tiene capacidad de responder si este se materializa. El agente no ha sido consciente de esto a la hora de firmar el contrato. (8)
2.6. Modelos de contratación	Fallo en el control y supervisión	8.54. Contratos sin reflejar los riesgos geotécnicos de la obra. El riesgo geotécnico lo asume agente que no tiene capacidad de responder si este se materializa. El agente no ha sido consciente de esto a la hora de firmar el contrato. (8)
2.6. Modelos de contratación	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	6.18. There is no incentive to do good quality work. (6)
2.6. Modelos de contratación	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	6.18. There is no incentive to do good quality work. (6)
2.6. Modelos de contratación	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	6.18. There is no incentive to do good quality work. (6)
2.6. Modelos de contratación	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	6.18. There is no incentive to do good quality work. (6)
2.6. Modelos de contratación	Fallo en el control y supervisión	6.18. There is no incentive to do good quality work. (6)
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	4.12. Successful team may be levied penalties if these key individuals are not actually involved with the project. (4)
1.6. Equipos de investigación de terreno	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	4.12. Successful team may be levied penalties if these key individuals are not actually involved with the project. (4)
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	4.12. Successful team may be levied penalties if these key individuals are not actually involved with the project. (4)
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	4.12. Successful team may be levied penalties if these key individuals are not actually involved with the project. (4)
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en el control y supervisión	4.12. Successful team may be levied penalties if these key individuals are not actually involved with the project. (4)
1.9. Equipos de control de calidad	Fallo en el control y supervisión	4.12. Successful team may be levied penalties if these key individuals are not actually involved with the project. (4)
1.10. Organismos de control técnico	Fallo en el control y supervisión	4.12. Successful team may be levied penalties if these key individuals are not actually involved with the project. (4)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	4.13. Poor capacities of the PM in organization, scheduling, staffing, delegating, and managing teams, in addition not having the technical savvy to lead the geotechnical effort. (4)

1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	4.13. Poor capacities of the PM in organization, scheduling, staffing, delegating, and managing teams, in addition not having the technical savvy to lead the geotechnical effort. (4)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	4.13. Poor capacities of the PM in organization, scheduling, staffing, delegating, and managing teams, in addition not having the technical savvy to lead the geotechnical effort. (4)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	4.13. Poor capacities of the PM in organization, scheduling, staffing, delegating, and managing teams, in addition not having the technical savvy to lead the geotechnical effort. (4)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en el control y supervisión	4.13. Poor capacities of the PM in organization, scheduling, staffing, delegating, and managing teams, in addition not having the technical savvy to lead the geotechnical effort. (4)
1.1. Cliente/Promotor	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	8.55. El futuro propietario impone los parámetros del edificio que no son proporcionados a las condiciones geotécnicas del sitio. (8)
1.8. Equipos de ejecución de obras geotécnicas	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	1.9. Falta de conocimiento sobre el comportamiento de terreno (1)
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	1.9. Falta de conocimiento sobre el comportamiento de terreno (1)
1.5. Equipos de diseño y cálculo	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	1.9. Falta de conocimiento sobre el comportamiento de terreno (1)
1.6. Equipos de investigación de terreno	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	1.9. Falta de conocimiento sobre el comportamiento de terreno (1)
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	1.9. Falta de conocimiento sobre el comportamiento de terreno (1)
1.10. Organismos de control técnico	Fallo en el control y supervisión	1.9. Falta de conocimiento sobre el comportamiento de terreno (1)
2.1. Marco legislativo, normativo	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	3.24. No Professional Geotechnical Engineer. No existencia de la licencia profesional con especialización en geotecnia para los ingenieros. En otras palabras, geotecnia no es disciplina reconocida para la licencia del ingeniero profesional. (3)
2.1. Marco legislativo, normativo	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	3.24. No Professional Geotechnical Engineer. No existencia de la licencia profesional con especialización en geotecnia para los ingenieros. En otras palabras, geotecnia no es disciplina reconocida para la licencia del ingeniero profesional. (3)
2.1. Marco legislativo, normativo	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	3.24. No Professional Geotechnical Engineer. No existencia de la licencia profesional con especialización en geotecnia para los ingenieros. En otras palabras, geotecnia no es disciplina reconocida para la licencia del ingeniero profesional. (3)
2.1. Marco legislativo, normativo	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	3.24. No Professional Geotechnical Engineer. No existencia de la licencia profesional con especialización en geotecnia para los ingenieros. En otras palabras, geotecnia no es disciplina reconocida para la licencia del ingeniero profesional. (3)
2.1. Marco legislativo, normativo	Fallo en el control y supervisión	3.24. No Professional Geotechnical Engineer. No existencia de la licencia profesional con

normativo		especialización en geotecnia para los ingenieros. En otras palabras, geotecnia no es disciplina reconocida para la licencia del ingeniero profesional. (3)
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	6.19. Ingenieros especialistas en geotecnia carecen del conocimiento de geología. (6)
1.5. Equipos de diseño y cálculo	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	6.19. Ingenieros especialistas en geotecnia carecen del conocimiento de geología. (6)
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	6.19. Ingenieros especialistas en geotecnia carecen del conocimiento de geología. (6)
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	6.19. Ingenieros especialistas en geotecnia carecen del conocimiento de geología. (6)
1.5. Equipos de diseño y cálculo	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	8.56. Proyectista sin conocimiento de geotecnia suficiente. (8)
1.5. Equipos de diseño y cálculo	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	8.56. Proyectista sin conocimiento de geotecnia suficiente. (8)
1.5. Equipos de diseño y cálculo	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	8.57. Competencia insuficiente de los agentes de PG. El proyectista de la obra es muy valiente (atrevido, arriesgado) y para la solución de diseño que prepara no es conciente de los riesgos geotécnicos y los infraestima. El resultado puede ser el sobre coste durante la ejecución o explotación del edificio. (8)
1.5. Equipos de diseño y cálculo	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	8.58. Competencia insuficiente de los agentes de PG. El proyectista es demasiado prudente o inexperimentado en el área de geotecnia. Por razones de fiabilidad sobreestima el riesgo geotécnico. La obra resulta ser sobredimensionada. (8)
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	5.4. Algunas empresas de consultoría de ingeniería que profesan los servicios de geotecnia, lo hacen por lo general a nivel rudimentario y con personal con experiencia limitada y sin formación profesional o académica. (5)
1.6. Equipos de investigación de terreno	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	5.4. Algunas empresas de consultoría de ingeniería que profesan los servicios de geotecnia, lo hacen por lo general a nivel rudimentario y con personal con experiencia limitada y sin formación profesional o académica. (5)
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	5.4. Algunas empresas de consultoría de ingeniería que profesan los servicios de geotecnia, lo hacen por lo general a nivel rudimentario y con personal con experiencia limitada y sin formación profesional o académica. (5)
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	5.4. Algunas empresas de consultoría de ingeniería que profesan los servicios de geotecnia, lo hacen por lo general a nivel rudimentario y con personal con experiencia limitada y sin formación profesional o académica. (5)
1.10. Organismos de control técnico	Fallo en el control y supervisión	5.4. Algunas empresas de consultoría de ingeniería que profesan los servicios de geotecnia, lo hacen por lo general a nivel rudimentario y con personal con experiencia limitada y sin formación profesional o académica. (5)

1.9. Equipos de control de calidad	Fallo en el control y supervisión	5.4. Algunas empresas de consultoría de ingeniería que profesan los servicios de geotecnia, lo hacen por lo general a nivel rudimentario y con personal con experiencia limitada y sin formación profesional o académica. (5)
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	5.5. Ingenieros con especialización en estructuras que no necesariamente tienen estudios posgraduales pueden llegar a ser cualificados como ingenieros especialistas en geotecnia. (5)
1.6. Equipos de investigación de terreno	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	5.5. Ingenieros con especialización en estructuras que no necesariamente tienen estudios posgraduales pueden llegar a ser cualificados como ingenieros especialistas en geotecnia. (5)
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	5.5. Ingenieros con especialización en estructuras que no necesariamente tienen estudios posgraduales pueden llegar a ser cualificados como ingenieros especialistas en geotecnia. (5)
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	5.5. Ingenieros con especialización en estructuras que no necesariamente tienen estudios posgraduales pueden llegar a ser cualificados como ingenieros especialistas en geotecnia. (5)
1.9. Equipos de control de calidad	Fallo en el control y supervisión	5.5. Ingenieros con especialización en estructuras que no necesariamente tienen estudios posgraduales pueden llegar a ser cualificados como ingenieros especialistas en geotecnia. (5)
1.10. Organismos de control técnico	Fallo en el control y supervisión	5.5. Ingenieros con especialización en estructuras que no necesariamente tienen estudios posgraduales pueden llegar a ser cualificados como ingenieros especialistas en geotecnia. (5)
2.1. Marco legislativo, normativo	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	3.26. Contratista de IT (toma muestras) sin registración especial. No SI Contractor Special Registration (3)
1.6. Equipos de investigación de terreno	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	6.20. Falta de entrenamiento y enseñanza de los participantes de PG. Falta de reconocimiento y especialización. El caso de contratista de perforación de sondeos. (6)
1.6. Equipos de investigación de terreno	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	6.21. The driller not trained to observe occurrences during drilling and to record them and to alert the inspector (if there is one), the person in charge of the borings, or his immediate superior. (6)
1.6. Equipos de investigación de terreno	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	1.10. Incompetence of field technicians (1)
1.11. Personal universitario y de I+D+i	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	5.6. Desconocimiento y falta de educación de los profesionales: Proceso y técnicas de gestión de riesgos (identificación, análisis, evaluación). "Risk management and loss prevention education at my firm has been expanded to include tools and programs offered." (5)
1.11. Personal universitario y de I+D+i	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	5.6. Desconocimiento y falta de educación de los profesionales: Proceso y técnicas de gestión de riesgos (identificación, análisis, evaluación). "Risk management and loss

		prevention education at my firm has been expanded to include tools and programs offered." (5)
1.11. Personal universitario y de I+D+i	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	5.6. Desconocimiento y falta de educación de los profesionales: Proceso y técnicas de gestión de riesgos (identificación, análisis, evaluación). "Risk management and loss prevention education at my firm has been expanded to include tools and programs offered." (5)
1.11. Personal universitario y de I+D+i	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	5.6. Desconocimiento y falta de educación de los profesionales: Proceso y técnicas de gestión de riesgos (identificación, análisis, evaluación). "Risk management and loss prevention education at my firm has been expanded to include tools and programs offered." (5)
1.11. Personal universitario y de I+D+i	Fallo en el control y supervisión	5.6. Desconocimiento y falta de educación de los profesionales: Proceso y técnicas de gestión de riesgos (identificación, análisis, evaluación). "Risk management and loss prevention education at my firm has been expanded to include tools and programs offered." (5)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	7.15. The use of selective competitive tendering for site investigation work is recommended since long open tender lists lead generally to wildly fluctuating prices and quality, and inhibit serious bidding by skilled specialist contractors. (7)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	7.15. The use of selective competitive tendering for site investigation work is recommended since long open tender lists lead generally to wildly fluctuating prices and quality, and inhibit serious bidding by skilled specialist contractors. (7)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	7.15. The use of selective competitive tendering for site investigation work is recommended since long open tender lists lead generally to wildly fluctuating prices and quality, and inhibit serious bidding by skilled specialist contractors. (7)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	7.16. Only 16% of site investigations are managed by geotechnical specialists. This situation alone accounts for much of the poor quality of site investigations. (7)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	7.16. Only 16% of site investigations are managed by geotechnical specialists. This situation alone accounts for much of the poor quality of site investigations. (7)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	7.16. Only 16% of site investigations are managed by geotechnical specialists. This situation alone accounts for much of the poor quality of site investigations. (7)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	7.16. Only 16% of site investigations are managed by geotechnical specialists. This situation alone accounts for much of the poor quality of site investigations. (7)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en el control y supervisión	7.16. Only 16% of site investigations are managed by geotechnical specialists. This situation alone accounts for much of the poor quality of site investigations. (7)
2.6. Modelos de contratación	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	7.17. In the absence of a clearly defined contract specification, the quality of ground investigation cannot be guaranteed and will inevitably be variable. (7)
2.6. Modelos de	Fallo en programación de	7.18. Without adequate enforcement through supervision, the quality of ground investigation

contratación	reconocimiento de terreno	cannot be guaranteed and will inevitably be variable. (7)
2.6. Modelos de contratación	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	7.17. In the absence of a clearly defined contract specification, the quality of ground investigation cannot be guaranteed and will inevitably be variable. (7)
2.6. Modelos de contratación	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	7.18. Without adequate enforcement through supervision, the quality of ground investigation cannot be guaranteed and will inevitably be variable. (7)
2.6. Modelos de contratación	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	7.17. In the absence of a clearly defined contract specification, the quality of ground investigation cannot be guaranteed and will inevitably be variable. (7)
2.6. Modelos de contratación	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	7.18. Without adequate enforcement through supervision, the quality of ground investigation cannot be guaranteed and will inevitably be variable. (7)
2.6. Modelos de contratación	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	7.17. In the absence of a clearly defined contract specification, the quality of ground investigation cannot be guaranteed and will inevitably be variable. (7)
2.6. Modelos de contratación	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	7.18. Without adequate enforcement through supervision, the quality of ground investigation cannot be guaranteed and will inevitably be variable. (7)
2.6. Modelos de contratación	Fallo en el control y supervisión	7.17. In the absence of a clearly defined contract specification, the quality of ground investigation cannot be guaranteed and will inevitably be variable. (7)
2.6. Modelos de contratación	Fallo en el control y supervisión	7.18. Without adequate enforcement through supervision, the quality of ground investigation cannot be guaranteed and will inevitably be variable. (7)
2.5. Procesos de control y supervisión	Fallo en el control y supervisión	9.8. A wide range of organizations are involved with site investigations. This produces many different forms of procedure, some of which are not suited to obtaining reliable information. (9)
2.3. Procesos y métodos de investigación de terreno	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	9.8. A wide range of organizations are involved with site investigations. This produces many different forms of procedure, some of which are not suited to obtaining reliable information. (9)
2.2. Procesos de diseño y métodos de cálculo	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	9.8. A wide range of organizations are involved with site investigations. This produces many different forms of procedure, some of which are not suited to obtaining reliable information. (9)
1.1. Cliente/Promotor	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	9.9. Many consumers (clients and consultants) instigating site investigation works do not understand the importance and benefits of quality work. (9)
1.1. Cliente/Promotor	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	9.9. Many consumers (clients and consultants) instigating site investigation works do not understand the importance and benefits of quality work. (9)
1.1. Cliente/Promotor	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	9.9. Many consumers (clients and consultants) instigating site investigation works do not understand the importance and benefits of quality work. (9)
1.1. Cliente/Promotor	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	9.9. Many consumers (clients and consultants) instigating site investigation works do not understand the importance and benefits of quality work. (9)
1.1. Cliente/Promotor	Fallo en el control y supervisión	9.10. Many consumers report they sometimes, or rarely obtain value for money from their site investigations. (9)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	9.11. Managers for investigations are normally appointed to suit the construction project rather than for their geotechnical expertise. About 60% of investigations are managed by civil

		and structural engineers, 15% managed by SI firms and about 25% managed by others (architects, project managers etc.). Qualified and experienced geotechnical managers are the exception rather than the rule. (9)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	Managers for investigations are normally appointed to suit the construction project rather than for their geotechnical expertise. About 60% of investigations are managed by civil and structural engineers, 15% managed by SI firms and about 25% managed by others (architects, project managers etc.). Qualified and experienced geotechnical managers are the exception rather than the rule. (9)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	9.11. Managers for investigations are normally appointed to suit the construction project rather than for their geotechnical expertise. About 60% of investigations are managed by civil and structural engineers, 15% managed by SI firms and about 25% managed by others (architects, project managers etc.). Qualified and experienced geotechnical managers are the exception rather than the rule. (9)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	9.11. Managers for investigations are normally appointed to suit the construction project rather than for their geotechnical expertise. About 60% of investigations are managed by civil and structural engineers, 15% managed by SI firms and about 25% managed by others (architects, project managers etc.). Qualified and experienced geotechnical managers are the exception rather than the rule. (9)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en el control y supervisión	9.11. Managers for investigations are normally appointed to suit the construction project rather than for their geotechnical expertise. About 60% of investigations are managed by civil and structural engineers, 15% managed by SI firms and about 25% managed by others (architects, project managers etc.). Qualified and experienced geotechnical managers are the exception rather than the rule. (9)
1.1. Cliente/Promotor	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	9.12. The risks associated with unreliable investigations are not fully understood by clients. (9)
1.1. Cliente/Promotor	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	9.12. The risks associated with unreliable investigations are not fully understood by clients. (9)
1.1. Cliente/Promotor	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	9.12. The risks associated with unreliable investigations are not fully understood by clients. (9)
1.1. Cliente/Promotor	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	9.12. The risks associated with unreliable investigations are not fully understood by clients. (9)
1.1. Cliente/Promotor	Fallo en el control y supervisión	9.12. The risks associated with unreliable investigations are not fully understood by clients. (9)
2.6. Modelos de contratación	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	9.13. Since the 1983 survey there has been an increase in the use of competitive tendering and rigid forms of specification. (9)
2.6. Modelos de contratación	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	9.13. Since the 1983 survey there has been an increase in the use of competitive tendering and rigid forms of specification. (9)

2.6. Modelos de contratación	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	9.13. Since the 1983 survey there has been an increase in the use of competitive tendering and rigid forms of specification. (9)
2.6. Modelos de contratación	Fallo en el control y supervisión	9.13. Since the 1983 survey there has been an increase in the use of competitive tendering and rigid forms of specification. (9)
1.6. Equipos de investigación de terreno	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	10.1. There were frequently insufficient boreholes. (10)
1.6. Equipos de investigación de terreno	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	10.2. There were frequently boreholes that did not go deep enough. (10)
1.6. Equipos de investigación de terreno	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	10.3. In many cases, adequate in situ and laboratory testing was not available to enable the optimum selection of design parameters. (10)
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	10.4. In 16% of cases there was no borehole location plan, rendering virtually useless any other borehole information provided. (10)
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	10.5. In 73% of cases boreholes were not levelled, and in 59% of cases adequate topographical information was not provided. (10)
1.6. Equipos de investigación de terreno	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	10.6. Only 17% of investigation holes had coordinates provided. (10)
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	10.7. In 25% of projects the information did not allow the adequate derivation of design parameters. In such cases, designers presumably had to make assumptions-hopefully conservative. (10)
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	10.8. In 48% of cases respondents did not think the information provided enabled optimum judgement of ground conditions to be made. (10)
1.1. Cliente/Promotor	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	10.9. Respondents to the survey judged the balance between the environmental and geotechnical elements of reports to be wrong in 55% of cases. Many clients will be unaware of this subtle, but potentially costly, trend. (10)
2.6. Modelos de contratación	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	10.10. Procurement of site investigation purely on price. This is often associated with a poor or absent specification for the investigatory work, allowing investigation contractors to undercut each other on the basis of what they will leave out (levelling and coordination of boreholes, site supervision and desk study etc.). (10)
2.6. Modelos de contratación	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	10.10. Procurement of site investigation purely on price. This is often associated with a poor or absent specification for the investigatory work, allowing investigation contractors to undercut each other on the basis of what they will leave out (levelling and coordination of boreholes, site supervision and desk study etc.). (10)
2.6. Modelos de contratación	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	10.10. Procurement of site investigation purely on price. This is often associated with a poor or absent specification for the investigatory work, allowing investigation contractors to undercut each other on the basis of what they will leave out (levelling and coordination of boreholes, site supervision and desk study etc.). (10)

2.6. Modelos de contratación	Fallo en el control y supervisión	10.10. Procurement of site investigation purely on price. This is often associated with a poor or absent specification for the investigatory work, allowing investigation contractors to undercut each other on the basis of what they will leave out (levelling and coordination of boreholes, site supervision and desk study etc.). (10)
1.1. Cliente/Promotor	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	10.11. Frequently, the need for the phasing of site investigation is not understood by clients or their advisers. The criteria for an adequate investigation to fulfil the clients needs at the time of a speculative land deal are different from those required for detailed foundation design, and this must be recognised. (10)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	10.12. There is ample anecdotal evidence that the majority of site investigations are procured by non-geotechnical specialists, who are not conversant with the needs of the geotechnical process. (10)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	10.12. There is ample anecdotal evidence that the majority of site investigations are procured by non-geotechnical specialists, who are not conversant with the needs of the geotechnical process. (10)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	10.12. There is ample anecdotal evidence that the majority of site investigations are procured by non-geotechnical specialists, who are not conversant with the needs of the geotechnical process. (10)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	10.12. There is ample anecdotal evidence that the majority of site investigations are procured by non-geotechnical specialists, who are not conversant with the needs of the geotechnical process. (10)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en el control y supervisión	10.12. There is ample anecdotal evidence that the majority of site investigations are procured by non-geotechnical specialists, who are not conversant with the needs of the geotechnical process. (10)
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	11.1. An inability to anticipate what geological conditions might reasonably be foreseen when all the field evidence is indicating a specific geological model. (11)
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	11.2. An inability to deal with uncertainty in natural processes within engineering design. (11)
2.6. Modelos de contratación	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	11.3. Design and construct contracts that go badly wrong because costs are estimated and risks allocated before there is an adequate understanding of the geology and therefore no ability to engineer the geo-problems where most of the risks lie. (11)
2.6. Modelos de contratación	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	11.3. Design and construct contracts that go badly wrong because costs are estimated and risks allocated before there is an adequate understanding of the geology and therefore no ability to engineer the geo-problems where most of the risks lie. (11)
2.6. Modelos de contratación	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	11.3. Design and construct contracts that go badly wrong because costs are estimated and risks allocated before there is an adequate understanding of the geology and therefore no ability to engineer the geo-problems where most of the risks lie. (11)

2.6. Modelos de contratación	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	11.3. Design and construct contracts that go badly wrong because costs are estimated and risks allocated before there is an adequate understanding of the geology and therefore no ability to engineer the geo-problems where most of the risks lie. (11)
2.6. Modelos de contratación	Fallo en el control y supervisión	11.3. Design and construct contracts that go badly wrong because costs are estimated and risks allocated before there is an adequate understanding of the geology and therefore no ability to engineer the geo-problems where most of the risks lie. (11)
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	11.4. Stability analyses using circular failure mechanisms in circumstances where structural geology control is plainly evident. (11)
1.5. Equipos de diseño y cálculo	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	11.4. Stability analyses using circular failure mechanisms in circumstances where structural geology control is plainly evident. (11)
1.5. Equipos de diseño y cálculo	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	11.5. Design of structures that will drain the ground without an awareness that this could lead to settlement hazards in superficial deposits. (11)
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	11.6. Rock mass strength criteria and rock mass classification systems that specifically do not relate to structurally controlled failures when the vast majority of rock mass failures that engineers have to deal with are controlled by structural geology. (11)
1.5. Equipos de diseño y cálculo	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	11.6. Rock mass strength criteria and rock mass classification systems that specifically do not relate to structurally controlled failures when the vast majority of rock mass failures that engineers have to deal with are controlled by structural geology. (11)
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	11.7. Frequent lack of appreciation of the importance of nearsurface weathering and the associated changes to the engineering character of geo-materials. (11)
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	11.8. Over-simple treatment of groundwater flow through fissured rock masses where discrete oriented fracture systems are modelled as uniform porous media. (11)
1.5. Equipos de diseño y cálculo	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	11.8. Over-simple treatment of groundwater flow through fissured rock masses where discrete oriented fracture systems are modelled as uniform porous media. (11)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	12.1. Failure of communication between field personnel and those responsible for design and construction. (12)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	12.1. Failure of communication between field personnel and those responsible for design and construction. (12)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	12.1. Failure of communication between field personnel and those responsible for design and construction. (12)
1.6. Equipos de investigación de terreno	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	12.2. The minimum next step in the investigation-saturating all the boreholes and observing for ground subsidence-would have revealed that all the soils had collapse potential when saturated. (12)
1.6. Equipos de investigación de terreno	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	12.3. Often we see a boring log with no record of the equipment used to drill the hole. (12)
1.4. Dirección Integrada	Fallo en la ejecución de ensayos	12.4. Borings were made without an inspector or soil technician present. (12)

de Proyecto	geotécnicos	
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	12.5. The foundations for a high-rise building in Milwaukee were designed based only on the boring logs and the SPT tests. No water content tests, nor any other laboratory tests were made. While the STP test is valuable as an indicator, it can be misleading if used alone. (12)
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	12.6. The design engineers did not inspect the soil samples. (12)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	12.7. Soil classifications made only by the driller. (12)
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	12.8. No study of existing structures resting on the same formation. (12)
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	12.9. No attempt to understand the geology. (12)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	12.10. No laboratory tests. (12)
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	12.10. No laboratory tests. (12)
3.2. Programas informáticos de cálculo	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	12.11. But we should be careful that the convenience of the computer does not give us a "black box" syndrome, making us blind to what the computer does. (12)
3.2. Programas informáticos de cálculo	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	12.12. It would be of great interest and perhaps a shock to many if someone would compare results of stability analyses made with the same data using the many programs now commercially available. (12)
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	12.13. An important element of analysis is the plotting of the field and laboratory data to arrive at a comprehensive picture and understanding of the soil properties, groundwater conditions, and other information and the extent, thickness, and variation of the soil types encountered. How these cross sections, graphs, and data are plotted is important because, if carefully and wisely done, they may lead to clues that might otherwise not be found. (12)

E.2. Registros de escenarios de riesgo obtenidos mediante la técnica de encuesta

CÓDIGO: E1

Parte 1:

ZDROJ RIZIKA	UDALOSŤ RIZIKA	MOŽNÉ PRÍČINY VZNIKU RIZIKOVEJ UDALOSTI
1.1. Klient/Staviteľ	Chyba pri vytvorení projektu IG prieskumu	1.1. Neochta investora (staviteľa) investovať primerané finančné prostriedky na geotechnický prieskum. (1-Pravdepodobnosť výskytu = vysoká ; 2-Zmena v spoľahlivosti = vážny vplyv ; 3-Nárast nákladov = vysoký).
1.2. Verejná správa	Chyba pri spracovaní geot. návrhu pre stavbu	1.2. Neodbornosť úradníkov vo verejnej správe, možnosť ich politického a korupčného ovplyvňovania pri vydávaní rozhodnutí o povoľovaní stavieb. (1-Pravdepodobnosť výskytu = mierna ; 2-Zmena v spoľahlivosti = značný vplyv ; 3-Nárast nákladov = značný).
1.4. Projekt manažér	Chyba pri vytvorení projektu IG prieskumu	1.3. y 1.4. Neodbornosť projekt manažera v oblasti geotechniky a jeho neochota prizvať si odborníka na geotechniku (poradcu - projektanta geotechniky) má výrazný vplyv na definovanie kvantitatívnych a kvalitatívnych požiadaviek na realizáciu a výsledky geotechnického prieskumu. (1-Pravdepodobnosť výskytu = mierna ; 2-Zmena v spoľahlivosti = značný vplyv ; 3-Nárast nákladov = značný).
1.5. Personál pre návrh a výpočet konštrukcie	Chyba pri spracovaní geot. návrhu pre stavbu	1.5. Neprimeraný časový stres (nedostatok času) pri geotechnickom návrhu a neprimeraný tlak na zníženie finančných prostriedkov na geotechnické konštrukcie má významný vplyv na kvalitu (spoľahlivosť a hosodárnosť) geotechnického návrhu. (1-Pravdepodobnosť výskytu = vysoká ; 2-Zmena v spoľahlivosti = vážny vplyv ; 3-Nárast nákladov = vysoký).
1.5. Personál pre návrh a výpočet konštrukcie	Chyba pri analýze výsledkov	1.6. Neskúsenosť (nedostatočná prax) - nedostatočná (odborne) kontrola začínajúcich "mladých" projektantov geotechniky. (1-Pravdepodobnosť výskytu = mierna ; 2-Zmena v spoľahlivosti = vážny vplyv ; 3-Nárast nákladov = vysoký).
1.6. Personál pre geotechnický prieskum stav	Chyba pri vykonávaní prieskumných prác	1.7. Zlá a nedostatočná spolupráca medzi projektantom statiky - geotechniky (ktorý má zdefinovať kvantitatívne a kvalitatívne požiadavky na ciele a výsledky geotechnického prieskumu) s ďalšími účastníkmi projektu , ako sú investor (staviteľ) a realizátor prieskumu (inžiniersky geológ). Za významný faktor považujem tú skutočnosť, že staviteľ pri plávaní geotechnického prieskumu rokuje iba s inžinierskym geológom a nerokuje s projektantom statiky. (1-Pravdepodobnosť výskytu = vysoká ; 2-Zmena v spoľahlivosti = značný vplyv ; 3-Nárast nákladov = vysoký).

1.6. Personál pre geotechnický prieskum stav	Chyba pri vykonávaní prieskumných prác	1.8. y 1.9. y 1.10. y 1.11. y 1.12. Neodbornosť (nedodržovanie predpísaných technologických postupov) pracovníkov realizujúcich prieskumné (vrtné a laboratórne) práce, ako napr. zlá technológia vŕtania, zlý odber porušených a neporušených vzoriek, zlá manipulácia a skladovanie vzoriek, nesprávna manipulácia so vzorkami v laboratóriách mechaniky zemín a hornín, nedodržovanie metodiky laboratórnych a in-situ experimentov a pod.). (1-Pravdepodobnosť výskytu = mierna ; 2-Zmena v spoľahlivosti = vážny vplyv ; 3-Nárast nákladov = vysoký).
1.6. Personál pre stavebné práce	Vyberte prosím	1.13. y 1.14. 1) nerešpektovanie projektu geotechnického návrhu (jeho zmena bez konzultácie a súhlasu s projektantom geotechnického návrhu) 2) neodbornosť pracovníkov realizujúcich geotechnické konštrukcie (nedostatok kvalifikovaných pracovníkov). (1-Pravdepodobnosť výskytu = mierna ; 2-Zmena v spoľahlivosti = značný vplyv ; 3-Nárast nákladov = vysoký).
1.8. Personál pre kontrolu kvality stavby	Chyba pri geotechnickej kontrole a monitoringu	1.15. Neodbornosť alebo nedostatok praktických skúseností so špeciálnymi (geotechnickými) konštrukciami. (1-Pravdepodobnosť výskytu = mierna ; 2-Zmena v spoľahlivosti = vážny vplyv ; 3-Nárast nákladov = vysoký).
1.8. Personál pre kontrolu kvality stavby	Chyba pri geotechnickej kontrole a monitoringu	1.16. Geotechnický dozor by mal podliehať priamo staviteľovi (investorovi) a nie dodávateľovi (realizátorovi) geotechnických konštrukcií , aby nedošlo k ovplyvňovaniu rozhodnutí dozoru zo strany dodávateľa prác, ktoré môže mať vplyv na kvalitu prác. (1-Pravdepodobnosť výskytu = vysoká ; 2-Zmena v spoľahlivosti = značný vplyv ; 3-Nárast nákladov = značný).
1.9. Stavebný dozor	Chyba pri geotechnickej kontrole a monitoringu	1.17. Stavebný dozor by mal podliehať priamo staviteľovi (investorovi) a nie dodávateľovi (realizátorovi) stavebných konštrukcií , aby nedošlo k ovplyvňovaniu rozhodnutí dozoru zo strany dodávateľa prác, ktoré môže mať vplyv na kvalitu prác. (1-Pravdepodobnosť výskytu = vysoká ; 2-Zmena v spoľahlivosti = značný vplyv ; 3-Nárast nákladov = značný).
2.2. Procesy navrhovania a metódy výpočtu	Chyba pri spracovaní geot. návrhu pre stavbu	1.18. nesprávne (nekvalifikované) uplatnenie výpočtových postupov a metód. (1-Pravdepodobnosť výskytu = mierna ; 2-Zmena v spoľahlivosti = vážny vplyv ; 3-Nárast nákladov = vysoký).
2.6. Modely obstarávania	Chyba pri spracovaní geot. návrhu pre stavbu	1.19. Pri geotechnickom návrhu nemôže byť "cena" prác rozhodujúca ale by to malo byť kritérium "optimálneho" geotechnického návrhu, t.j. návrhu kde je rozhodujúca spoľahlivosť (t.j. bezpečnosť a použiteľnosť stavebného diela) a hospodárnosť (cena) návrhu. (1-Pravdepodobnosť výskytu = mierna ; 2-Zmena v spoľahlivosti = značný vplyv ; 3-Nárast nákladov = značný).
2.7. Ceny, termíny a rozsah prác	Chyba pri spracovaní geot. návrhu pre stavbu	1.20. Neúmerný tlak investora na zníženie ceny a termínov realizácie geotechnických prác. (1-Pravdepodobnosť výskytu = mierna ; 2-Zmena v spoľahlivosti = značný vplyv ; 3-Nárast nákladov = značný).

Parte 2:

ZDROJ RIZIKA	UDALOSŤ RIZIKA	MOŽNÉ PRÍČINY VZNIKU RIZIKOVEJ UDALOSTI
3.2. Výpoctove programy	Chyba pri spracovaní geot. návrhu pre stavbu	1.21. Nesprávne využitie komerčného geotechnického softvéru (po stránke vhodného uplatnenie teoretických predpokladov riešeného problému) pri jednotlivých geotechnických návrhoch. (1-Pravdepodobnosť výskytu = mierna ; 2-Zmena v spoľahlivosti = vážny vplyv ; 3-Nárast nákladov = vysoký).
3.2. Výpoctove programy	Chyba pri spracovaní geot. návrhu pre stavbu	1.22. y 1.23. Chyby (programátorske a teoretické) vo výpočtových programoch a zlá kontrola výsledkov výpočtov štandardnými (analytickými a empirickými metódami) konečných výsledkov geotechnického návrhu - hlavne pri mladých (bez praxe) projektantoch. (1-Pravdepodobnosť výskytu = nízka ; 2-Zmena v spoľahlivosti = vážny vplyv ; 3-Nárast nákladov = vysoký).
3.3. Technologické zariadenia	Vyberte prosím	1.24. nevhodné použitie technologického zariadenie pri realizácii geotechnických konštrukcií - v rozpore s predpísanou technológiou podľa geotechnického projektu (napr. zlá technológia vŕtania pilótočných základov - podľa projektu ma byť pod ochranou ocelevej výpažnice a realizácia je bez výpažnice a pod.). (1-Pravdepodobnosť výskytu = mierna ; 2-Zmena v spoľahlivosti = značný vplyv ; 3-Nárast nákladov = značný).
3.4. Pouzité materialy	Vyberte prosím	1.25. nerešpektovanie geotechnického projektu - nevhodná zámena materiálov bez konzultácie a súhlasu projektanta. (1-Pravdepodobnosť výskytu = mierna ; 2-Zmena v spoľahlivosti = malý vplyv ; 3-Nárast nákladov = nízky).
Iný zdroj	Chyba pri spracovaní geot. návrhu pre stavbu	1.26. y 1.27. a) Nedostatočná praktická odborná príprava projektantov (geotechnikov) na univerzitách (malý rozsah odborných predmetov, krátky čas na spracovanie diplomových prác a pod.). b) Absencia reálnej odbornej praxe (v projekciách a na stavbách) počas štúdia na univerzite (v našich podmienkach sa prax robí iba formálne (papierovo) bez reálneho kontaktu študenta s praxou). (1-Pravdepodobnosť výskytu = nízka ; 2-Zmena v spoľahlivosti = vážny vplyv ; 3-Nárast nákladov = vysoký).

CÓDIGO: E2

ZDROJ RIZIKA	UDALOSŤ RIZIKA	MOŽNÉ PRÍČINY VZNIKU RIZIKOVEJ UDALOSTI
1.6. Personál pre geotechnický prieskum stav	Chyba pri vytvorení projektu IG prieskumu	2.1. y 2.2. Nedostatočný počet prieskumných prác, prípadne ich malá hĺbka - nezistenie nepravidelnej málo únosnosnej vrsty - nerovnomerné sadanie - porucha základov objektu - pravdepodobnosť výskytu 40%
1.6. Personál pre geotechnický prieskum stav	Chyba pri vykonávaní prieskumných prác	2.3. Nesprávna technológia pri prieskumných prácach, nezistenie hladiny podzemnej vody - zatopenie pivničných priestorov pri výstavbe, prípadne prevádzke budovy - pravdepodobnosť výskytu 30%
1.6. Personál pre geotechnický prieskum stav	Chyba pri vykonávaní prieskumných prác	2.4. Nesprávna technológia pri odbere vzoriek, vyššie deformačné a pevnostné zemín ako v skutočnosti - sadnutie, porušenie základovej konštrukcie - pravdepodobnosť výskytu 20%
1.7. Geotechnický konzultant	Chyba pri vykonávaní prieskumných prác	2.5. Neupozornenie, že ide o zosuvné územie, pri jeho aktivizácii - celková deformácia objektov - pravdepodobnosť výskytu 10%
1.7. Geotechnický konzultant	Chyba pri analýze výsledkov	2.6. nesprávne určenie návrhových hodnôt geotechnických parametrov - sadanie podložia konštrukcie - pravdepodobnosť výskytu 20%
1.7. Geotechnický konzultant	Chyba pri geotechnickej kontrole a monitoringu	2.7. podcenenie zachytených deformácií podložia monitoringom, deštrukcia objektu, pravdepodobnosť výskytu 10%
2.7. Ceny, termíny a rozsah prác	Chyba pri vytvorení projektu IG prieskumu	2.1. y 2.2. Nedostatočný počet prieskumných prác, prípadne ich malá hĺbka - nezistenie nepravidelnej málo únosnosnej vrsty - nerovnomerné sadanie - porucha základov objektu - pravdepodobnosť výskytu 40%
3.1. Vybavenie pre geotechnický prieskum a r	Chyba pri vykonávaní prieskumných prác	2.8. Nedostatočná technológia pri prieskumných prácach, nezistenie hladiny podzemnej vody - zatopenie pivničných priestorov pri výstavbe, prípadne prevádzke budovy - pravdepodobnosť výskytu 30%
3.1. Vybavenie pre geotechnický prieskum a r	Chyba pri vykonávaní prieskumných prác	2.4. Pri bezjadrovom vŕtaní sa neodoberie neporušená vzorka zeminy a určia savyššie deformačné a pevnostné zemín ako v skutočnosti - sadnutie, porušenie základovej konštrukcie - pravdepodobnosť výskytu 20%

CÓDIGO: E3

ZDROJ RIZIKA	UDALOSŤ RIZIKA	MOŽNÉ PRÍČINY VZNIKU RIZIKOVEJ UDALOSTI
1.5. Personál pre návrh a výpočet konštrukcie	Chyba pri analýze výsledkov	3.1. Technická chyba personalu z dôvodu nedostatku skúsenosti. Analýzu výsledkov vykonáva neskúsený pracovník/kolektív. Analýzu vykonáva statik a nie geotechnik. Tab.3-Mierna Tab.4-Značný vplyv Tab.5-Značný
1.5. Personál pre návrh a výpočet konštrukcie	Chyba pri spracovaní geot. návrhu pre stavbu	3.2. Technická chyba personalu z dôvodu nedostatku skúsenosti. Spracovanie návrhu vykonáva neskúsený pracovník/kolektív. Analýzu vykonáva statik a nie geotechnik. Tab.3-Nízka Tab.4-Vážny vplyv Tab.5-Vysoký
1.6. Personál pre geotechnický prieskum stav	Chyba pri vytvorení projektu IG prieskumu	3.3. Technická chyba personalu z dôvodu nedostatku skúsenosti. Vytvorením projektu je poverený neskúsený pracovník/kolektív. Vytvorenie projektu je veľakrát na geológovi bez prítomnosti statika, resp. geotechnika, ktorý má informácie o hornej konštrukcii resp. prenose zaťaženia do podlažia. Tab.3-Vysoká Tab.4-Malý vplyv Tab.5-Nízky
1.6. Personál pre geotechnický prieskum stav	Chyba pri vykonávaní prieskumných prác	3.4. Technická chyba personalu z dôvodu nedostatku skúsenosti. Vykonaním prieskumných prác je poverený neskúsený pracovník/kolektív. Tab.3-Nízka Tab.4-Malý vplyv Tab.5-Nízky
1.9. Stavebný dozor	Chyba pri geotechnickej kontrole a monitoringu	3.5. Technická chyba personalu z dôvodu nedostatku skúsenosti. Realizáciou geotechnickej kontroly je poverený neskúsený pracovník/kolektív. Tab.3-Nízka Tab.4-Značný vplyv Tab.5-Značný
2.1. Legislatívny, normatívny rámec a odporúčania	Chyba pri spracovaní geot. návrhu pre stavbu	3.6. Technická normatíva je nevhodne navrhnutá na riešenie reálnych úloh pri spracovaní geotechnického návrhu. Vstupné normované parametre do geotechnických výpočtov povolia stanoviť neprimerane vysoký stupeň bezpečnosti, čo spôsobuje neefektívnosť návrhu. Tab.3-Zanedbateľná Tab.4-Značný vplyv Tab.5-Značný
2.2. Procesy navrhovania a metódy výpočtu	Chyba pri analýze výsledkov	3.7. Použitie procesy navrhovania nezaručujú spoľahlivosť daných výsledkov. Tab.3-Nízka Tab.4-Vážny vplyv Tab.5-Vysoký
2.2. Procesy navrhovania a metódy výpočtu	Chyba pri spracovaní geot. návrhu pre stavbu	3.8. Bezne používané výpočtové metódy nezaručujú bezpečnosť a spoľahlivosť návrhu. Tab.3-Nízka Tab.4-Vážny vplyv Tab.5-Vysoký
2.3. Procesy a metódy geotechnického prieskumu	Chyba pri vytvorení projektu IG prieskumu	3.9. Planované procesy a metódy geotechnického prieskumu nie sú optimálne navrhnuté na danú inžiniersko-geologickú lokalitu a pre danú stavebnú konštrukciu. Tab.3-Vysoká Tab.4-Malý vplyv Tab.5-Nízky
2.3. Procesy a metódy geotechnického prieskumu	Chyba pri vykonávaní prieskumných prác	3.10. Odchyľka v meraniach spôsobená nevhodným postupom geotechnického prieskumu. Tab.3-Nízka Tab.4-Malý vplyv Tab.5-Nízky
2.5. Procesy pre kontrolu stavby	Chyba pri geotechnickej kontrole a monitoringu	3.11. Neefektívne procesy pre kontrolu stavby. Tab.3-Nízka Tab.4-Značný vplyv Tab.5-Značný
2.7. Ceny, termíny a rozsah prác	Chyba pri vytvorení projektu IG prieskumu	3.12. Nedostatočný rozsah prieskumných prác z dôvodu nízkej ponukovej ceny projektu. Tab.3-Vysoká Tab.4-Malý vplyv Tab.5-Nízky
2.7. Ceny, termíny a rozsah prác	Chyba pri spracovaní geot. návrhu pre stavbu	3.13. Nedostatočný rozsah výpočtových riešení z dôvodu nedostatočného času pre ich

		realizaci. Tab.3-Nízka Tab.4-Značný vplyv Tab.5-Značný
3.1. Vybavenie pre geotechnický prieskum a	Chyba pri vykonávaní prieskumných prác	3.14. Zastaralost technickeho vybavenia. Tab.3-Nízka Tab.4-Malý vplyv Tab.5-Nízky

CÓDIGO: E4

ORIGEN DE RIESGO	EVENTO DE RIESGO	POSIBLES CAUSAS DEL EVENTO DE RIESGO DETERMINADO
1.6. Equipos de investigación de terreno	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en programación de reconocimiento de	4.1. Generalización de métodos estandar de programación
1.8. Equipos de ejecución de obras geotéc	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	
2.3.Procesos y métodos de investigación d	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	4.2. Generalización de conclusiones
2.3.Procesos y métodos de investigación d	Fallo en el control y supervisión	4.3. y 4.5. Casos de personal técnico sin experiencia a pie de obra o de laboratorio
2.7. Coste, plazo y alcance de trabajos	Fallo en el control y supervisión	4.4. Precios a la baja, dan problemas de cumplimiento de planificación y lotes de control

CÓDIGO: E5

ORIGEN DE RIESGO	EVENTO DE RIESGO	POSIBLES CAUSAS DEL EVENTO DE RIESGO DETERMINADO
1.1. Cliente/Promotor	Fallo en programación de reconocimiento de	5.1. Escaso interés económico y falta de dirección técnica
1.2. Administración pública	Fallo en programación de reconocimiento de	5.1. Escaso interés económico y falta de dirección técnica
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en programación de reconocimiento de	5.2. Falta de preparación. Excesiva orientación a la gestión, olvido del área conceptual
2.1. Marco legislativo, normativo	Fallo en programación de reconocimiento de	5.3. Ignorancia, lagunas, desconocimiento, normativa mal aplicada
1.6. Equipos de investigación de terreno	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	5.4. Falta de preparación, equipos no aptos.
2.4. Procesos de ejecución	Fallo en el control y supervisión	5.5. Escaso interés económico y falta de dirección adecuada en obras privadas
2.6. Modelos de contratación	Fallo en el control y supervisión	5.6. Terreno de nadie, controvertido, sin interlocutor unico
2.7. Coste, plazo y alcance de trabajos	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	5.7. y 5.11. Falta de plazos y presupuestos adecuados.
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	5.8. Ignorancia y falta de preparación
2.1. Marco legislativo, normativo	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	5.9. Lagunas importantes en la normativa ante ciertos problemas que superan el proyecto
1.10. Organismos de control técnico	Fallo en programación de reconocimiento de	5.10. Falta de preparación.

CÓDIGO: E6

ORIGEN DE RIESGO	EVENTO DE RIESGO	POSIBLES CAUSAS DEL EVENTO DE RIESGO DETERMINADO
1.1. Cliente/Promotor	Fallo en programación de reconocimiento de	6.1. 1.1 (extensible a 1.2 y a 1.4) Restringir el presupuesto de prospección y ensayos. PROB. BAJA; INFL. CONSIDERABLE; A.DE COSTE CONSIDERABLE
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en programación de reconocimiento de	6.2. 1.1 (extensible a 1.2 y a 1.4) Restringir el presupuesto de prospección y ensayos. PROB. DESPRECIABLE; INFL. CONSIDERABLE; A. DE COSTE BAJO
1.6. Equipos de investigación de terreno	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	6.3. 1.6 Fallo de calidad en la prospección. PROB. BAJA; INFL. CONSIDERABLE; A. DE COSTE CONSIDERABLE
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	6.4. 1.7 Fallo de correlación entre los datos de prospección y la geología de superficie. PROB. CONSIDERABLE; INFL. POCA; A. DE COSTE CONSIDERABLE
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	6.5. 1.7 Recomendaciones de cimentación inadecuadas o confusas. PROB. BAJA; INFL. SERIA; A.. DE COSTE ALTO
1.8. Equipos de ejecución de obras geotécnicas	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	6.6. 1.8 Mala identificación sobre el terreno de las recomendaciones de cimentación. PROB. BAJA; INFL. CONSIDERABLE; A. DE COSTE ALTO
1.9. Equipos de control de calidad	Fallo en el control y supervisión	6.7. 1.9 Aplicación automática de las recomendaciones contenidas en los manuales de calidad sin contrastar las características del terreno. PROB. ALTA; INFL. POCA; A. DE COSTE BAJO
1.10. Organismos de control técnico	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	6.8. 1.10 Mala comprensión de las recomendaciones de cimentación. PROB.DESPRECIABLE; INFL. SERIA; A. DE COSTE ALTO
1.10. Organismos de control técnico	Fallo en el control y supervisión	6.9. 1.10 Dejación de funciones o subplantación de cometidos sin conocimiento directo de RT. PROB. BAJA; INFL. SERIA; A. DE COSTE ALTO
1.11. Personal universitario y de I+D+i	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	6.10. 1.11 Tratar de adecuar el terreno a las clasificaciones sin considerar los elementos específicos de cada caso. PROB. ALTA; INFL. POCA; A. DE COSTE DESPRECIABLE
2.2. Procesos de diseño y métodos de cálculo	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	6.11. 2.2 Fe ciega en procesos y métodos sin considerar los índices de error inherentes a su aplicación al medio natural. PROB.BAJA; INFL. POCA; A. DE COSTE BAJO
2.4. Procesos de ejecución	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	6.12. 2.4 Variar la situación de la prospección por dificultades de acceso sin dar cuenta de ello. PROB. DESPRECIABLE; INFL. SERIA; A DE COSTE ALTO
2.5. Procesos de control y supervisión	Fallo en el control y supervisión	6.13. 2.5 Limitación en número del personal de control con riesgo de ejecución de tajos problemáticos precisamente en los momentos que el control no existe. PROB.BAJA; INFL. CONSIDERABLE; A. DE COSTE CONSIDERABLE
2.6. Modelos de contratación	Fallo en programación de reconocimiento de	6.14. 2.6 Falta de flexibilidad para el cambio de la programación de la prospección o de los ensayos cuando los primeros datos obtenidos no se ajustan a lo previsto. PROB. ALTA; INFL. POCA; A. DE COSTE BAJO
3.1. Sistemas de prospección y auscultación	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	6.15. 3.1 Intentar obtener conclusiones más amplias de las que el equipo permita. PROB. BAJA; INFL. CONSIDERABLE; A DE COSTE CONSIDERABLE
3.2. Programas informáticos de cálculo	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	6.16. 3.1 En general la exigencia de valores paramétricos totalmente definidos a introducir sin

		admitir campos de variación. PROB. ALTA; INFL. POCA; A DE COSTE BAJO
3.3. Equipos tecnológicos y maquinaria	Fallo en el control y supervisión	6.17. 3.3 A veces se ejecutan obras con maquinaria distinta a la recomendada que pueden alterar las condiciones del terreno. PROB. BAJA; INFL. CONSIDERABLE; A. DE COSTECONSIDERABLE
3.4. Materiales utilizados	Fallo en el control y supervisión	6.18. 3.4 El constructor suele tener claro que no puede variar los materiales estructurales pero casi siempre trata de ahorrar en los trabajos de mejora de la calidad del terreno. PROB. CONSIDERABLE; INFL. CONSIDERABLE; a. DE COSTE CONSIDERABLE

CÓDIGO: E7

Parte 1:

ZDROJ RIZIKA	UDALOSŤ RIZIKA	MOŽNÉ PRÍČINY VZNIKU RIZIKOVEJ UDALOSTI
1.5. Personál pre návrh a výpočet konštrukcie	Chyba pri analýze výsledkov	7.1. Nedostatočne kvalifikovaný (skúsený) projektant.
1.6. Personál pre geotechnický prieskum stavby	Chyba pri vytvorení projektu IG prieskumu	7.2. Nedostatočne kvalifikovaný personál, ktorý vyhodnocoval výsledky prieskumu.
1.1. Klient/Staviteľ	Chyba pri analýze výsledkov	7.3. Nevhodne zvolená technológia výstavby ovplyvnená komerčnými (cenovými) vplyvmi zo strany investora.
2.7. Ceny, termíny a rozsah prác	Chyba pri spracovaní geot. návrhu pre stavbu	7.4. Nevhodne navrhnutá stavebná konštrukcia.
1.8. Personál pre kontrolu kvality stavby	Chyba pri analýze výsledkov	7.5. Nekvalifikovaný prístup investora.
1.4. Projekt manažér	Chyba pri spracovaní geot. návrhu pre stavbu	7.6. Nevhodne navrhnutá stavebná konštrukcie.
3.4. Použité materiály	Chyba pri spracovaní geot. návrhu pre stavbu	7.7. Nevhodne použité a spracované stavebné materiály.
2.4. Stavebné procesy	Vyberte prosím	7.8. Chyba pri realizácii stavby - Nevhodná technológia výstavby.
3.2. Výpočtové programy	Chyba pri spracovaní geot. návrhu pre stavbu	7.9. Nevhodne použitý výpočtový model a program.
3.2. Výpočtové programy	Chyba pri spracovaní geot. návrhu pre stavbu	7.10. Nevhodne zvolené vstupné parametre a okrajové podmienky riešenia.
2.5. Procesy pre kontrolu stavby	Chyba pri geotechnickej kontrole a monitoringu	7.11. Zanedbanie (nevykonávanie) predpísaných meraní.
2.5. Procesy pre kontrolu stavby	Chyba pri geotechnickej kontrole a monitoringu	7.12. Nekvalifikovaná interpretácia nameraných hodnôt.
1.2. Verejná správa	Chyba pri spracovaní geot. návrhu pre stavbu	7.13. Nekvalifikovaný personál, ktorý rozhoduje o umiestnení stavby.
1.2. Verejná správa	Chyba pri analýze výsledkov	7.14. Nekvalifikovaný prístup k predloženému projektu stavby.

Parte 2:

ZDROJ RIZIKA	UDALOSŤ RIZIKA	MOŽNÉ PRÍČINY VZNIKU RIZIKOVEJ UDALOSTI
1.1. Klient/Staviteľ	Chyba pri vytvorení projektu IG prieskumu	7.15. Snaha investora o minimalizáciu nákladov na prieskum.
1.1. Klient/Staviteľ	Chyba pri geotechnickej kontrole a monitoringu	7.16. Snaha investora o šetrenie nákladov na realizáciu stavby a monitoring počas užívania stavby.
1.6. Personál pre stavebné práce	Vyberte prosím	7.18. Chyby pri realizácii stavby - Nedodržanie projektu a technológie výstavby.
1.7. Geotechnický konzultant	Chyba pri spracovaní geot. návrhu pre stavbu	7.19. Nevhodne navrhnutá stavebná konštrukcia.
1.8. Personál pre kontrolu kvality stavby	Chyba pri geotechnickej kontrole a monitoringu	7.20. Nekvalifikovaný personál (špecialista geotechnik).
1.9. Stavebný dozor	Chyba pri geotechnickej kontrole a monitoringu	7.21. Nevhodne zvolená podriadenosť staveb. dozora dodávateľovi (mal byť nezávislý od dodávateľa).
2.1. Legislatívny, normatívny rámec a odporúčania	Chyba pri spracovaní geot. návrhu pre stavbu	7.22. Nedodržovanie noriem a predpisov týkajúcich sa výstavby stavebnej konštrukcie.
2.3. Procesy a metódy geotechnického prieskumu	Chyba pri vykonávaní prieskumných prác	7.23. Nevhodne zvolená technológia prieskumných prác (zlá metóda odberu neporušených vzoriek a pod.).
2.4. Stavebne procesy	Chyba pri analýze výsledkov	7.24. Nevhodne zvolené stavebné procesy a ich časová návaznosť má nepriaznivé dôsledky na stabilitu realizovanej stavebnej konštrukcie.
2.6. Modely obstarávania	Chyba pri spracovaní geot. návrhu pre stavbu	7.25. Snaha po minimalizácii ceny stavebných prác.
2.7. Ceny, termíny a rozsah prác	Chyba pri analýze výsledkov	7.26. Časový stres (termíny) a cena za práce sa nepriaznivo odrazí na kvalite a spoľahlivosti realizovaných prác.
3.3. Technologické zariadenia	Vyberte prosím	7.27. Chyby pri realizácii stavby - Nevhodne zvolená technológia výstavby geotechnických konštrukcií.
3.4. Použité materiály	Chyba pri vykonávaní prieskumných prác	7.28. Nevhodne zvolené materiály pre výstavbu a ich technologické spracovanie (najmä zemina ako stavebný materiál)
Iný zdroj	Chyba pri spracovaní geot. návrhu pre stavbu	7.29. Pri výstavbe stavebných konštrukcií môže prísť k zmene inžiniersko-geologických podmienok - napr. zmena úrovne hladiny podzemnej vody.

CÓDIGO: E8

ORIGEN DE RIESGO	EVENTO DE RIESGO	POSIBLES CAUSAS DEL EVENTO DE RIESGO DETERMINADO
2.2. Procesos de diseño y métodos de cálculo	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	8.1. Empleo de formulaciones de cálculo inadecuadas para el tipo de terreno detectado (p.e. empleo de resultados de golpes para terrenos arcillosos)
2.2. Procesos de diseño y métodos de cálculo	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	8.2. Falsos rechazos. El empleo de resultados de penetrómetros en terrenos con bolos o rocas es inadecuado. Probabilidad (baja), seriamente influye, impacto alto si se dan por buenos falsos rechazos.
2.7. Coste, plazo y alcance de trabajos	Fallo en programación de reconocimiento de	8.3. El alcance de la campaña de campo o laboratorio debe cumplir, como mínimo, normativa vigente y se ha de adecuar al terreno. Sería un riesgo limitar la campaña para reducir el precio del Estudio Geotécnico o no efectuar análisis (por ejemplo de agresividad) en obras pequeñas. Probabilidad baja. Influencia considerable. Impacto alto.
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	8.4. El CTE indica que el Estudio Geotécnico lo ha de firmar un "técnico competente", si bien no indica cuáles son las condiciones (por ejemplo, titulación) que hacen que un técnico sea competente. Probabilidad baja. Influencia considerable. Impacto considerable.
1.8. Equipos de ejecución de obras geotécnicas	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	8.5. En algunos casos, se condicionan algunas recomendaciones, a lo que se observe en la ejecución y, en ejecución, al autor del Estudio Geotécnico no es consultado. Por ejemplo, en la recomendación del tipo de pilotaje (con contención del terreno o no). Probabilidad considerable. Seriamente influye. Impacto alto.

CÓDIGO: E9

ORIGEN DE RIESGO	EVENTO DE RIESGO	POSIBLES CAUSAS DEL EVENTO DE RIESGO DETERMINADO
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	9.1. Análisis incorrecto de los datos porque no están bien aplicados a la obra concreta. Muchas recomendaciones son genéricas y no se particularizan para el caso real
2.4. Procesos de ejecución	Fallo en el control y supervisión	9.2. No se ejecuta en obra lo indicado en Proyecto
2.2. Procesos de diseño y métodos de cálculo	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	9.3. Modelos de cálculo mal realizados. No se analizan en detalle los resultados que se obtienen

CÓDIGO: E10

ORIGEN DE RIESGO	EVENTO DE RIESGO	POSIBLES CAUSAS DEL EVENTO DE RIESGO DETERMINADO
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en programación de reconocimiento de	Falta de competencia en temas geotécnicos por parte de la dirección integrada del proyecto. Exige el cumplimiento de CTE, sin considerar otros documentos más aptos para determinadas circunstancias geotécnicas.
1.5. Equipos de diseño y cálculo	Fallo en programación de reconocimiento de	Falta de competencia en temas geotécnicos por parte de equipos de diseño y cálculo. Exige el cumplimiento de CTE, sin considerar otros documentos más aptos para determinadas circunstancias geotécnicas.
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en programación de reconocimiento de	Falta de competencia en temas geotécnicos por parte de los equipos de consultoría geotécnica. Exige el cumplimiento de CTE, sin considerar otros documentos más aptos para determinadas circunstancias geotécnicas.
1.6. Equipos de investigación de terreno	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	No registrar el emplazamiento de los ensayos "in situ" (sondeos, calicatas, etc.). La información obtenida sin conocer posicionamiento exacto del ensayo y de la recogida de muestras que no permiten programación adicional correcta de los ensayos geotécnicos posteriores ni análisis correcto de los datos obtenidos.
2.6. Modelos de contratación	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	Contrato de trabajos de investigación geotécnica "in situ" (sobre todo los sondeos) basado en el precio por un metro de perforación. Resultado: El proveedor de ensayos los ejecuta lo más rápido posible para ahorrar el coste del equipo de perforación, y muchas veces el resultado son muestras alteradas que no corresponden con las condiciones reales del terreno. Los valores de los parámetros geotécnicos pueden generar una obra sobredimensionada.
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en programación de reconocimiento de	Falta de comunicación entre las partes involucradas del proyecto geotécnico. La programación de la campaña de investigación no corresponde con las condiciones del terreno y las características de la obra. La información resulta ser inapta tanto para el calculista como para los equipos de ejecución.
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en programación de reconocimiento de	El posicionamiento (replanteo) de los sondeos y calicatas inadecuado. No corresponde con el futuro posicionamiento de los elementos de cimentación/contención y no permite reflejar correctamente el perfil geológico-geotécnico del sitio.
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en programación de reconocimiento de	La estrategia "minimalista" de investigación geotécnica. El presupuesto destinado para la ejecución del conjunto de los ensayos geotécnicos "in situ" y de laboratorio insuficiente. No permite obtener datos geotécnicos fiables. Resulta que los equipos de investigación del terreno optan por el uso de equipos y procedimientos más económicos para los ensayos que no siempre proporcionan datos fiables.
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en programación de reconocimiento de	El plazo de ejecución del conjunto de los ensayos geotécnicos "in situ" y de laboratorio insuficiente. No permite obtener datos geotécnicos fiables. Existen varios procedimientos para ensayos y/u observaciones geotécnicas que necesitan más tiempo para dar resultados fiables. Sin embargo, los plazos que exige la dirección del proyecto no permiten que estos se lleven a

		cabo correctamente.
1.3. Partes afectadas	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	Expropiación de los terrenos no acordada en el momento de los ensayos geotécnicos. A los equipos de investigación de terreno no se les permite ejecutar los ensayos correspondientes a la fase del proyecto y acordados en la fase de programación de los reconocimientos.
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	Expropiación de los terrenos no acordada en el momento de los ensayos geotécnicos. A los equipos de investigación de terreno no se les permite ejecutar los ensayos correspondientes a la fase del proyecto y acordados en la fase de programación de los reconocimientos.
1.6. Equipos de investigación de terreno	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	Uso de los penétrometros "ligeros" no adecuados que con frecuencia suelen producir falsos rechazos de golpeo. Afecta directamente la fase posterior de análisis de los datos geotécnicos.
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en programación de reconocimiento de	La profundidad de sondeos no se cambia con el cambio de la documentación de diseño de proyecto.
1.6. Equipos de investigación de terreno	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	No registrar con resolución adecuada la cota de boca de los sondeos. Básicamente surge cuando se utilizan planos de proyecto de grandes escalas que dan errores, incluso el uso de GPS si es de baja resolución también puede dar errores significativos, o no emplear el sistema de tres coordenadas (x, y, z) cuando se trata de grandes extensiones. Posteriormente, en la fase de análisis de datos geotécnicos es difícil dibujar correctamente los perfiles geológicos-geotécnicos para los cálculos de diseño de la obra.
1.6. Equipos de investigación de terreno	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	El replanteo de los sondeos no acorde con la programación de los reconocimientos. Cambio de inclinación, cambio de posicionamiento de los sondeos según lo definido.
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en programación de reconocimiento de	El informe geotécnico no contiene recomendaciones que son importantes para el diseño y/o ejecución de ciertos elementos del proyecto. Puede ocurrir esta situación sobre todo cuando se trata de las obras de movimiento de tierras. No se ejecuta estudio correspondiente a las características de los materiales de relleno.
1.6. Equipos de investigación de terreno	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	Ensayos de laboratorio (presión de hinchamiento, ángulo de rozamiento, cohesión) no simulan las condiciones reales de interacción terreno-estructura y diferentes estados de carga de terreno para las fases de ejecución, explotación y mantenimiento de obra. Por motivo de precio y plazo, se aplican procedimientos rutinarios iguales para todos los casos ejecutando ensayos más baratos y más rápidos para medir los parámetros de ángulo de rozamiento y cohesión.
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en programación de reconocimiento de	Los valores del ángulo de rozamiento, presión de hinchamiento, y la cohesión obtenidos a través de los ensayos en laboratorio inadecuados para dadas circunstancias geotécnicas e introducidos a los cálculos geotécnicos sin entender las posibilidades reales de su aplicación. Falta de entendimiento de la mecánica de suelos por parte del proyectista-consultor geotécnico.
1.5. Equipos de diseño y cálculo	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	Fallo en la interpretación de resultados de los ensayos de rocas tipo RMR y presentados según la clasificación de Bienavski. Las descripciones cualitativas de las rocas tienden a confundir al promotor/DIP/proyectista no experto en geotecnia. La calidad de roca definida como "pobre (poor)" puede ser completamente apta para la cimentación de superestructura o relleno. Sin embargo, cliente exige la calidad de roca definida por Bienavski como "buena (good)". El resultado es el sobredimensionamiento de obra y aumento del coste de proyecto.
1.11. Personal universitario y de I+D+i	Fallo en programación de reconocimiento de	Formación de "ingeniero de manual" o "ingeniero de programas" sin conocimiento de la mecánica del terreno suficiente. Programa de enseñanza universitaria que no permite dar

		conocimientos adecuados al ingeniero especialista en geotecnia.
1.11. Personal universitario y de I+D+i	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	Formación de "ingeniero de manual" o "ingeniero de programas" sin conocimiento de la mecánica del terreno suficiente. Programa de enseñanza universitaria que no permite dar conocimientos adecuados al ingeniero especialista en geotecnia.
1.11. Personal universitario y de I+D+i	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	Formación de "ingeniero de manual" o "ingeniero de programas" sin conocimiento de la mecánica del terreno suficiente. Programa de enseñanza universitaria que no permite dar conocimientos adecuados al ingeniero especialista en geotecnia.
1.11. Personal universitario y de I+D+i	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	Formación de "ingeniero de manual" o "ingeniero de programas" sin conocimiento de la mecánica del terreno suficiente. Programa de enseñanza universitaria que no permite dar conocimientos adecuados al ingeniero especialista en geotecnia.
1.11. Personal universitario y de I+D+i	Fallo en el control y supervisión	Formación de "ingeniero de manual" o "ingeniero de programas" sin conocimiento de la mecánica del terreno suficiente. Programa de enseñanza universitaria que no permite dar conocimientos adecuados al ingeniero especialista en geotecnia.
1.7. Equipos de consultoría geotécnica	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	Recomendaciones demasiado generalistas, o poco concretas respectivamente. Consultor de geotecnia busca evitar la responsabilidad penal en el caso de un fallo técnico. Durante la ejecución de la obra es necesario concretar dadas recomendaciones lo que suele provocar el aumento de coste y plazo.
1.4. Dirección Integrada de Proyecto	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	Redacción de informe geotécnico inadecuada. Los objetivos de informe geotécnico no se vinculan con las recomendaciones finales del mismo. No se definen claramente los objetivos, funciones y responsabilidades por el desarrollo del informe geotécnico según cada fase de proyecto.

E.5. Registro de escenarios de riesgo final

CÓDIGO DEL ESCENARIO	EVENTO DE RIESGO	ORIGEN DE RIESGO	POSIBLES CAUSAS CODIFICADAS DEL EVENTO DE RIESGO (FUENTE DE INFORMACIÓN SOBRE LA CAUSA)
E1.O1.7.C1	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	1.7. EQUIPOS DE CONSULTORÍA GEOTÉCNICA	No emplear redundancia en la planificación de programa de reconocimiento de terreno. (D6.1., D8.3.)
E1.O1.7.C2	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	1.7. EQUIPOS DE CONSULTORÍA GEOTÉCNICA	Falta de buen conocimiento de la geología por el ingeniero responsable de elaboración de estudio geotécnico. (D6.2., D12.9.)
E2.O1.6.C2	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	1.6. EQUIPOS DE INVESTIGACIÓN DE TERRENO	Falta de buen conocimiento de la geología por el ingeniero responsable de elaboración de estudio geotécnico. (D6.2., D12.9.)
E1.O1.7.C3	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	1.7. EQUIPOS DE CONSULTORÍA GEOTÉCNICA	Alcance y contenido de trabajos de investigación según la fase de proyecto no adecuado. (D8.1, D3.1., D10.3., E2.1., D7.1., E3.9., D8.6.)
E1.O1.7.C4	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	1.7. EQUIPOS DE CONSULTORÍA GEOTÉCNICA	Cambio de la ubicación de obra después de ejecutar la IT. En el sitio nuevo se esperan erróneamente condiciones del terreno similares. (D8.2.)
E2.O1.6.C.5	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	1.6. EQUIPOS DE INVESTIGACIÓN DE TERRENO	Datos insuficientes de ensayos en laboratorio (D8.19.)
E2.O1.4.C.6	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	1.4. DIRECCIÓN INTEGRADA DE PROYECTO	Falta de colaboración entre el personal de investigación de terreno y equipos de consultoría geotécnica, y el equipo de diseño y cálculo. (D12.1., E1.6.)
E3.O1.4.C.6	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	1.4. DIRECCIÓN INTEGRADA DE PROYECTO	Falta de colaboración entre el personal de investigación de terreno y equipos de consultoría geotécnica, y el equipo de diseño y cálculo. (D12.1., E1.6.)
E4.O1.4.C.6	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	1.4. DIRECCIÓN INTEGRADA DE PROYECTO	Falta de colaboración entre el personal de investigación de terreno y equipos de consultoría geotécnica, y el equipo de diseño y cálculo. (D12.1., E1.6.)
E1.O1.7.C.7	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	1.7. EQUIPOS DE CONSULTORÍA GEOTÉCNICA	Clasificación errónea de los suelos. Falta de ensayos de laboratorio durante el reconocimiento de terreno. (D6.3, D12.10.)
E1.O1.7.C.8	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	1.7. EQUIPOS DE CONSULTORÍA GEOTÉCNICA	Uso insuficiente de varios métodos de ensayo y medición mutuamente complementarios. (D8.4., D10.8., D12.2.)
E1.O1.7.C.9	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	1.7. EQUIPOS DE CONSULTORÍA GEOTÉCNICA	Emplazamiento incorrecto de los sondeos y del resto de ensayos, que no reflejan la evolución geológica del sitio. (D8.5., D8.7., D8.8., E10.7.)
E2.O1.6.C.10.	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	1.6. EQUIPOS DE INVESTIGACIÓN DE TERRENO	Número insuficiente de los sondeos. (D10.1.)
E2.O1.6.C.11.	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	1.6. EQUIPOS DE INVESTIGACIÓN DE TERRENO	Calidad insuficiente de los sistemas de medición y observación geotécnicas. (D2.1., D3.4., E6.3.)
E1.O1.7.C.12.	Fallo en programación de	1.7. EQUIPOS DE	Profundidad insuficiente de los sondeos. (D8.9., D10.2., E2.2., E10.12.)

	reconocimiento de terreno	CONSULTORÍA GEOTÉCNICA	
E2.O1.6.C.12.	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	1.6. EQUIPOS DE INVESTIGACIÓN DE TERRENO	Profundidad insuficiente de los sondeos. (D8.9., D10.2., E2.2., E10.12.)
E1.O1.7.C.13.	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	1.7. EQUIPOS DE CONSULTORÍA GEOTÉCNICA	No se reflejan elementos estructurales sustanciales de macizo rocoso. (D8.10.)
E2.O1.4.C.14.	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	1.4. DIRECCIÓN INTEGRADA DE PROYECTO	Los proveedores de perforación de sondeos carecen de formación adecuada. (D6.5.)
E2.O1.4.C.15.	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	1.4. DIRECCIÓN INTEGRADA DE PROYECTO	Falta del plan de localización de ensayos. Los proveedores de perforación de sondeos no son informados que se espera de ellos. (D6.11., D10.4.)
E1.O1.7.C.15.	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	1.7. EQUIPOS DE CONSULTORÍA GEOTÉCNICA	Falta del plan de localización de ensayos. Los proveedores de perforación de sondeos no son informados que se espera de ellos. (D6.11., D10.4.)
E2.O1.4.C.16.	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	1.4. DIRECCIÓN INTEGRADA DE PROYECTO	El proveedor de perforación no informa y no registra las observaciones que pueden ser importantes desde el punto de vista geotécnico. (D6.15., D12.3., E10.4.)
E2.O1.6.C.16.	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	1.6. EQUIPOS DE INVESTIGACIÓN DE TERRENO	El proveedor de perforación no informa y no registra las observaciones que pueden ser importantes desde el punto de vista geotécnico. (D6.15., D12.3., E10.4.)
E5.O1.10.C.17.	Fallo en el control y supervisión	1.10. ORGANISMOS DE CONTROL TÉCNICO Y SUPERVISIÓN	Las muestras del terreno disponibles no inspeccionadas por un ingeniero responsable. (D6.6., D12.6.)
E2.O1.7.C.17.	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	1.7. EQUIPOS DE CONSULTORÍA GEOTÉCNICA	Las muestras del terreno disponibles no inspeccionadas por un ingeniero responsable. (D6.6., D12.6.)
E1.O1.7.C.18.	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	1.7. EQUIPOS DE CONSULTORÍA GEOTÉCNICA	Pérdida de la información relacionada con la memoria histórica de la zona (proyectos anteriores relacionados con el sitio). (D7.3.)
E1.O1.7.C.19.	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	1.7. EQUIPOS DE CONSULTORÍA GEOTÉCNICA	Confusiones de la terminología en la redacción del informe geotécnico (expresiones tipo jerga, ambigüedades, etc.) (D2.2., D5.2., E6.5.)
E2.O1.7.C.19.	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	1.7. EQUIPOS DE CONSULTORÍA GEOTÉCNICA	Confusiones de la terminología en la redacción del informe geotécnico (expresiones tipo jerga, ambigüedades, etc.) (D2.2., D5.2., E6.5.)
E3.O1.7.C.19.	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	1.7. EQUIPOS DE CONSULTORÍA GEOTÉCNICA	Confusiones de la terminología en la redacción del informe geotécnico (expresiones tipo jerga, ambigüedades, etc.) (D2.2., D5.2., E6.5.)
E4.O1.7.C.19.	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	1.7. EQUIPOS DE CONSULTORÍA GEOTÉCNICA	Confusiones de la terminología en la redacción del informe geotécnico (expresiones tipo jerga, ambigüedades, etc.) (D2.2., D5.2., E6.5.)
E5.O1.7.C.19.	Fallo en el control y supervisión	1.7. EQUIPOS DE CONSULTORÍA GEOTÉCNICA	Confusiones de la terminología en la redacción del informe geotécnico (expresiones tipo jerga, ambigüedades, etc.) (D2.2., D5.2., E6.5.)
E4.O1.7.C.20	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	1.7. EQUIPOS DE CONSULTORÍA GEOTÉCNICA	No entendimiento de las recomendaciones a la ejecución de obras de estabilidad y de cimentación por parte del contratista de obras. (D5.1., E6.8.)
E4.O1.7.C.21	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	1.7. EQUIPOS DE CONSULTORÍA GEOTÉCNICA	Omisión de la información importante para dar recomendaciones geotécnicas al diseño de cimentación, mejora del terreno y/o obras de estabilización. (D4.1.)
E3.O1.7.C.22	Fallo en el análisis de datos	1.7. EQUIPOS DE	Decisiones conservativas sobre los parámetros geotécnicos de diseño. (D2.6.)

	geotécnicos	CONSULTORÍA GEOTÉCNICA	
E3.O1.7.C.23	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	1.7. EQUIPOS DE CONSULTORÍA GEOTÉCNICA	Parámetros mecánicos del terreno para el diseño inadecuadamente determinados. (D8.11., D2.9., D10.7., E2.6.)
E3.O1.7.C.24	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	1.7. EQUIPOS DE CONSULTORÍA GEOTÉCNICA	Parámetros mecánicos del terreno para el cálculo determinados con un rango muy disperso y muy grande. (D8.12.)
E3.O1.7.C.25	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	1.7. EQUIPOS DE CONSULTORÍA GEOTÉCNICA	Parámetros mecánicos del terreno para el cálculo determinados bajo condiciones desconocidas. (D8.13.)
E3.O1.7.C.26	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	1.7. EQUIPOS DE CONSULTORÍA GEOTÉCNICA	El perfil geológico-geotécnico no corresponde a la realidad. (D8.14., E6.4., D11.1.)
E3.O1.7.C.27	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	1.7. EQUIPOS DE CONSULTORÍA GEOTÉCNICA	En considerar la interacción entre el terreno y estructura, no se toma suficientemente en cuenta tanto la manera de actuación (la acción) de la estructura sobre el terreno como la respuesta de la estructura a las deformaciones del terreno. (D8.15.)
E3.O1.7.C.28	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	1.7. EQUIPOS DE CONSULTORÍA GEOTÉCNICA	Selección de muestras extraídas de perforación no correcta. Se han seleccionado solo las muestras de mejor calidad. (D8.16.)
E1.O1.7.C.29	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	1.7. EQUIPOS DE CONSULTORÍA GEOTÉCNICA	No considerar cambios estacionales de nivel freático. (D8.17., D1.2., D7.4., E7.29., D3.3., D12.5.)
E3.O1.7.C.29	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	1.7. EQUIPOS DE CONSULTORÍA GEOTÉCNICA	No considerar cambios estacionales de nivel freático. (D8.17., D1.2., D7.4., E7.29., D3.3., D12.5.)
E3.O1.7.C.30	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	1.7. EQUIPOS DE CONSULTORÍA GEOTÉCNICA	Limites de confianza de los parámetros geotécnicos de diseño determinados de una manera ambigua. (D2.7.)
E3.O1.7.C.31	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	1.7. EQUIPOS DE CONSULTORÍA GEOTÉCNICA	Limites de confianza de los parámetros geotécnicos de diseño no determinados. (D2.8.)
E3.O1.7.C.32	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	1.7. EQUIPOS DE CONSULTORÍA GEOTÉCNICA	Limites de confianza de los parámetros geotécnicos de diseño determinados de una manera no explícita. (D2.10.)
E2.O2.3.C.33	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	2.3. PROCESOS Y MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN DEL TERRENO	Ejecución inadecuada de los ensayos de penetración dentro del agujero de sondeo y con presencia de agua subterránea. No agregar agua a la perforación para equilibrar el agua subterránea proporciona los valores incorrectos. (D7.5.)
E2.O1.6.C.33	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	1.6. EQUIPOS DE INVESTIGACIÓN DE TERRENO	Ejecución inadecuada de los ensayos de penetración dentro del agujero de sondeo y con presencia de agua subterránea. No agregar agua a la perforación para equilibrar el agua subterránea proporciona los valores incorrectos. (D7.5.)
E3.O1.7.C.34	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	1.7. EQUIPOS DE CONSULTORÍA GEOTÉCNICA	Análisis de muestras de terreno incorrecto. (D8.21.)
E2.O1.6.C.35	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	1.6. EQUIPOS DE INVESTIGACIÓN DE TERRENO	Preparación de muestras para ensayos de laboratorio errónea. (D8.22.)
E2.O1.6.C.36	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	1.6. EQUIPOS DE INVESTIGACIÓN DE TERRENO	Complejidad insuficiente de ensayos de laboratorio. (D8.18.)
E2.O1.6.C.37	Fallo en la ejecución de	1.6. EQUIPOS DE	Error técnico de ensayos en laboratorio. (D8.20.)

	ensayos geotécnicos	INVESTIGACIÓN DE TERRENO	
E2.01.6.C.38	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	1.6. EQUIPOS DE INVESTIGACIÓN DE TERRENO	Empleo de ensayos "in situ" no adecuados a las condiciones del terreno. (p.e. el caso de "falso rechazo" de los SPTs) (D6.7., D9.1., E8.2., E10.11.)
E2.03.1.C.38	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	3.1. EQUIPAMIENTO DE PROSPECCIÓN Y SUPERVISIÓN GEOTÉCNICA	Empleo de ensayos "in situ" no adecuados a las condiciones del terreno. (p.e. el caso de "falso rechazo" de los SPTs) (D6.7., D9.1., E8.2., E10.11.)
E1.01.7.C.38	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	1.7. EQUIPOS DE CONSULTORÍA GEOTÉCNICA	Empleo de ensayos "in situ" no adecuados a las condiciones del terreno. (p.e. el caso de "falso rechazo" de los SPTs) (D6.7., D9.1., E8.2., E10.11.)
E2.03.1.C.39	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	3.1. EQUIPAMIENTO DE PROSPECCIÓN Y SUPERVISIÓN GEOTÉCNICA	Tecnología incorrecta de extracción de muestras alteradas o inalteradas. Aplicación de la tecnología de perforación que altere las condiciones geotécnicas reales de terreno. (D8.24., E2.4., E7.23., E2.9., E1.8.)
E2.01.6.C.39	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	1.6. EQUIPOS DE INVESTIGACIÓN DE TERRENO	Tecnología incorrecta de extracción de muestras alteradas o inalteradas. Aplicación de la tecnología de perforación que altere las condiciones geotécnicas reales de terreno. (D8.24., E2.4., E7.23., E2.9., E1.8.)
E5.01.10.C.40	Fallo en el control y supervisión	1.10. ORGANISMOS DE CONTROL TÉCNICO Y SUPERVISIÓN	Faude por parte del proveedor de ensayos "in situ". Los datos del registro de ensayos han sido inventados. (D6.7.)
E2.01.6.C.40	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	1.6. EQUIPOS DE INVESTIGACIÓN DE TERRENO	Faude por parte del proveedor de ensayos "in situ". Los datos del registro de ensayos han sido inventados. (D6.7.)
E2.02.3.C.41	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	2.3. PROCESOS Y MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN DEL TERRENO	Transporte y manipulación no adecuados de muestras extraídas. (D8.26.)
E2.01.6.C.41	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	1.6. EQUIPOS DE INVESTIGACIÓN DE TERRENO	Transporte y manipulación no adecuados de muestras extraídas. (D8.26.)
E4.01.7.C.42	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	1.7. EQUIPOS DE CONSULTORÍA GEOTÉCNICA	Recomendaciones geotécnicas al diseño y ejecución por sólo citar el código sin análisis previo. (D3.5., E6.7.)
E4.02.1.C.42	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	2.1. MARCO LEGISLATIVO, NORMATIVO Y RECOMENDACIONES	Recomendaciones geotécnicas al diseño y ejecución por sólo citar el código sin análisis previo. (D3.5., E6.7.)
E3.02.1.C.43	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	2.1. MARCO LEGISLATIVO, NORMATIVO Y RECOMENDACIONES	Normativa rígida y detallada que no deja al ingeniero espacio suficiente para ejercer su propio juicio. (D3.6.)
E1.02.1.C.44	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	2.1. MARCO LEGISLATIVO, NORMATIVO Y RECOMENDACIONES	Falta de requisitos en la normativa vigente que consideren la extensión, así como la calidad del trabajo de investigación del terreno. (D3.7.)
E5.01.10.C.45	Fallo en el control y	1.10. ORGANISMOS DE	No cumplir las regulaciones, recomendaciones, notas técnicas y normativas referentes a

	supervisión	CONTROL TÉCNICO Y SUPERVISIÓN	la investigación del terreno. (D3.8., E5.3., E7.22., E8.3.)
E2.O1.6.C.45	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	1.6. EQUIPOS DE INVESTIGACIÓN DE TERRENO	No cumplir las regulaciones, recomendaciones, notas técnicas y normativas referentes a la investigación del terreno. (D3.8., E5.3., E7.22., E8.3.)
E1.O1.7.C.45	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	1.7. EQUIPOS DE CONSULTORÍA GEOTÉCNICA	No cumplir las regulaciones, recomendaciones, notas técnicas y normativas referentes a la investigación del terreno. (D3.8., E5.3., E7.22., E8.3.)
E1.O1.1.C.45	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	1.1. CLIENTE/PROMOTOR	No cumplir las regulaciones, recomendaciones, notas técnicas y normativas referentes a la investigación del terreno. (D3.8., E5.3., E7.22., E8.3.)
E4.O1.1.C.45	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	1.1. CLIENTE/PROMOTOR	No cumplir las regulaciones, recomendaciones, notas técnicas y normativas referentes a la investigación del terreno. (D3.8., E5.3., E7.22., E8.3.)
E5.O1.10.C.46	Fallo en el control y supervisión	1.10. ORGANISMOS DE CONTROL TÉCNICO Y SUPERVISIÓN	No se comprueba si las recomendaciones geotécnicas para el diseño y la ejecución han sido cumplidas por los actores de proyecto. (D5.3.)
E5.O1.10.C.47	Fallo en el control y supervisión	1.10. ORGANISMOS DE CONTROL TÉCNICO Y SUPERVISIÓN	Ingeniero responsable de geotecnia no visita el sitio periódicamente durante las operaciones de perforación de sondeos. (D6.8., D9.4., D12.4.)
E2.O1.10.C.47	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	1.10. ORGANISMOS DE CONTROL TÉCNICO Y SUPERVISIÓN	Ingeniero responsable de geotecnia no visita el sitio periódicamente durante las operaciones de perforación de sondeos. (D6.8., D9.4., D12.4.)
E3.O1.7.C.48	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	1.7. EQUIPOS DE CONSULTORÍA GEOTÉCNICA	La clasificación de las muestras del terreno ejecutada por personas sin reconocimiento para este tipo de tarea. (D6.10.)
E3.O1.4.C.48	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	1.4. DIRECCIÓN INTEGRADA DE PROYECTO	La clasificación de las muestras del terreno ejecutada por personas sin reconocimiento para este tipo de tarea. (D6.10.)
E5.O1.10.C.48	Fallo en el control y supervisión	1.10. ORGANISMOS DE CONTROL TÉCNICO Y SUPERVISIÓN	La clasificación de las muestras del terreno ejecutada por personas sin reconocimiento para este tipo de tarea. (D6.10.)
E1.O1.4.C.49	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	1.4. DIRECCIÓN INTEGRADA DE PROYECTO	El promotor no colabora con el consultor geotécnico en la fase de programación de reconocimientos quien tiene conocimiento sobre la interacción entre terreno y estructura. (D8.27., E1.7., E3.3., E10.6.)
E1.O1.4.C.50	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	1.4. DIRECCIÓN INTEGRADA DE PROYECTO	Comunicación técnica incorrecta entre las partes involucradas del proyecto proveniente del entendimiento inadecuado de la problemática geotécnica por algunos de los participantes. (D8.28.)
E2.O1.4.C50	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	1.4. DIRECCIÓN INTEGRADA DE PROYECTO	Comunicación técnica incorrecta entre las partes involucradas del proyecto proveniente del entendimiento inadecuado de la problemática geotécnica por algunos de los participantes. (D8.28.)
E3.O1.4.C50	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	1.4. DIRECCIÓN INTEGRADA DE PROYECTO	Comunicación técnica incorrecta entre las partes involucradas del proyecto proveniente del entendimiento inadecuado de la problemática geotécnica por algunos de los participantes. (D8.28.)
E4.O1.4.C50	Fallo en las recomendaciones	1.4. DIRECCIÓN INTEGRADA	Comunicación técnica incorrecta entre las partes involucradas del proyecto proveniente

	geotécnicas	DE PROYECTO	del entendimiento inadecuado de la problemática geotécnica por algunos de los participantes. (D8.28.)
E5.O1.4.C50	Fallo en el control y supervisión	1.4. DIRECCIÓN INTEGRADA DE PROYECTO	Comunicación técnica incorrecta entre las partes involucradas del proyecto proveniente del entendimiento inadecuado de la problemática geotécnica por algunos de los participantes. (D8.28.)
E4.O1.4.C.51	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	1.4. DIRECCIÓN INTEGRADA DE PROYECTO	Soluciones y recomendaciones geotécnicas no remitidos a los ingenieros de otras disciplinas dependiendo solo de las opiniones de contratistas de investigación de terreno. (D3.9.)
E1.O1.4.C.52	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	1.4. DIRECCIÓN INTEGRADA DE PROYECTO	Variar la situación y el programa de prospección geotécnica por dificultades de acceso. (D4.2., D7.7., E6.12., E10.10., E5.6.)
E2.O1.2.C.52	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	1.2. ADMINISTRACIÓN PÚBLICA	Variar la situación y el programa de prospección geotécnica por dificultades de acceso. (D4.2., D7.7., E6.12., E10.10., E5.6.)
E3.O1.3.C.52	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	1.3. PARTES AFECTADAS	Variar la situación y el programa de prospección geotécnica por dificultades de acceso. (D4.2., D7.7., E6.12., E10.10., E5.6.)
E3.O1.4.C.52	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	1.4. DIRECCIÓN INTEGRADA DE PROYECTO	Variar la situación y el programa de prospección geotécnica por dificultades de acceso. (D4.2., D7.7., E6.12., E10.10., E5.6.)
E4.O1.4.C.53	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	1.4. DIRECCIÓN INTEGRADA DE PROYECTO	Falta de revelación de riesgos geotécnicos y posibles consecuencias económicas y estructurales a la obra. (D1.4., D9.12.)
E4.O1.10.C.53	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	1.10. ORGANISMOS DE CONTROL TÉCNICO Y SUPERVISIÓN	Falta de revelación de riesgos geotécnicos y posibles consecuencias económicas y estructurales a la obra. (D1.4., D9.12.)
E4.O1.7.C.53	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	1.7. EQUIPOS DE CONSULTORÍA GEOTÉCNICA	Falta de revelación de riesgos geotécnicos y posibles consecuencias económicas y estructurales a la obra. (D1.4., D9.12.)
E4.O1.7.C.54	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	1.7. EQUIPOS DE CONSULTORÍA GEOTÉCNICA	Falta de presentación de los aspectos claves del informe a los miembros de proyecto y partes interesadas. (D2.3.)
E4.Ooo.C.54	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	Otro origen: Formato de Informe Geotécnico	Falta de presentación de los aspectos claves del informe a los miembros de proyecto y partes interesadas. (D2.3.)
E5.O1.4.C.55	Fallo en el control y supervisión	1.4. DIRECCIÓN INTEGRADA DE PROYECTO	Equipos de inspección geotécnica no responsables ante el promotor. La relación contractual y responsabilidad en las manos del contratista. (D8.29., E1.16.)
E5.O1.10.C.55	Fallo en el control y supervisión	1.10. ORGANISMOS DE CONTROL TÉCNICO Y SUPERVISIÓN	Equipos de inspección geotécnica no responsables ante el promotor. La relación contractual y responsabilidad en las manos del contratista. (D8.29., E1.16.)
E5.O1.1.C.55	Fallo en el control y supervisión	1.1. CLIENTE/PROMOTOR	Equipos de inspección geotécnica no responsables ante el promotor. La relación contractual y responsabilidad en las manos del contratista. (D8.29., E1.16.)
E1.O1.4.C.56	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	1.4. DIRECCIÓN INTEGRADA DE PROYECTO	Conflictos entre las partes interesadas del proyecto que bloquean la colaboración entre los mismos. (D8.30.)
E2.O1.4.C.56	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	1.4. DIRECCIÓN INTEGRADA DE PROYECTO	Conflictos entre las partes interesadas del proyecto que bloquean la colaboración entre los mismos. (D8.30.)
E3.O1.4.C.56	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	1.4. DIRECCIÓN INTEGRADA DE PROYECTO	Conflictos entre las partes interesadas del proyecto que bloquean la colaboración entre los mismos. (D8.30.)

E4.O1.4.C.56	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	1.4. DIRECCIÓN INTEGRADA DE PROYECTO	Conflictos entre las partes interesadas del proyecto que bloquean la colaboración entre los mismos. (D8.30.)
E5.O1.4.C.56	Fallo en el control y supervisión	1.4. DIRECCIÓN INTEGRADA DE PROYECTO	Conflictos entre las partes interesadas del proyecto que bloquean la colaboración entre los mismos. (D8.30.)
E1.O1.4.C.57	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	1.4. DIRECCIÓN INTEGRADA DE PROYECTO	Falta de conciencia de los requisitos de los demás. (D7.6.)
E2.O1.4.C.57	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	1.4. DIRECCIÓN INTEGRADA DE PROYECTO	Falta de conciencia de los requisitos de los demás. (D7.6.)
E3.O1.4.C.57	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	1.4. DIRECCIÓN INTEGRADA DE PROYECTO	Falta de conciencia de los requisitos de los demás. (D7.6.)
E4.O1.4.C.57	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	1.4. DIRECCIÓN INTEGRADA DE PROYECTO	Falta de conciencia de los requisitos de los demás. (D7.6.)
E5.O1.4.C.57	Fallo en el control y supervisión	1.4. DIRECCIÓN INTEGRADA DE PROYECTO	Falta de conciencia de los requisitos de los demás. (D7.6.)
E1.O2.6.C.58	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	2.6. MODELOS DE CONTRATACIÓN Y CLÁUSULAS CONTRACTUALES	En el contrato de ejecución de los trabajos no se definen claramente las responsabilidades y deberes de los agentes intervinientes del proyecto para saber resolver problemas inesperados provenientes de la interacción entre el edificio y terreno y la manera de su financiación. (D8.31., D3.11., D7.17., D9.3.)
E2.O2.6.C.58	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	2.6. MODELOS DE CONTRATACIÓN Y CLÁUSULAS CONTRACTUALES	En el contrato de ejecución de los trabajos no se definen claramente las responsabilidades y deberes de los agentes intervinientes del proyecto para saber resolver problemas inesperados provenientes de la interacción entre el edificio y terreno y la manera de su financiación. (D8.31., D3.11., D7.17., D9.3.)
E3.O2.6.C.58	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	2.6. MODELOS DE CONTRATACIÓN Y CLÁUSULAS CONTRACTUALES	En el contrato de ejecución de los trabajos no se definen claramente las responsabilidades y deberes de los agentes intervinientes del proyecto para saber resolver problemas inesperados provenientes de la interacción entre el edificio y terreno y la manera de su financiación. (D8.31., D3.11., D7.17., D9.3.)
E4.O2.6.C.58	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	2.6. MODELOS DE CONTRATACIÓN Y CLÁUSULAS CONTRACTUALES	En el contrato de ejecución de los trabajos no se definen claramente las responsabilidades y deberes de los agentes intervinientes del proyecto para saber resolver problemas inesperados provenientes de la interacción entre el edificio y terreno y la manera de su financiación. (D8.31., D3.11., D7.17., D9.3.)
E5.O2.6.C.58	Fallo en el control y supervisión	2.6. MODELOS DE CONTRATACIÓN Y CLÁUSULAS CONTRACTUALES	En el contrato de ejecución de los trabajos no se definen claramente las responsabilidades y deberes de los agentes intervinientes del proyecto para saber resolver problemas inesperados provenientes de la interacción entre el edificio y terreno y la manera de su financiación. (D8.31., D3.11., D7.17., D9.3.)
E1.O2.6.C.59	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	2.6. MODELOS DE CONTRATACIÓN Y CLÁUSULAS CONTRACTUALES	Empeño en transferir la responsabilidad por las situaciones adversas a otras partes involucradas o pasar la responsabilidad por los problemas a un escalón más arriba. (D8.32., D3.12.)
E2.O2.6.C.59	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	2.6. MODELOS DE CONTRATACIÓN Y	Empeño en transferir la responsabilidad por las situaciones adversas a otras partes involucradas o pasar la responsabilidad por los problemas a un escalón más arriba.

		CLÁUSULAS CONTRACTUALES	(D8.32., D3.12.)
E3.O2.6.C.59	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	2.6. MODELOS DE CONTRATACIÓN Y CLÁUSULAS CONTRACTUALES	Empeño en transferir la responsabilidad por las situaciones adversas a otras partes involucradas o pasar la responsabilidad por los problemas a un escalón más arriba. (D8.32., D3.12.)
E4.O2.6.C.59	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	2.6. MODELOS DE CONTRATACIÓN Y CLÁUSULAS CONTRACTUALES	Empeño en transferir la responsabilidad por las situaciones adversas a otras partes involucradas o pasar la responsabilidad por los problemas a un escalón más arriba. (D8.32., D3.12.)
E5.O2.6.C.59	Fallo en el control y supervisión	2.6. MODELOS DE CONTRATACIÓN Y CLÁUSULAS CONTRACTUALES	Empeño en transferir la responsabilidad por las situaciones adversas a otras partes involucradas o pasar la responsabilidad por los problemas a un escalón más arriba. (D8.32., D3.12.)
E1.O1.4.C.60	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	1.4. DIRECCIÓN INTEGRADA DE PROYECTO	El consultor de geotecnia no involucrado desde el inicio hasta el final del proyecto (obra). (D2.4.)
E2.O1.4.C.60	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	1.4. DIRECCIÓN INTEGRADA DE PROYECTO	El consultor de geotecnia no involucrado desde el inicio hasta el final del proyecto (obra). (D2.4.)
E3.O1.4.C.60	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	1.4. DIRECCIÓN INTEGRADA DE PROYECTO	El consultor de geotecnia no involucrado desde el inicio hasta el final del proyecto (obra). (D2.4.)
E4.O1.4.C.60	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	1.4. DIRECCIÓN INTEGRADA DE PROYECTO	El consultor de geotecnia no involucrado desde el inicio hasta el final del proyecto (obra). (D2.4.)
E5.O1.4.C.60	Fallo en el control y supervisión	1.4. DIRECCIÓN INTEGRADA DE PROYECTO	El consultor de geotecnia no involucrado desde el inicio hasta el final del proyecto (obra). (D2.4.)
E2.O2.6.C.61	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	2.6. MODELOS DE CONTRATACIÓN Y CLÁUSULAS CONTRACTUALES	Contratista de investigación de terreno no asume la responsabilidad de proporcionar datos fiables. (D3.10.)
E1.O1.4.C.62	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	1.4. DIRECCIÓN INTEGRADA DE PROYECTO	Asunción inadecuada de la responsabilidad de ingenieros profesionales por la elaboración del informe geotécnico. Perfil profesional y experiencia real nula o mínima. (D9.2., D3.13., E3.1., E7.2.)
E2.O1.4.C.62	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	1.4. DIRECCIÓN INTEGRADA DE PROYECTO	Asunción inadecuada de la responsabilidad de ingenieros profesionales por la elaboración del informe geotécnico. Perfil profesional y experiencia real nula o mínima. (D9.2., D3.13., E3.1., E7.2.)
E3.O1.4.C.62	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	1.4. DIRECCIÓN INTEGRADA DE PROYECTO	Asunción inadecuada de la responsabilidad de ingenieros profesionales por la elaboración del informe geotécnico. Perfil profesional y experiencia real nula o mínima. (D9.2., D3.13., E3.1., E7.2.)
E4.O1.4.C.62	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	1.4. DIRECCIÓN INTEGRADA DE PROYECTO	Asunción inadecuada de la responsabilidad de ingenieros profesionales por la elaboración del informe geotécnico. Perfil profesional y experiencia real nula o mínima. (D9.2., D3.13., E3.1., E7.2.)

E5.O1.4.C.62	Fallo en el control y supervisión	1.4. DIRECCIÓN INTEGRADA DE PROYECTO	Asunción inadecuada de la responsabilidad de ingenieros profesionales por la elaboración del informe geotécnico. Perfil profesional y experiencia real nula o mínima. (D9.2., D3.13., E3.1., E7.2.)
E1.O1.7.C.63	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	1.7. EQUIPOS DE CONSULTORÍA GEOTÉCNICA	Ingenieros geotécnicos hacen sólo lo que a menudo se les pide hacer y no toman posiciones y decisiones en asuntos que son claramente geotécnicos. (D9.5.)
E2.O1.7.C.63	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	1.7. EQUIPOS DE CONSULTORÍA GEOTÉCNICA	Ingenieros geotécnicos hacen sólo lo que a menudo se les pide hacer y no toman posiciones y decisiones en asuntos que son claramente geotécnicos. (D9.5.)
E3.O1.7.C.63	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	1.7. EQUIPOS DE CONSULTORÍA GEOTÉCNICA	Ingenieros geotécnicos hacen sólo lo que a menudo se les pide hacer y no toman posiciones y decisiones en asuntos que son claramente geotécnicos. (D9.5.)
E4.O1.7.C.63	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	1.7. EQUIPOS DE CONSULTORÍA GEOTÉCNICA	Ingenieros geotécnicos hacen sólo lo que a menudo se les pide hacer y no toman posiciones y decisiones en asuntos que son claramente geotécnicos. (D9.5.)
E5.O1.7.C.63	Fallo en el control y supervisión	1.7. EQUIPOS DE CONSULTORÍA GEOTÉCNICA	Ingenieros geotécnicos hacen sólo lo que a menudo se les pide hacer y no toman posiciones y decisiones en asuntos que son claramente geotécnicos. (D9.5.)
E5.O2.1.C.64	Fallo en el control y supervisión	2.1. MARCO LEGISLATIVO, NORMATIVO Y RECOMENDACIONES	No existen requisitos estrictos o reglamentarios relativos al sistema de control independiente sobre los informes geotécnicos. (D3.14.)
E1.O1.8.C.65	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	1.8. EQUIPOS DE EJECUCIÓN DE OBRAS GEOTÉCNICAS	El contratista presiona al diseñador para proporcionar soluciones menos complicadas y más baratas. (D4.3.)
E2.O1.8.C.65	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	1.8. EQUIPOS DE EJECUCIÓN DE OBRAS GEOTÉCNICAS	El contratista presiona al diseñador para proporcionar soluciones menos complicadas y más baratas. (D4.3.)
E3.O1.8.C.65	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	1.8. EQUIPOS DE EJECUCIÓN DE OBRAS GEOTÉCNICAS	El contratista presiona al diseñador para proporcionar soluciones menos complicadas y más baratas. (D4.3.)
E4.O1.8.C.65	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	1.8. EQUIPOS DE EJECUCIÓN DE OBRAS GEOTÉCNICAS	El contratista presiona al diseñador para proporcionar soluciones menos complicadas y más baratas. (D4.3.)
E5.O1.8.C.65	Fallo en el control y supervisión	1.8. EQUIPOS DE EJECUCIÓN DE OBRAS GEOTÉCNICAS	El contratista presiona al diseñador para proporcionar soluciones menos complicadas y más baratas. (D4.3.)
E1.O1.5.C.66	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	1.5. EQUIPOS DE DISEÑO Y CALCULO DE ESTRUCTURA Y CIMENTACIÓN	El proyectista no tiene conocimiento suficiente de geotecnia y a pesar de esto no colabora con el consultor de geotecnia. (D8.33., D3.19.)
E2.O1.5.C.66	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	1.5. EQUIPOS DE DISEÑO Y CALCULO DE ESTRUCTURA Y CIMENTACIÓN	El proyectista no tiene conocimiento suficiente de geotecnia y a pesar de esto no colabora con el consultor de geotecnia. (D8.33., D3.19.)
E3.O1.5.C.66	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	1.5. EQUIPOS DE DISEÑO Y CALCULO DE ESTRUCTURA Y CIMENTACIÓN	El proyectista no tiene conocimiento suficiente de geotecnia y a pesar de esto no colabora con el consultor de geotecnia. (D8.33., D3.19.)

E4.O1.5.C.66	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	1.5. EQUIPOS DE DISEÑO Y CALCULO DE ESTRUCTURA Y CIMENTACIÓN	El proyectista no tiene conocimiento suficiente de geotecnia y a pesar de esto no colabora con el consultor de geotecnia. (D8.33., D3.19.)
E5.O1.5.C.66	Fallo en el control y supervisión	1.5. EQUIPOS DE DISEÑO Y CALCULO DE ESTRUCTURA Y CIMENTACIÓN	El proyectista no tiene conocimiento suficiente de geotecnia y a pesar de esto no colabora con el consultor de geotecnia. (D8.33., D3.19.)
E1.O1.4.C.67	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	1.4. DIRECCIÓN INTEGRADA DE PROYECTO	Investigación de terreno no se considera como operación especial. No se considera que se necesiten organizaciones con personas especializadas en geotecnia. (D3.15.)
E1.O1.1.C.67	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	1.1. CLIENTE/PROMOTOR	Investigación de terreno no se considera como operación especial. No se considera que se necesiten organizaciones con personas especializadas en geotecnia. (D3.15.)
E1.O1.5.C.67	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	1.5. EQUIPOS DE DISEÑO Y CALCULO DE ESTRUCTURA Y CIMENTACIÓN	Investigación de terreno no se considera como operación especial. No se considera que se necesiten organizaciones con personas especializadas en geotecnia. (D3.15.)
E2.O1.4.C.68	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	1.4. DIRECCIÓN INTEGRADA DE PROYECTO	Los ingenieros que participan en la investigación y caracterización del terreno, no son especialistas reconocidos en geotecnia. (D9.6., D7.8., D10.12., E1.4., E6.9., D7.16.)
E3.O1.4.C.68	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	1.4. DIRECCIÓN INTEGRADA DE PROYECTO	Los ingenieros que participan en la investigación y caracterización del terreno, no son especialistas reconocidos en geotecnia. (D9.6., D7.8., D10.12., E1.4., E6.9., D7.16.)
E1.O1.4.C.69	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	1.4. DIRECCIÓN INTEGRADA DE PROYECTO	Propuestas de precio más bajo elegidas ganadoras. Un enfoque minimalista a la investigación y pruebas del terreno. (D9.7., D2.5., D8.52., D10.10., E1.19., E10.8., D3.22.)
E1.O1.1.C.69	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	1.1. CLIENTE/PROMOTOR	Propuestas de precio más bajo elegidas ganadoras. Un enfoque minimalista a la investigación y pruebas del terreno. (D9.7., D2.5., D8.52., D10.10., E1.19., E10.8., D3.22.)
E2.O1.1.C.70	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	1.1. CLIENTE/PROMOTOR	Proyectista forzado por el promotor de bajar el alcance del trabajo de investigación. (D8.34., E1.1., E7.15., E1.20.)
E2.O1.5.C.71	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	1.5. EQUIPOS DE DISEÑO Y CALCULO DE ESTRUCTURA Y CIMENTACIÓN	El proyectista intentando ahorrar en la investigación de terreno. (D8.42.)
E1.O1.4.C.72	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	1.4. DIRECCIÓN INTEGRADA DE PROYECTO	Falta de coordinación en la definición del alcance de trabajos entre los actores de proyecto. (D4.4., D7.9.)
E1.O1.7.C.73	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	1.7. EQUIPOS DE CONSULTORÍA GEOTÉCNICA	Aceptar un alcance de trabajo limitado. Alcance que no considere alguna parte relevante para ejecutar trabajos de investigación "in situ" o en laboratorio idóneos. (D1.5., D8.35., D7.10.)
E1.O1.7.C.74	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	1.7. EQUIPOS DE CONSULTORÍA GEOTÉCNICA	Investigación geotécnica sobredimensionada. Los conocimientos obtenidos no son necesarios para la resolución del problema geotécnico (alcance extendido). (D8.36.)
E1.O1.7.C.75	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	1.7. EQUIPOS DE CONSULTORÍA GEOTÉCNICA	Investigación geotécnica sobredimensionada. Los conocimientos geotécnicos que podrían ser conseguidos mediante una información de bajo coste se plantean conseguir a través de ensayos de alto coste. (D8.37.)
E1.O1.1.C.76	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	1.1. CLIENTE/PROMOTOR	Tiempo insuficiente para correcta realización de pruebas "in situ" o en laboratorio, para el análisis de datos, o para la elaboración de informe geotécnico. Presiones asociadas

			con la planificación y plazos de construcción. (D2.6., D4.5., E1.5., E3.13., E7.26., D7.14., E10.9., E5.7.)
E1.O1.4.C.76	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	1.4. DIRECCIÓN INTEGRADA DE PROYECTO	Tiempo insuficiente para correcta realización de pruebas "in situ" o en laboratorio, para el análisis de datos, o para la elaboración de informe geotécnico. Presiones asociadas con la planificación y plazos de construcción. (D2.6., D4.5., E1.5., E3.13., E7.26., D7.14., E10.9., E5.7.)
E1.O2.7.C.76	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	2.7. COSTE, PLAZO Y ALCANCE DE LOS TRABAJOS CONTRATADOS	Tiempo insuficiente para correcta realización de pruebas "in situ" o en laboratorio, para el análisis de datos, o para la elaboración de informe geotécnico. Presiones asociadas con la planificación y plazos de construcción. (D2.6., D4.5., E1.5., E3.13., E7.26., D7.14., E10.9., E5.7.)
E1.O1.4.C.77	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	1.4. DIRECCIÓN INTEGRADA DE PROYECTO	Investigación del terreno llevada a cabo después del comienzo del diseño del proyecto de construcción. (D3.16.)
E5.O1.4.C.78	Fallo en el control y supervisión	1.4. DIRECCIÓN INTEGRADA DE PROYECTO	Revisión y control de proyecto geotécnico por representante del promotor laborioso. No se planifica este escenario en el cronograma de obras. (D4.6.)
E5.O1.10.C.78	Fallo en el control y supervisión	1.10. ORGANISMOS DE CONTROL TÉCNICO Y SUPERVISIÓN	Revisión y control de proyecto geotécnico por representante del promotor laborioso. No se planifica este escenario en el cronograma de obras. (D4.6.)
E2.O1.4.C.79	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	1.4. DIRECCIÓN INTEGRADA DE PROYECTO	Cambios de posicionamiento de obra no avisados con antelación suficiente causando problemas en la programación de los trabajos de investigación del terreno. (D7.12.)
E2.O1.7.C.80	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	1.7. EQUIPOS DE CONSULTORÍA GEOTÉCNICA	Cambios de posicionamiento de obra no reflejado en los trabajos de investigación del terreno. (D7.13.)
E1.O1.4.C.81	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	1.4. DIRECCIÓN INTEGRADA DE PROYECTO	Proyectos de construcción sin investigación del terreno. (D8.38.)
E1.O1.1.C.81	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	1.1. CLIENTE/PROMOTOR	Proyectos de construcción sin investigación del terreno. (D8.38.)
E2.O1.4.C.82	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	1.4. DIRECCIÓN INTEGRADA DE PROYECTO	Los gastos para la investigación de terreno no considerados en el presupuesto de la obra. (D8.39.)
E5.O1.4.C.83	Fallo en el control y supervisión	1.4. DIRECCIÓN INTEGRADA DE PROYECTO	Los gastos para control geotécnico no considerados en el presupuesto de la obra. (D8.40.)
E3.O1.4.C.84	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	1.4. DIRECCIÓN INTEGRADA DE PROYECTO	Los gastos para consultor geotécnico de obra no considerados en el presupuesto de la obra. (8.41.)
E2.O1.4.C.85	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	1.4. DIRECCIÓN INTEGRADA DE PROYECTO	El coste de ejecución de investigación de terreno infraestimado sin tener en cuenta el valor de riesgo geotécnico y recursos destinados para su tratamiento. (D8.43., D2.7., E3.12., E4.4., E6.2., E5.11.)
E5.O1.1.C.86	Fallo en el control y supervisión	1.1. CLIENTE/PROMOTOR	El control del promotor es inadecuado. (D8.44., E7.5.)
E5.O1.10.C.86	Fallo en el control y supervisión	1.10. ORGANISMOS DE CONTROL TÉCNICO Y SUPERVISIÓN	El control del promotor es inadecuado. (D8.44., E7.5.)

E5.O1.4.C.87	Fallo en el control y supervisión	1.4. DIRECCIÓN INTEGRADA DE PROYECTO	Supervisión geotécnica del proyecto con responsabilidades no claramente definidas. (D8.46.)
E5.O1.4.C.88	Fallo en el control y supervisión	1.4. DIRECCIÓN INTEGRADA DE PROYECTO	Jornada de supervisión de obra no completa de ingeniero especialista en geotecnia. (D3.17.)
E5.O1.4.C.89	Fallo en el control y supervisión	1.4. DIRECCIÓN INTEGRADA DE PROYECTO	Supervisión de proyecto geotécnico sin participación del consultor geotécnico. (D8.45., D3.18., E3.11., E7.20., D1.6., D7.18.)
E5.O1.10.C.90	Fallo en el control y supervisión	1.10. ORGANISMOS DE CONTROL TÉCNICO Y SUPERVISIÓN	Inadvertencia durante la supervisión y control del proyecto geotécnico. (D4.7.)
E5.O1.4.C.91	Fallo en el control y supervisión	1.4. DIRECCIÓN INTEGRADA DE PROYECTO	Planes de contingencia inadecuados para el caso de encontrarse ante las condiciones de terreno no esperadas. (D1.7.)
E5.O1.7.C.91	Fallo en el control y supervisión	1.7. EQUIPOS DE CONSULTORÍA GEOTÉCNICA	Planes de contingencia inadecuados para el caso de encontrarse ante las condiciones de terreno no esperadas. (D1.7.)
E1.O1.7.C.92	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	1.7. EQUIPOS DE CONSULTORÍA GEOTÉCNICA	La organización encargada de desarrollo de alguna parte de proyecto geotécnico carece de personal cualificado para ejecutar trabajos relacionados con geotecnia (experiencia limitada, sin formación profesional o académica). (D4.8., D5.4., E3.3., E7.1., E1.14.)
E2.O1.6.C.92	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	1.6. EQUIPOS DE INVESTIGACIÓN DE TERRENO	La organización encargada de desarrollo de alguna parte de proyecto geotécnico carece de personal cualificado para ejecutar trabajos relacionados con geotecnia (experiencia limitada, sin formación profesional o académica). (D4.8., D5.4., E3.3., E7.1., E1.14.)
E3.O1.7.C.92	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	1.7. EQUIPOS DE CONSULTORÍA GEOTÉCNICA	La organización encargada de desarrollo de alguna parte de proyecto geotécnico carece de personal cualificado para ejecutar trabajos relacionados con geotecnia (experiencia limitada, sin formación profesional o académica). (D4.8., D5.4., E3.3., E7.1., E1.14.)
E4.O1.7.C.92	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	1.7. EQUIPOS DE CONSULTORÍA GEOTÉCNICA	La organización encargada de desarrollo de alguna parte de proyecto geotécnico carece de personal cualificado para ejecutar trabajos relacionados con geotecnia (experiencia limitada, sin formación profesional o académica). (D4.8., D5.4., E3.3., E7.1., E1.14.)
E5.O1.10.C.92	Fallo en el control y supervisión	1.10. ORGANISMOS DE CONTROL TÉCNICO Y SUPERVISIÓN	La organización encargada de desarrollo de alguna parte de proyecto geotécnico carece de personal cualificado para ejecutar trabajos relacionados con geotecnia (experiencia limitada, sin formación profesional o académica). (D4.8., D5.4., E3.3., E7.1., E1.14.)
E1.O1.7.C.93	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	1.7. EQUIPOS DE CONSULTORÍA GEOTÉCNICA	La organización encargada de desarrollo de alguna parte de proyecto geotécnico no tiene capacidad técnica para ejecutar el trabajo. (D4.9.)
E2.O1.6.C.93	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	1.6. EQUIPOS DE INVESTIGACIÓN DE TERRENO	La organización encargada de desarrollo de alguna parte de proyecto geotécnico no tiene capacidad técnica para ejecutar el trabajo. (D4.9.)
E3.O1.7.C.93	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	1.7. EQUIPOS DE CONSULTORÍA GEOTÉCNICA	La organización encargada de desarrollo de alguna parte de proyecto geotécnico no tiene capacidad técnica para ejecutar el trabajo. (D4.9.)
E4.O1.7.C.93	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	1.7. EQUIPOS DE CONSULTORÍA GEOTÉCNICA	La organización encargada de desarrollo de alguna parte de proyecto geotécnico no tiene capacidad técnica para ejecutar el trabajo. (D4.9.)
E5.O1.10.C.93	Fallo en el control y supervisión	1.10. ORGANISMOS DE CONTROL TÉCNICO Y SUPERVISIÓN	La organización encargada de desarrollo de alguna parte de proyecto geotécnico no tiene capacidad técnica para ejecutar el trabajo. (D4.9.)

E2.O1.5.C.94	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	1.5. EQUIPOS DE DISEÑO Y CALCULO DE ESTRUCTURA Y CIMENTACIÓN	La falta de personal de diseño para dar al personal de campo información importante y necesaria para llevar a cabo las funciones de investigación de terreno. (D6.14.)
E2.O1.7.C.94	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	1.7. EQUIPOS DE CONSULTORÍA GEOTÉCNICA	La falta de personal de diseño para dar al personal de campo información importante y necesaria para llevar a cabo las funciones de investigación de terreno. (D6.14.)
E2.O1.4.C.94	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	1.4. DIRECCIÓN INTEGRADA DE PROYECTO	La falta de personal de diseño para dar al personal de campo información importante y necesaria para llevar a cabo las funciones de investigación de terreno. (D6.14.)
E2.O1.4.C.95	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	1.4. DIRECCIÓN INTEGRADA DE PROYECTO	Falta de presencia de ingeniero geólogo o ingeniero geotécnico para la toma, transporte y mantenimiento de muestras de terreno. (D3.20.)
E1.O1.7.C.96	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	1.7. EQUIPOS DE CONSULTORÍA GEOTÉCNICA	Investigación geotécnica sobredimensionada. Recursos técnicos y financieros invertidos no son proporcionados al conocimiento obtenido. (D8.47.)
E1.O1.4.C.97	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	1.4. DIRECCIÓN INTEGRADA DE PROYECTO	En la fase de licitación para la elaboración del informe geotécnico y la campaña de investigación de terreno no se definen claramente los objetivos al alcanzar. (D8.48.)
E1.O1.4.C.98	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	1.4. DIRECCIÓN INTEGRADA DE PROYECTO	En la fase de licitación la elaboración del informe geotécnico y la campaña de investigación de terreno no se establecen las herramientas técnicas básicas para la consecución de objetivos. (D8.49.)
E1.O1.4.C.99	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	1.4. DIRECCIÓN INTEGRADA DE PROYECTO	En la fase de licitación, excluir empresas especializadas solamente en la investigación de terreno, al no ser que quieran ser considerados como "contratistas de obras de cimentación". (3.21.)
E4.O1.7.C.100	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	1.7. EQUIPOS DE CONSULTORÍA GEOTÉCNICA	Recomendar distintos métodos, materiales y soluciones geotécnicas al diseño y ejecución de cimentación y obras de estabilidad. (D4.10)
E1.O1.4.C.101	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	1.4. DIRECCIÓN INTEGRADA DE PROYECTO	No establecer requisitos especiales para contratistas de obras de investigación de terreno. (D3.19.)
E2.O1.7.C.102	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	1.7. EQUIPOS DE CONSULTORÍA GEOTÉCNICA	Obsolescencia de los sistemas de prospección y auscultación geotécnica. (D6.16., E2.8., E3.14.)
E2.O3.1.C.102	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	3.1. EQUIPAMIENTO DE PROSPECCIÓN Y SUPERVISIÓN GEOTÉCNICA	Obsolescencia de los sistemas de prospección y auscultación geotécnica. (D6.16., E2.8., E3.14.)
E1.O1.4.C.103	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	1.4. DIRECCIÓN INTEGRADA DE PROYECTO	Anunciado del trabajo para los proveedores potenciales incoherente, confuso, e incompleto. (D8.50.)
E1.O1.4.C.104	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	1.4. DIRECCIÓN INTEGRADA DE PROYECTO	Las largas listas de licitación pública (por lo general conducen a los precios y calidad altamente fluctuantes, e inhiben de hacer una oferta seria por contratistas especializados cualificados). (D7.15., D9.13.)
E2.O1.4.C.105	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	1.4. DIRECCIÓN INTEGRADA DE PROYECTO	No aplicar el principio "Elaborador del informe geotécnico diferente - Realizador de Mediciones (In situ, Laboratorio) diferente." (D8.51.)
E2.O2.6.C.106	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	2.6. MODELOS DE CONTRATACIÓN Y CLÁUSULAS CONTRACTUALES	El contrato de ejecución de los trabajos de investigación de terreno donde el precio se basa por metros de perforación de sondeos. (D6.17., E10.5.)

E3.O1.1.C.107	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	1.1. CLIENTE/PROMOTOR	Sobreevaluación por parte de promotor de las capacidades de contratista a tratar el riesgo geotécnico. (D8.53.)
E1.O1.5.C.108	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	1.5. EQUIPOS DE DISEÑO Y CALCULO DE ESTRUCTURA Y CIMENTACIÓN	Dependencia inadecuada de promotor en las opiniones de arquitecto/ingeniero de estructuras a la hora de seleccionar contratista para la investigación de terreno. (D3.23.)
E1.O1.7.C.109	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	1.7. EQUIPOS DE CONSULTORÍA GEOTÉCNICA	Aceptar contratos no adecuados que asignan los riesgos a los participantes antes de tener un buen conocimiento de las condiciones de subsuelo. (D1.8., D11.3., D8.54.)
E2.O1.6.C.109	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	1.6. EQUIPOS DE INVESTIGACIÓN DE TERRENO	Aceptar contratos no adecuados que asignan los riesgos a los participantes antes de tener un buen conocimiento de las condiciones de subsuelo. (D1.8., D11.3., D8.54.)
E3.O1.7.C.109	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	1.7. EQUIPOS DE CONSULTORÍA GEOTÉCNICA	Aceptar contratos no adecuados que asignan los riesgos a los participantes antes de tener un buen conocimiento de las condiciones de subsuelo. (D1.8., D11.3., D8.54.)
E4.O1.7.C.109	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	1.7. EQUIPOS DE CONSULTORÍA GEOTÉCNICA	Aceptar contratos no adecuados que asignan los riesgos a los participantes antes de tener un buen conocimiento de las condiciones de subsuelo. (D1.8., D11.3., D8.54.)
E5.O1.10.C.109	Fallo en el control y supervisión	1.10. ORGANISMOS DE CONTROL TÉCNICO Y SUPERVISIÓN	Aceptar contratos no adecuados que asignan los riesgos a los participantes antes de tener un buen conocimiento de las condiciones de subsuelo. (D1.8., D11.3., D8.54.)
E1.O1.7.C.110	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	1.7. EQUIPOS DE CONSULTORÍA GEOTÉCNICA	Trabajos de geotecnia sin contrato. (D4.11.)
E2.O1.6.C.110	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	1.6. EQUIPOS DE INVESTIGACIÓN DE TERRENO	Trabajos de geotecnia sin contrato. (D4.11.)
E3.O1.7.C.110	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	1.7. EQUIPOS DE CONSULTORÍA GEOTÉCNICA	Trabajos de geotecnia sin contrato. (D4.11.)
E4.O1.7.C.110	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	1.7. EQUIPOS DE CONSULTORÍA GEOTÉCNICA	Trabajos de geotecnia sin contrato. (D4.11.)
E5.O1.10.C.110	Fallo en el control y supervisión	1.10. ORGANISMOS DE CONTROL TÉCNICO Y SUPERVISIÓN	Trabajos de geotecnia sin contrato. (D4.11.)
E1.O2.6.C.111	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	2.6. MODELOS DE CONTRATACIÓN Y CLÁUSULAS CONTRACTUALES	Falta de incentivos en el contrato para apoyar la ejecución de trabajos de calidad. (D6.18.)
E2.O2.6.C.111	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	2.6. MODELOS DE CONTRATACIÓN Y CLÁUSULAS CONTRACTUALES	Falta de incentivos en el contrato para apoyar la ejecución de trabajos de calidad. (D6.18.)
E3.O2.6.C.111	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	2.6. MODELOS DE CONTRATACIÓN Y CLÁUSULAS	Falta de incentivos en el contrato para apoyar la ejecución de trabajos de calidad. (D6.18.)

		CONTRACTUALES	
E4.O2.6.C.111	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	2.6. MODELOS DE CONTRATACIÓN Y CLÁUSULAS CONTRACTUALES	Falta de incentivos en el contrato para apoyar la ejecución de trabajos de calidad. (D6.18.)
E5.O2.6.C.111	Fallo en el control y supervisión	2.6. MODELOS DE CONTRATACIÓN Y CLÁUSULAS CONTRACTUALES	Falta de incentivos en el contrato para apoyar la ejecución de trabajos de calidad. (D6.18.)
E1.O1.7.C.112	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	1.7. EQUIPOS DE CONSULTORÍA GEOTÉCNICA	No utilizar el personal clave que aparece en la oferta de los trabajos durante la ejecución de proyecto geotécnico. (D4.12.)
E2.O1.6.C.112	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	1.6. EQUIPOS DE INVESTIGACIÓN DE TERRENO	No utilizar el personal clave que aparece en la oferta de los trabajos durante la ejecución de proyecto geotécnico. (D4.12.)
E3.O1.7.C.112	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	1.7. EQUIPOS DE CONSULTORÍA GEOTÉCNICA	No utilizar el personal clave que aparece en la oferta de los trabajos durante la ejecución de proyecto geotécnico. (D4.12.)
E4.O1.7.C.112	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	1.7. EQUIPOS DE CONSULTORÍA GEOTÉCNICA	No utilizar el personal clave que aparece en la oferta de los trabajos durante la ejecución de proyecto geotécnico. (D4.12.)
E5.O1.10.C.112	Fallo en el control y supervisión	1.10. ORGANISMOS DE CONTROL TÉCNICO Y SUPERVISIÓN	No utilizar el personal clave que aparece en la oferta de los trabajos durante la ejecución de proyecto geotécnico. (D4.12.)
E1.O1.1.C.113	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	1.1. CLIENTE/PROMOTOR	El futuro propietario impone los parámetros del edificio que no son proporcionados a las condiciones geotécnicas del sitio. (D8.55.)
E1.O2.1.C.114	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	2.1. MARCO LEGISLATIVO, NORMATIVO Y RECOMENDACIONES	No existencia de la licencia profesional (reconocimiento de competencias) con especialización en geotecnia para los ingenieros. (D3.24., E8.4.)
E2.O2.1.C.114	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	2.1. MARCO LEGISLATIVO, NORMATIVO Y RECOMENDACIONES	No existencia de la licencia profesional (reconocimiento de competencias) con especialización en geotecnia para los ingenieros. (D3.24., E8.4.)
E3.O2.1.C.114	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	2.1. MARCO LEGISLATIVO, NORMATIVO Y RECOMENDACIONES	No existencia de la licencia profesional (reconocimiento de competencias) con especialización en geotecnia para los ingenieros. (D3.24., E8.4.)
E4.O2.1.C.114	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	2.1. MARCO LEGISLATIVO, NORMATIVO Y RECOMENDACIONES	No existencia de la licencia profesional (reconocimiento de competencias) con especialización en geotecnia para los ingenieros. (D3.24., E8.4.)
E5.O2.1.C.114	Fallo en el control y supervisión	2.1. MARCO LEGISLATIVO, NORMATIVO Y RECOMENDACIONES	No existencia de la licencia profesional (reconocimiento de competencias) con especialización en geotecnia para los ingenieros. (D3.24., E8.4.)
E3.O1.7.C.115	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	1.7. EQUIPOS DE CONSULTORÍA GEOTÉCNICA	Ingeniero responsable de geotecnia sin conocimiento de pruebas en laboratorio. (D6.9., E4.5.)

E1.O1.7.C.116	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	1.7. EQUIPOS DE CONSULTORÍA GEOTÉCNICA	Ingenieros especialistas en geotecnia carecen del conocimiento de geología. (D6.19.)
E2.O1.7.C.116	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	1.7. EQUIPOS DE CONSULTORÍA GEOTÉCNICA	Ingenieros especialistas en geotecnia carecen del conocimiento de geología. (D6.19.)
E3.O1.7.C.116	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	1.7. EQUIPOS DE CONSULTORÍA GEOTÉCNICA	Ingenieros especialistas en geotecnia carecen del conocimiento de geología. (D6.19.)
E3.O1.7.C.117	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	1.7. EQUIPOS DE CONSULTORÍA GEOTÉCNICA	Fallo del personal responsable de análisis y cálculo geotécnico por experiencia insuficiente. (D8.56., E1.6., D1.9.)
E3.O1.5.C.117	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	1.5. EQUIPOS DE DISEÑO Y CALCULO DE ESTRUCTURA Y CIMENTACIÓN	Fallo del personal responsable de análisis y cálculo geotécnico por experiencia insuficiente. (D8.56., E1.6., D1.9.)
E3.O1.5.C.118	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	1.5. EQUIPOS DE DISEÑO Y CALCULO DE ESTRUCTURA Y CIMENTACIÓN	Infraestimación del riesgo geotécnico por parte de proyectista que es muy atrevido en las soluciones de diseño. (D8.57.)
E3.O1.5.C.119	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	1.5. EQUIPOS DE DISEÑO Y CALCULO DE ESTRUCTURA Y CIMENTACIÓN	Sobreestimación de riesgo geotécnico por parte de proyectista que es muy prudente en las soluciones de diseño. (D8.58.)
E1.O1.4.C.120	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	1.4. DIRECCIÓN INTEGRADA DE PROYECTO	Reconocimiento de especialidad en geotecnia sin considerar perfil profesional del reconocido por parte de administración y/o empresas. (D5.5.)
E2.O1.4.C.120	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	1.4. DIRECCIÓN INTEGRADA DE PROYECTO	Reconocimiento de especialidad en geotecnia sin considerar perfil profesional del reconocido por parte de administración y/o empresas. (D5.5.)
E3.O1.4.C.120	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	1.4. DIRECCIÓN INTEGRADA DE PROYECTO	Reconocimiento de especialidad en geotecnia sin considerar perfil profesional del reconocido por parte de administración y/o empresas. (D5.5.)
E4.O1.4.C.120	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	1.4. DIRECCIÓN INTEGRADA DE PROYECTO	Reconocimiento de especialidad en geotecnia sin considerar perfil profesional del reconocido por parte de administración y/o empresas. (D5.5.)
E5.O1.4.C.120	Fallo en el control y supervisión	1.4. DIRECCIÓN INTEGRADA DE PROYECTO	Reconocimiento de especialidad en geotecnia sin considerar perfil profesional del reconocido por parte de administración y/o empresas. (D5.5.)
E2.O1.6.C.121	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	1.6. EQUIPOS DE INVESTIGACIÓN DE TERRENO	Fallo del personal responsable de investigación del terreno por experiencia insuficiente. (D6.21., D1.10., E3.4., E4.3.)
E2.O2.1.C.122	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	2.1. MARCO LEGISLATIVO, NORMATIVO Y RECOMENDACIONES	No existencia del registro profesional (reconocimiento de competencias) con especialización en investigación de terreno para los contratistas. (D3.26., D6.20.)
E1.O2.2.C.123	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	2.2. PROCESOS DEL DISEÑO Y MÉTODOS DE CÁLCULO	Falta de familiarización de los profesionales en geotecnia con la metodología de gestión y análisis de riesgos. Incapacidad de tratar la incertidumbre geotécnica dentro del diseño. (D5.6., D11.2.)
E2.O1.4.C.123	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	1.4. DIRECCIÓN INTEGRADA DE PROYECTO	Falta de familiarización de los profesionales en geotecnia con la metodología de gestión y análisis de riesgos. Incapacidad de tratar la incertidumbre geotécnica dentro del diseño. (D5.6., D11.2.)

E3.O1.4.C.123	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	1.4. DIRECCIÓN INTEGRADA DE PROYECTO	Falta de familiarización de los profesionales en geotecnia con la metodología de gestión y análisis de riesgos. Incapacidad de tratar la incertidumbre geotécnica dentro del diseño. (D5.6., D11.2.)
E4.O1.4.C.123	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	1.4. DIRECCIÓN INTEGRADA DE PROYECTO	Falta de familiarización de los profesionales en geotecnia con la metodología de gestión y análisis de riesgos. Incapacidad de tratar la incertidumbre geotécnica dentro del diseño. (D5.6., D11.2.)
E5.O1.4.C.123	Fallo en el control y supervisión	1.4. DIRECCIÓN INTEGRADA DE PROYECTO	Falta de familiarización de los profesionales en geotecnia con la metodología de gestión y análisis de riesgos. Incapacidad de tratar la incertidumbre geotécnica dentro del diseño. (D5.6., D11.2.)
E1.O1.4.C.124	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	1.4. DIRECCIÓN INTEGRADA DE PROYECTO	Involucramiento de una amplia gama de organizaciones al proyecto geotécnico. Cada uno aplicando sus propios métodos y/o procedimientos sin coordinar con los demás. (D9.8.)
E1.O1.4.C.125	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	1.4. DIRECCIÓN INTEGRADA DE PROYECTO	Falta de ingeniería de valor por parte de dirección integrada de proyecto. El cliente no entiende la importancia y beneficio de investigación de terreno. (D9.9.)
E1.O1.4.C.126	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	1.4. DIRECCIÓN INTEGRADA DE PROYECTO	Competencia insuficiente en asuntos de geotecnia por la dirección integrada de proyecto (Project Management). (D9.11., E1.3., E10.1., D4.13., E5.5.)
E2.O1.6.C.127	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	1.6. EQUIPOS DE INVESTIGACIÓN DE TERRENO	No registrar con resolución adecuada la cota de boca de los sondeos. Información topográfica no adecuada. (D10.5., E10.13.)
E2.O1.5.C.127	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	1.5. EQUIPOS DE DISEÑO Y CALCULO DE ESTRUCTURA Y CIMENTACIÓN	No registrar con resolución adecuada la cota de boca de los sondeos. Información topográfica no adecuada. (D10.5., E10.13.)
E2.O1.7.C.128	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	1.7. EQUIPOS DE CONSULTORÍA GEOTÉCNICA	No proporcionar las coordenadas para definir el posicionamiento de sondeos. (D10.6., E10.14.)
E1.O1.1.C.129	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	1.1. CLIENTE/PROMOTOR	Proporción inadecuada entre los elementos ambientales y geotécnicos en los informes geotécnicos. (D10.9.)
E1.O2.1.C.129	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	2.1. MARCO LEGISLATIVO, NORMATIVO Y RECOMENDACIONES	Proporción inadecuada entre los elementos ambientales y geotécnicos en los informes geotécnicos. (D10.9.)
E1.O1.1.C.130	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	1.1. CLIENTE/PROMOTOR	Investigación del terreno sin repartirlo en fases considerando el desarrollo de proyecto. (D10.11.)
E1.O1.4.C.130	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	1.4. DIRECCIÓN INTEGRADA DE PROYECTO	Investigación del terreno sin repartirlo en fases considerando el desarrollo de proyecto. (D10.11.)
E3.O1.7.C.131	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	1.7. EQUIPOS DE CONSULTORÍA GEOTÉCNICA	Aplicación incorrecta de los métodos de cálculo en determinadas circunstancias geotécnicas. (D11.4., E1.18., E9.3., E8.1., E10.18., E6.11., E3.7.)
E3.O1.5.C.131	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	1.5. EQUIPOS DE DISEÑO Y CALCULO DE ESTRUCTURA Y CIMENTACIÓN	Aplicación incorrecta de los métodos de cálculo en determinadas circunstancias geotécnicas. (D11.4., E1.18., E9.3., E8.1., E10.18., E6.11., E3.7.)
E4.O1.7.C.132	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	1.7. EQUIPOS DE CONSULTORÍA GEOTÉCNICA	Diseño de estructuras de cimentación que no considere los riesgos geotécnicos (p.e. uso de drenaje que puede conducir al asentamiento excesivo del edificio). (D11.5.)

E4.O1.5.C.132	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	1.5. EQUIPOS DE DISEÑO Y CALCULO DE ESTRUCTURA Y CIMENTACIÓN	Diseño de estructuras de cimentación que no considere los riesgos geotécnicos (p.e. uso de drenaje que puede conducir al asentamiento excesivo del edificio). (D11.5.)
E3.O1.7.C.133	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	1.7. EQUIPOS DE CONSULTORÍA GEOTÉCNICA	Fallo en la interpretación de resultados de los ensayos de rocas tipo RMR y presentados según la clasificación de Bienavski. Las descripciones cualitativas de las rocas tienden a confundir al promotor/DIP/proyectista no experto en geotecnia. (D11.6., E10.19.)
E3.O1.7.C.134	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	1.7. EQUIPOS DE CONSULTORÍA GEOTÉCNICA	Falta de apreciación de la importancia de desagregación del terreno superficial y los cambios asociados al carácter ingenieril de los geo-materiales. (D11.7.)
E3.O1.7.C.135	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	1.7. EQUIPOS DE CONSULTORÍA GEOTÉCNICA	Tratamiento simplificado del flujo de agua subterránea en las rocas fisuradas. Modelación como medio poroso uniforme. (D11.8.)
E3.O1.5.C.135	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	1.5. EQUIPOS DE DISEÑO Y CALCULO DE ESTRUCTURA Y CIMENTACIÓN	Tratamiento simplificado del flujo de agua subterránea en las rocas fisuradas. Modelación como medio poroso uniforme. (D11.8.)
E3.O1.4.C.136	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	1.4. DIRECCIÓN INTEGRADA DE PROYECTO	La clasificación de suelo hecha solo por el perforador de sondeos. (D12.7.)
E3.O1.6.C.136	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	1.6. EQUIPOS DE INVESTIGACIÓN DE TERRENO	La clasificación de suelo hecha solo por el perforador de sondeos. (D12.7.)
E3.O1.7.C.137	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	1.7. EQUIPOS DE CONSULTORÍA GEOTÉCNICA	No usar la información geotécnica existente en la fase programación de investigación de terreno. Falta de preparación en la fase de diseño conceptual del proyecto. (D12.8., D6.4., D3.2., D1.1., E5.10.)
E3.O1.5.C.138	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	1.5. EQUIPOS DE DISEÑO Y CALCULO DE ESTRUCTURA Y CIMENTACIÓN	Uso inadecuado e excesivo de los programas de cálculo geotécnico en determinadas circunstancias geotécnicas. (D12.11., E1.21., E7.9., E10.20., E4.1.)
E3.O3.2.C.138	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	3.2. PROGRAMAS INFORMÁTICOS DE CÁLCULO	Uso inadecuado e excesivo de los programas de cálculo geotécnico en determinadas circunstancias geotécnicas. (D12.11., E1.21., E7.9., E10.20., E4.1.)
E3.O1.7.C.138	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	1.7. EQUIPOS DE CONSULTORÍA GEOTÉCNICA	Uso inadecuado e excesivo de los programas de cálculo geotécnico en determinadas circunstancias geotécnicas. (D12.11., E1.21., E7.9., E10.20., E4.1.)
E3.O3.2.C.139	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	3.2. PROGRAMAS INFORMÁTICOS DE CÁLCULO	Fallos de programación y teóricos en los programas de cálculo geotécnico. (D12.12., E1.22., E7.10.)
E3.Ooo.C.140	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	Otro origen: PROCESOS DE ANÁLISIS DE DATOS GEOTÉCNICOS	Forma de presentación de los resultados obtenidos a través de diferentes ensayos que no permite identificar potenciales pistas para establecer conclusiones fiables. (D12.13.)
E4.O1.8.C.141	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	1.8. EQUIPOS DE EJECUCIÓN DE OBRAS GEOTÉCNICAS	No respetar las recomendaciones de informe geotécnico (cambio sin consultar con el responsable de su elaboración). (D1.3., E1.13., E9.2., E8.5., E6.17., E1.24., E6.18., E7.28.)
E1.O1.2.C.142	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	1.2. ADMINISTRACIÓN PÚBLICA	Personal no cualificado a la hora de elegir el emplazamiento de la obra. Fase de viabilidad de proyecto sin intervención de un especialista en geotecnia. (E1.2., E7.13.)

E2.O1.6.C.143	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	1.6. EQUIPOS DE INVESTIGACIÓN DE TERRENO	Sesgos en medición causados por no seguir la metodología y procedimientos preescritos de investigación de terreno "in situ" y en laboratorio. (E1.12., E3.10.)
E5.O1.10.C.144	Fallo en el control y supervisión	1.10. ORGANISMOS DE CONTROL TÉCNICO Y SUPERVISIÓN	Falta de experiencia con comportamiento de sistemas especiales de cimentación, estabilidad y mejora de terreno. (E1.15.)
E5.O1.9.C.145	Fallo en el control y supervisión	1.9. EQUIPOS DE CONTROL DE CALIDAD	Control de calidad pertenece directamente al contratista de obras. El contratista ejerce influencias en las decisiones de control de calidad. (E1.17., E7.21.)
E5.O1.10.C.146	Fallo en el control y supervisión	1.10. ORGANISMOS DE CONTROL TÉCNICO Y SUPERVISIÓN	Falta de experiencia de los equipos encargados de control de proyecto geotécnico. (E1.23., E3.5.)
E1.O1.11.C.147	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	1.11. PERSONAL UNIVERSITARIO Y DE I+D+i	Preparación técnica práctica de los alumnos de universidad insuficiente para llevar a cabo las actividades dentro del alcance de proyecto geotécnico. (E1.26.)
E2.O1.11.C.147	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	1.11. PERSONAL UNIVERSITARIO Y DE I+D+i	Preparación técnica práctica de los alumnos de universidad insuficiente para llevar a cabo las actividades dentro del alcance de proyecto geotécnico. (E1.26.)
E3.O1.11.C.147	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	1.11. PERSONAL UNIVERSITARIO Y DE I+D+i	Preparación técnica práctica de los alumnos de universidad insuficiente para llevar a cabo las actividades dentro del alcance de proyecto geotécnico. (E1.26.)
E4.O1.11.C.147	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	1.11. PERSONAL UNIVERSITARIO Y DE I+D+i	Preparación técnica práctica de los alumnos de universidad insuficiente para llevar a cabo las actividades dentro del alcance de proyecto geotécnico. (E1.26.)
E5.O1.11.C.147	Fallo en el control y supervisión	1.11. PERSONAL UNIVERSITARIO Y DE I+D+i	Preparación técnica práctica de los alumnos de universidad insuficiente para llevar a cabo las actividades dentro del alcance de proyecto geotécnico. (E1.26.)
E1.O1.11.C.148	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	1.11. PERSONAL UNIVERSITARIO Y DE I+D+i	Las prácticas en empresas de geotecnia insuficientes o incorrectamente planteadas para los alumnos. (E1.27.)
E2.O1.11.C.148	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	1.11. PERSONAL UNIVERSITARIO Y DE I+D+i	Las prácticas en empresas de geotecnia insuficientes o incorrectamente planteadas para los alumnos. (E1.27.)
E3.O1.11.C.148	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	1.11. PERSONAL UNIVERSITARIO Y DE I+D+i	Las prácticas en empresas de geotecnia insuficientes o incorrectamente planteadas para los alumnos. (E1.27.)
E4.O1.11.C.148	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	1.11. PERSONAL UNIVERSITARIO Y DE I+D+i	Las prácticas en empresas de geotecnia insuficientes o incorrectamente planteadas para los alumnos. (E1.27.)
E5.O1.11.C.148	Fallo en el control y supervisión	1.11. PERSONAL UNIVERSITARIO Y DE I+D+i	Las prácticas en empresas de geotecnia insuficientes o incorrectamente planteadas para los alumnos. (E1.27.)
E4.O1.7.C.149	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	1.7. EQUIPOS DE CONSULTORÍA GEOTÉCNICA	Recomendaciones de informe geotécnico no avisan de que se trata de un área con riesgo de deslizamientos. (E2.5.)
E5.O1.10.C.150	Fallo en el control y supervisión	1.10. ORGANISMOS DE CONTROL TÉCNICO Y SUPERVISIÓN	Infraestimación de las mediciones de deformación del terreno durante la supervisión geotécnica. (E2.7.)
E3.O2.1.C.151	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	2.1. MARCO LEGISLATIVO, NORMATIVO Y RECOMENDACIONES	Normativa técnica mal diseñada. Los coeficientes parciales de seguridad utilizados en los calculos geotécnicos permiten establecer niveles de fiabilidad excesivos. (E3.6.)

E2.O1.6.C.152	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	1.6. EQUIPOS DE INVESTIGACIÓN DE TERRENO	Ejecución de sondeos no acorde con el plan de sondeos. Cambio de inclinación o posicionamiento. (E10.15.)
E4.O1.7.C.153	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	1.7. EQUIPOS DE CONSULTORÍA GEOTÉCNICA	Recomendaciones demasiado generalistas, o poco concretas respectivamente. Intento de evitar la responsabilidad penal en el caso de un fallo técnico. (E4.2., E9.1., E10.21.)
E1.O2.6.C.154	Fallo en programación de reconocimiento de terreno	2.6. MODELOS DE CONTRATACIÓN Y CLÁUSULAS CONTRACTUALES	Falta de flexibilidad para el cambio de la programación de la prospección o de los ensayos cuando los primeros datos obtenidos no se ajustan a lo previsto. (E6.14.)
E2.O3.1.C.155	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	3.1. EQUIPAMIENTO DE PROSPECCIÓN Y SUPERVISIÓN GEOTÉCNICA	Intentar obtener conclusiones más amplias de las que el equipo permita. (E6.15.)
E4.O3.2.C.156	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	3.2. PROGRAMAS INFORMÁTICOS DE CÁLCULO	La exigencia de valores paramétricos totalmente definidos a introducir sin admitir campos de variación. (E6.16.)
E5.O3.3.C.157	Fallo en el control y supervisión	3.3. EQUIPOS TECNOLÓGICOS Y MAQUINARIA	Uso de la maquinaria que no ha sido recomendada en el informe geotécnico. Las condiciones del terreno alteran y producen problemas de accesibilidad. (E6.17., E1.24.)
E5.O3.4.C.158	Fallo en el control y supervisión	3.4. MATERIALES EMPLEADOS	No respetar las recomendaciones de informe geotécnico al uso de materiales de mejora de terreno o rellenos. (E6.18., E7.28.)
E4.O1.8.C.159	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	1.8. EQUIPOS DE EJECUCIÓN DE OBRAS GEOTÉCNICAS	No respetar las recomendaciones relativas al empleo de determinado sistema de cimentación. (E7.6., E6.6.)
E5.O2.5.C.160	Fallo en el control y supervisión	2.5. PROCESOS DE CONTROL DE PROYECTO Y OBRA	Omisión de mediciones durante la supervisión geotécnica. (E7.11.)
E5.O1.10.C.160	Fallo en el control y supervisión	1.10. ORGANISMOS DE CONTROL TÉCNICO Y SUPERVISIÓN	Omisión de mediciones durante la supervisión geotécnica. (E7.11.)
E5.O2.5.C.161	Fallo en el control y supervisión	2.5. PROCESOS DE CONTROL DE PROYECTO Y OBRA	Interpretación errónea de datos medidos durante la supervisión geotécnica. (E7.12.)
E5.O1.10.C.161	Fallo en el control y supervisión	1.10. ORGANISMOS DE CONTROL TÉCNICO Y SUPERVISIÓN	Interpretación errónea de datos medidos durante la supervisión geotécnica. (E7.12.)
E3.O2.4.C.162	Fallo en el análisis de datos geotécnicos	2.4. PROCESOS DE EJECUCIÓN	Recomendaciones sobre los procesos de ejecución de obra y el cronograma de trabajos considerando aspectos geotécnicos no respetados. (E7.24.)
E4.O1.7.C.163	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	1.7. EQUIPOS DE CONSULTORÍA GEOTÉCNICA	El informe geotécnico no contiene recomendaciones que son importantes para el diseño y/o ejecución de ciertos elementos del proyecto (p.e. el caso de movimiento de tierras) (E10.16.)

E2.O1.6.C.164	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	1.6. EQUIPOS DE INVESTIGACIÓN DE TERRENO	Ensayos de laboratorio que no simulan condiciones reales de interacción terreno-estructura y diferentes estados de carga de terreno para las fases de ejecución, explotación y mantenimiento de obra. (E10.17.)
E2.O2.3.C.164	Fallo en la ejecución de ensayos geotécnicos	2.3. PROCESOS Y MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN DEL TERRENO	Ensayos de laboratorio que no simulan condiciones reales de interacción terreno-estructura y diferentes estados de carga de terreno para las fases de ejecución, explotación y mantenimiento de obra. (E10.17.)
E4.Ooo.C.165	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	Otro origen: Formato de Informe Geotécnico	Redacción de informe geotécnico inadecuada. Los objetivos de informe geotécnico no se vinculan con las recomendaciones finales del mismo. (E10.22.)
E4.Ooo.C.166	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	Otro origen: Formato de Informe Geotécnico	No seguir el procedimiento estándar de extracción de muestras de terreno durante la realización de sondeos. (E1.9.)
E4.Ooo.C.167	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	Otro origen: Formato de Informe Geotécnico	Recomendaciones de informe geotécnico al uso de tecnología de ejecución de obra no respetadas. (E7.3.)
E4.Ooo.C.168	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	Otro origen: Formato de Informe Geotécnico	Recomendaciones de informe geotécnico realizadas por un ingeniero o colectivo incompetente e inexperimentado. (E3.2.)
E4.Ooo.C.169	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	Otro origen: Formato de Informe Geotécnico	Falta de planificación técnica en la fase conceptual de diseño. Excesiva orientación a los procesos de gestión. (E5.2.)
E4.O1.7C170	Fallo en las recomendaciones geotécnicas	1.7. EQUIPOS DE CONSULTORÍA GEOTÉCNICA	Uso de la información geotécnica de proyectos anteriores que no se adecua a las condiciones del terreno en cuestión (E9.1)

