

Talleres de Identificación de Modos de Fallo: Guía Metodológica



Expresamos nuestro agradecimiento al Japan Special Fund (JSF) por hacer posible esta publicación a través de la cooperación técnica RG-T3528: Implementación de la metodología para fortalecer la resiliencia al riesgo de desastre y cambio climático en los proyectos del BID.

Coautoría: La producción y difusión de esta Guía Metodológica y sus Catálogos fueron coordinados por Raimon Porta y Ginés Suárez con los valiosos aportes de Julia Ciancio, María Alejandra Escovar y Adriana Zambrano. El desarrollo del contenido de la Guía y la catalogación de Modos de Fallo fueron realizados por Ignacio Escuder, Adrián Morales, Sandra Navarro y Helena Yarritu, equipo técnico de la firma consultora iPresas.

Agradecimientos: El proceso de revisión técnica contó con la inestimable colaboración de Melissa Barandiarán, Karen Piñeros y Carolina Rogelis. El desarrollo del curso de capacitación online asociado a esta Guía fue realizado por la firma TAEC con el apoyo del equipo de INDES y la retroalimentación de Álvaro Adam, Leandro Kazimierski y Luis Mora. La producción de contenido, su publicación y difusión fue posible gracias a Edoardo Brovero, Lara Chinarro, Wilhelm Dalaison, Maricarmen Esquivel, Patricia Henríquez, Sergio Lacambra, Roberto Leal, Katherine López, David Maier, Lidia Marcelino, Pamela Ogando, Harold Rodríguez y Serge Troch.

Diseño y diagramación: Alejandro Scaff.

Citación sugerida: Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Talleres de Identificación de Modos de Fallo. Guía Metodológica. 2025.

Palabras clave: modo de fallo, infraestructura, riesgo, desastre, resiliencia, sostenibilidad.

Copyright©2025 Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Esta obra está sujeta a una licencia de Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0 CÓDIGO LEGAL) (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode.es>). Se deben cumplir los términos y condiciones indicados en el enlace URL y se debe otorgar el reconocimiento correspondiente al BID.

Cualquier disputa que surja bajo esta licencia y que no pueda resolverse de manera amistosa se resolverá de acuerdo con el siguiente procedimiento. Conforme a un aviso de mediación comunicado por medios adecuados por usted o el concedente de la licencia al otro, la disputa se someterá a mediación no vinculante realizada de acuerdo con las Reglas de Mediación de la OMPI. Cualquier disputa que no pueda resolverse de manera amistosa se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la Comisión de las Naciones Unidas para el Derecho Mercantil Internacional (CNUDMI). Tanto el uso del nombre del BID para cualquier fin que no sea el reconocimiento respectivo, como el uso del logotipo del BID no están autorizados por esta licencia y requieren de un acuerdo de licencia adicional. Tenga en cuenta que el enlace URL incluye términos y condiciones que son parte integral de esta licencia. Las opiniones expresadas en esta obra son las de los autores y no necesariamente reflejan los puntos de vista del Banco Interamericano de Desarrollo, su Directorio Ejecutivo o los países que representan.

Note que el enlace URL incluye términos y condiciones que forman parte integral de esta licencia.

Las opiniones expresadas en esta obra son exclusivamente de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del BID, de su Directorio Ejecutivo ni de los países que representa.



ÍNDICE

Siglas y abreviaturas	5
Resumen ejecutivo	6
Antecedentes	7
1. Introducción	8
2. Metodología para la evaluación del riesgo de desastre y cambio climático del BID	11
3. Conceptos iniciales	14
4. Participantes del Taller	15
4.1. Facilitador	15
4.2. Resto de participantes	16
5. Taller de identificación de Modos de Fallo	20
Paso 0: Acciones previas	21
Recopilación y revisión de información	22
Decisión de realizar el taller online o presencial	22
Identificación de los participantes	24
Coordinación y material necesario	24
Capacitación previa	25
Paso 1: Introducción por el facilitador	26
Paso 2: Revisión de la información	27
Paso 3: Visita técnica	29
Paso 4: Propuesta individual de Modos de Fallo	31
Paso 5: Discusión en grupo de Modos de Fallo	35
Paso 6: Clasificación de Modos de Fallo	40
Paso 7: Propuesta de recomendaciones y medidas de reducción de riesgo	45
Paso final: Productos tras el taller	48
6. Factores que contribuyen a un taller exitoso	49
7. Transición del análisis de riesgos cualitativo al cuantitativo	51
8. Conclusiones y toma de decisiones	52
Referencias	54

Anexos	57
Anexo 1. Plantilla identificación Modos de Fallo individual	58
Anexo 2. Plantilla clasificación Modos de Fallo individual	61
Anexo 3. Lineamientos para la elaboración de informes de Modos de Fallo	66
Anexo 4. Términos de referencia para la contratación de talleres de identificación de Modos de Fallo	71

Documentos de apoyo a la aplicación de la guía

Catálogo para infraestructuras viales

Catálogo para obras de protección frente a inundaciones fluviales, pluviales y marítimas

Catálogo para presas de laminación, riego e hidroeléctricas

Catálogo para otras tipologías: plantas fotovoltaicas y escombreras

Siglas y abreviaturas

ANCOLD	<i>Australian National Committee on Large Dams</i> (Comité Nacional Australiano de Grandes Presas)
ASCE	<i>American Society of Civil Engineers</i> (Asociación Americana de Ingenieros Civiles)
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
CDA	<i>Canadian Dam Association</i> (Asociación Canadiense de Presas)
CCS	División de Soluciones de Cambio Climático del BID
CPR	Comunidad de Práctica de Resiliencia del BID
CWC	<i>Central Water Commission</i> (Comisión Central de Agua)
DRM	Unidad de Gestión de Riesgo de Desastres del BID
ESG	División de Soluciones Ambientales y Sociales del BID
ESR	Unidad de Gestión de Riesgos Ambientales y Sociales del BID
FERC	<i>Federal Energy Regulatory Commission</i> (Comisión Federal de Regulación de Energía)
FMEA	<i>Failure Modes and Effects Analysis</i> (Análisis de Modos de Fallo y sus Efectos)
ICOLD	<i>International Commission on Large Dams</i> (Comisión Internacional de Grandes Presas)
INE	Sector de Infraestructura y Energía del BID
ISO	<i>International Organization for Standardization</i> (Organización Internacional de Normalización)
MERDCC	Metodología de Evaluación de Riesgos de Desastre y Cambio Climático del BID (en inglés, DCCRAM)
MF	Modo de Fallo
MPAS	Marco de Política Ambiental y Social del BID
OP-704	Política de Gestión de Riesgo de Desastres del BID
PADE	Plan de Acción Durante Emergencias
PGRD	Plan de Gestión de Riesgo de Desastre
SPANCOLD	Comité Nacional Español de Grandes Presas
TIMF	Taller de Identificación de Modos de Fallo
USACE	<i>United States Army Corps of Engineers</i> (Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos)
USBR	<i>United States Bureau of Reclamation</i> (Oficina de Recuperación de Recursos Hidrológicos de los Estados Unidos)

Resumen ejecutivo

El Banco desarrolló en 2019 la [Metodología de Evaluación del Riesgo de Desastres y Cambio Climático en proyectos de infraestructura del BID](#) para facilitar la identificación y evaluación del riesgo de desastre y cambio climático en distintos sectores. Esta Metodología sirve como base para orientar la toma de decisiones en materia de resiliencia de manera específica en todo el

ciclo de vida de un proyecto, vinculándolo con las distintas etapas de la gestión del riesgo. La Metodología propone una aplicación de técnicas gradual por fases divididas a su vez en pasos, a completar mediante distintos métodos según el caso, donde los esfuerzos y recursos a destinar son proporcionales a los niveles de riesgo y complejidad de cada proyecto.

La técnica del Taller de Identificación de Modos de Fallo (TIMF) es una metodología de análisis del riesgo cualitativa completa y detallada, enmarcada dentro del Paso 4 de la Metodología, y uno de los hitos clave en el proceso de evaluación del riesgo de desastre definido en la Metodología para infraestructuras críticas.

Los procesos de TIMF evalúan el riesgo apoyándose en el juicio experto mediante sesiones participativas en las que un moderador o facilitador conduce una sesión de trabajo en la que técnicos relacionados con el proyecto y expertos externos evalúan conjuntamente los riesgos de desastre asociados a una infraestructura en fase de diseño o explotación.

El TIMF se desarrolla según una estructura genérica de base, independientemente de la tipología de la infraestructura, que incluye: revisión de información, visita técnica, identificación de los Modos de Fallo, evaluación, clasificación y recomendaciones. Éste es un paso fundamental para gestionar la incertidumbre en los proyectos y definir el alcance del análisis cuantitativo del riesgo, así como los insumos clave para el Plan de Gestión de Riesgo de Desastre y otros documentos asociados (Plan de Emergencias, Plan de Contingencias, PADE, Plan de Operación y Mantenimiento, Plan de Monitorización, etc). Esta técnica permite además identificar las necesidades de mejora en aspectos críticos de estudios y criterios de diseño que serán determinantes en etapas de proyecto previas a su ejecución.

La presente guía se complementa con una serie de catálogos anexos que proporcionan al usuario una recopilación de Modos de Fallo identificados en los últimos años a través de casos de aplicación en proyectos del BID para las tipologías de [proyectos de presas](#); [obras de protección frente a inundaciones](#); [infraestructura vial](#) y [otros tipos de proyectos singulares como: escombreras o instalaciones fotovoltaicas](#).

Desde el año 2017, especialistas de la Unidad de Gestión de Riesgo de Desastres (DRM), la División de Soluciones Ambientales y Sociales (ESG), la División de Cambio Climático (CCS) y la Unidad de Gestión de Riesgos Ambientales y Sociales (ESR), junto con especialistas del Sector de Infraestructura y Energía (INE), conforman la Comunidad de Práctica de Resiliencia (CPR). La CPR coordina las acciones del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) orientadas a generar y operativizar políticas, estrategias, acciones e instrumentos en materia de resiliencia ante desastres y sostenibilidad. La CPR constituye un referente de buena práctica a nivel de trabajo multisectorial en el ámbito de los organismos multilaterales.

Antecedentes

La División de Soluciones Ambientales y Sociales es responsable de asegurar, como parte de los equipos de proyecto y en coordinación con divisiones y sectores del Banco, que los proyectos de infraestructura que financia el BID identifican, evalúan y gestionan el riesgo para ser resilientes a los desastres y el cambio climático, contribuyendo así a lograr los objetivos de desarrollo sostenible y mejora de vidas en la región. Las actividades de identificación, evaluación y gestión del riesgo de desastres y cambio climático son obligatorias para los proyectos de infraestructura financiados por el Banco de acuerdo con en el [Marco de Política Ambiental y Social \(MPAS\) del BID de 2021 que reemplaza en este aspecto particular a la Política de Gestión de Riesgo de Desastres OP-704 de 2007](#), todavía vigente y aplicable en otras materias. Desde su publicación en 2019, ESG ha posicionado la Metodología en la base de su acción operativa para el cumplimiento del MPAS generando con ello una fuerte sinergia en su adopción que ha permitido contar con un amplio abanico de casos de estudio y lecciones aprendidas. Este proceso ha permitido identificar retos y oportunidades para acelerar su adopción.

En el año 2021, como parte de la revisión de la implementación de la Metodología y la adopción de sus herramientas de análisis de riesgo en proyectos de infraestructura, la CPR determinó la necesidad de desarrollar una serie de guías metodológicas y manuales específicos orientados a expandir la adopción de técnicas y procesos fuertemente demandados por nuestros clientes, con el objetivo de fortalecer las capacidades técnicas en la región y acompañar la creciente demanda de profesionales especializados.

Con este fin, en 2022 el Banco contrató a la firma especializada iPresas para desarrollar una consultoría para: (i) la revisión de casos en los que se aplicó la técnica TIMF y la identificación de mejores prácticas y lecciones aprendidas, (ii) la recopilación y catalogación tipológica de Modos de Fallo, (iii) el desarrollo de una guía y material complementario para el acercamiento de la metodología a los técnicos y tomadores de decisiones y (iv) el desarrollo de productos de conocimiento para facilitar el acceso y la transferencia tecnológica. Esta guía pretende ser una publicación de referencia para la adopción generalizada de la técnica de TIMF en la región. El resultado de este trabajo se resume en la presente publicación.

1. Introducción

La importancia de las infraestructuras civiles en nuestra sociedad, así como las amenazas naturales a las que están expuestas han hecho necesario el desarrollo de metodologías de análisis de riesgos que permitan evaluar los proyectos de una forma integral y completa, estudiando las incertidumbres existentes. De esta forma, se consiguen infraestructuras más resilientes frente a desastres y cambio climático durante toda su vida útil y, por lo tanto, una sociedad más adaptada frente a futuros eventos.

La presente guía tiene como **objetivo** desarrollar la metodología de los Talleres de Identificación de Modos de Fallo (TIMF), los cuales son la parte principal del **análisis cualitativo de riesgos** de desastre y cambio climático en infraestructuras.

La guía está desarrollada principalmente desde el **enfoque** del facilitador de los talleres, ofreciendo procedimientos detallados para llevar a cabo cada tarea, así como el material necesario para su correcto desarrollo.

Organizar y desarrollar un taller de identificación de Modos de Fallo no es una tarea simple, pero es un proceso relevante en la evaluación de los riesgos de una infraestructura, además de tener diversas **ventajas**:

- Mejora el conocimiento técnico de la infraestructura, su estado actual y su relación con el entorno.
- Gracias a la resolución de la pregunta *¿qué podría pasar para que falle la infraestructura?* se reduce la incertidumbre asociada a la misma. Ésta es una de las cuestiones clave a responder en el análisis del riesgo y donde la percepción del riesgo y el conocimiento multidisciplinar es clave.
- Permiten enfocar el análisis de riesgo cuantitativo en los Modos de Fallos más críticos, los cuales han sido identificados con una metodología robusta basada en criterio de expertos.
- La participación de expertos de diferentes disciplinas garantiza una visión más integral del riesgo, entendiendo las interrelaciones entre los diferentes componentes.
- Involucra al personal directamente relacionado con la gestión de riesgos a nivel local, regional y nacional en el proceso de análisis de riesgos.
- Permite plantear mejoras en fase de diseño, reforzando la solución adoptada y anticipándose a problemas futuros durante la fase de construcción, operación y mantenimiento. Estas propuestas de mejora pueden ser estructurales (cambios en el diseño de las obras) o no estructurales (mejoras en la gestión de emergencias, fortalecimiento de capacidades, entre otras).
- Propone mejoras en el mantenimiento y vigilancia de la infraestructura para mejorar su seguridad, las cuales son definidas de manera conjunta, favoreciendo el consenso sobre las recomendaciones.
- Permite proponer mejoras sobre los procedimientos de gestión del riesgo y la coordinación entre administraciones.
- Detecta necesidades de investigación y/o estudio para completar los proyectos, identificando posibles carencias en la información disponible.

La pionera en la aplicación de metodologías basadas en el riesgo fue la industria aeroespacial junto con la nuclear. Durante la década de 1960, esta industria desarrolló un proceso sistemático conocido como MEA (por sus siglas en inglés, de *Failure Modes and Effects Analysis*). A partir de entonces, la metodología de talleres de Modos de Fallo se ha ido extendiendo a numerosos campos y, desde finales de los años 80, a las infraestructuras civiles. Consecuentemente, el FMEA es una herramienta flexible que puede adaptarse a las necesidades específicas del sector o del producto.

A lo largo de los años, la técnica empleada en estos talleres ha ido evolucionando hasta el método empleado hoy en día en los talleres del BID. Su práctica cada vez más extendida en los proyectos del BID ha puesto de manifiesto el valor añadido de la misma a la hora de buscar soluciones más adaptativas o de bajo arrepentimiento desde la comprensión de los mecanismos de generación del riesgo ligados a un proyecto concreto y un contexto específico. Incorporar a los análisis variables de elevada incertidumbre asociada como la afectación por cambio climático o las dinámicas de desarrollo territorial futuras ligadas al propio proyecto, se ha demostrado eficaz a la hora de iniciar el camino hacia el análisis cuantitativo de manera racional y cimentada en el conocimiento fundamental de la física del problema. Esta ventaja de conocimiento profundo ha permitido, a su vez, identificar de partida medidas para hacer más resilientes los proyecto a través de su diseño, su gestión en las distintas fases y su socialización con los actores involucrados.

A la hora de evaluar los riesgos asociados a las infraestructuras civiles, en esta guía, se ha particularizado la metodología para cuatro **tipologías** inicialmente:

- [Obras de protección frente a inundaciones fluviales, pluviales y marítimas.](#)
- [Presas de laminación de crecidas, riego e hidroeléctricas.](#)
- [Infraestructura vial de transporte por carretera.](#)
- [Otro tipo de proyectos singulares: escombreras e instalaciones fotovoltaicas.](#)

Estas cuatro tipologías sirven de apoyo para el desarrollo de la guía de talleres de Modos de Fallo, las cuales se han definido a partir de las categorías planteadas en la metodología del BID de evaluación de riesgos de desastre y cambio climático (MERDCC), la cual queda detallada en el Capítulo 2, y a partir de los proyectos disponibles para el desarrollo de esta guía. Se prevén actualizaciones periódicas de esta guía ampliándola a nuevas tipologías.

Esta **guía** recoge desde los conceptos iniciales del análisis de riesgos (Capítulo 3), hasta los integrantes que deben considerarse para el desarrollo del taller (Capítulo 4). Seguidamente, se detalla paso a paso las distintas etapas del taller, ofreciendo ejemplos y consejos para su correcto desarrollo (Capítulo 5). Este capítulo se divide en 9 pasos que incluyen las acciones previas y el Paso final. Las acciones previas (Paso 0) tratan, entre otros aspectos, de la conveniencia de realizar o no los talleres online y de la necesidad de realizar capacitaciones previas al taller. Seguidamente, se detallan los principales aspectos a tener en cuenta para que el taller sea exitoso (Capítulo 6) y la transición del análisis cualitativo al cuantitativo (Capítulo 7), seguido finalmente de las conclusiones de la guía (Capítulo 8) y las referencias de talleres de Modos de Fallo (Capítulo 9).

La guía queda complementada con 4 anexos y 4 documentos de apoyo.

Los **anexos** ofrecen, en forma de plantillas, el material necesario para el desarrollo de los talleres (Anexo 1 y Anexo 2), recomendaciones de cómo realizar un buen informe de Modos de Fallo tras finalizar el taller (Anexo 3) y una plantilla de Términos de Referencia (TdR) para ofertar un taller de Modos de Fallo (Anexo 4).

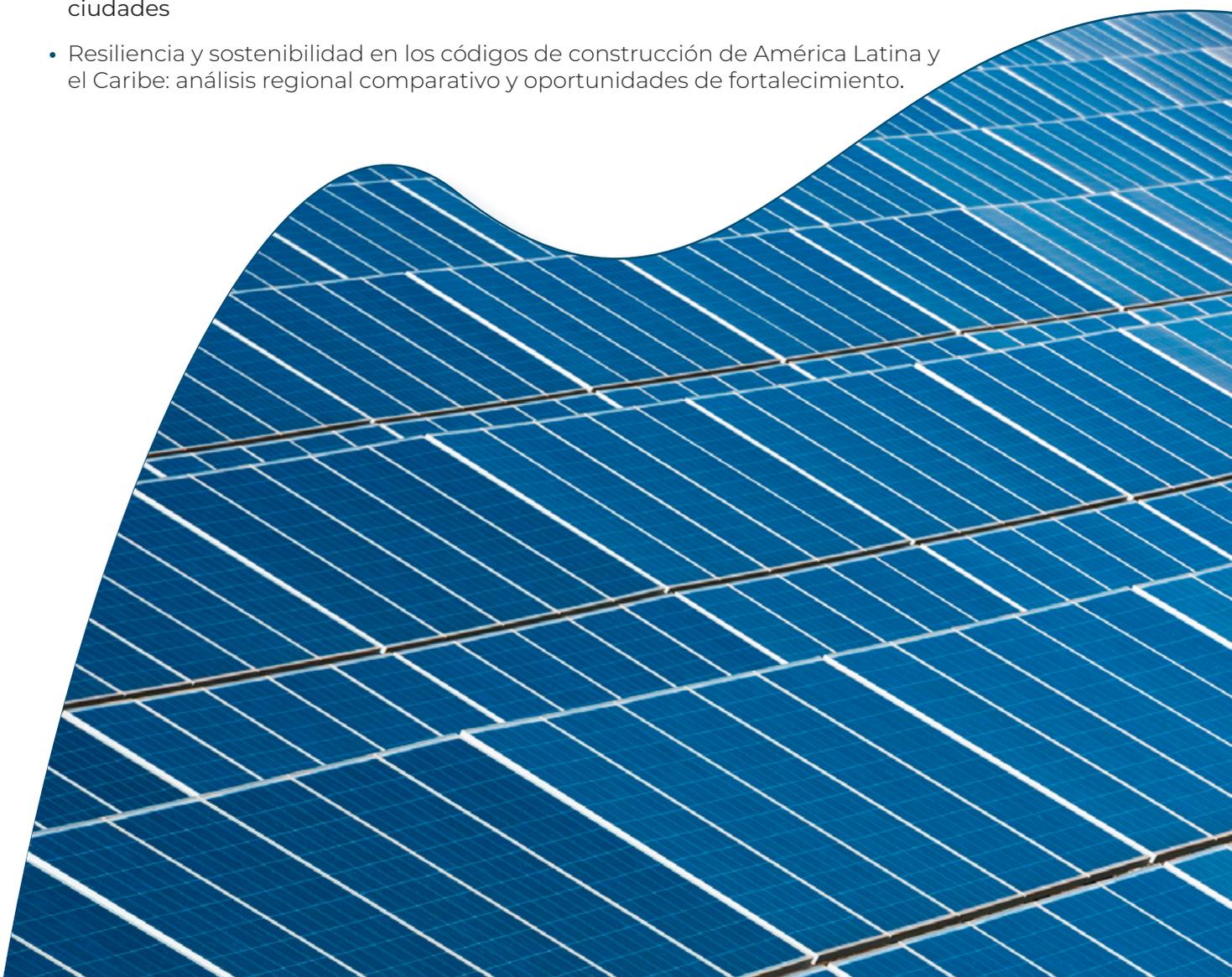
Los **documentos de apoyo** son una extensión de la guía, donde se proporcionan al usuario ejemplos y recomendaciones para su aplicación práctica a cada una de las cuatro tipologías indicadas anteriormente:

- [Catálogo para infraestructuras viales](#)
- [Catálogo para obras de protección frente a inundaciones fluviales, pluviales y marítimas](#)
- [Catálogo para presas de laminación, riego e hidroeléctricas](#)
- [Catálogo para otras tipologías: plantas fotovoltaicas y escombreras](#)

Esta serie de catálogos se actualizará y complementará periódicamente, incorporando más ejemplos de Modos de Fallo y mayor número de catálogos con tipologías de proyectos adicionales.

Finalmente, cabe mencionar la existencia de otras guías que pueden servir de apoyo en la gestión y evaluación de riesgos de desastres y cambio climático en proyectos de infraestructura del BID.

- Guías para la realización de Planes de Gestión de Riesgos de Desastre en proyectos de infraestructura del BID.
- Guías para la incorporación de evaluaciones de riesgo de desastre en los estudios de impacto ambiental y social en proyectos del BID.
- Bases generales para el desarrollo de estudios de reducción de riesgos hidrológicos en ciudades
- Resiliencia y sostenibilidad en los códigos de construcción de América Latina y el Caribe: análisis regional comparativo y oportunidades de fortalecimiento.

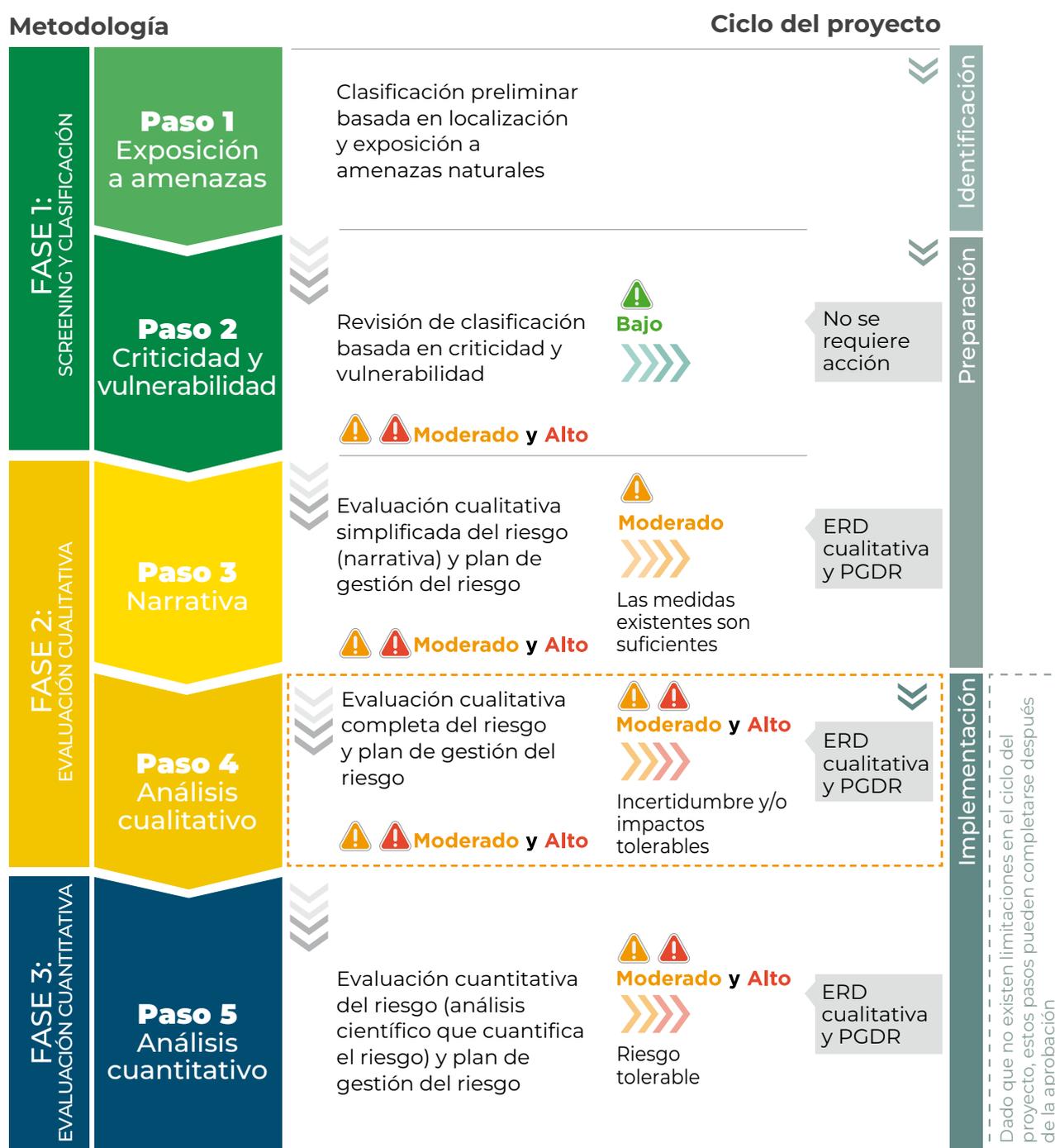


2 - Metodología para la evaluación del riesgo de desastre y cambio climático del BID

El BID, ha desarrollado una metodología propia denominada “**Metodología para la evaluación del riesgo de desastre y cambio climático**” (MERDCD), basada en un proceso gradual y escalable que trata de sistematizar los pasos necesarios para identificar, evaluar y gestionar el riesgo de desastres y cambio climático en los proyectos de infraestructura civil a lo largo de todo su ciclo de vida.

Esta metodología parte de la premisa de que no todos los proyectos son iguales, sistematizando el proceso a partir de métodos, técnicas y herramientas aplicables a todas las infraestructuras civiles. Dicho proceso (Figura 1) se divide en **cinco pasos** agrupados en tres fases: clasificación, análisis de riesgos cualitativo y análisis de riesgos cuantitativo.

Figura 1. Esquema de las fases y los pasos de la DCCRAM



Fuente: (BID, 2019).

Cada uno de estos pasos incluye distintos métodos de evaluación:

- **PASO 1 – Screening** – evalúa la exposición del proyecto a amenazas naturales (sismo, inundación...) a través de mapas temáticos.
- **PASO 2 – Criticidad** – evalúa la vulnerabilidad del proyecto mediante unos “cubos” específicos para cada sector, los cuales evalúan las tres dimensiones clave que podrían disparar la criticidad del proyecto.

En este punto se otorga una clasificación a cada proyecto. Los proyectos con clasificación de riesgo de desastre y cambio climático moderada o alta requerirán de un Plan de Gestión de Riesgo de Desastre desarrollado proporcionalmente a partir de los resultados de los pasos descritos a continuación:

- **PASO 3 – Narrativa** – este paso se realiza si el riesgo derivado de los pasos 1 y 2 es moderado o alto, y consiste en recopilar la información del proyecto y evaluar la gestión de riesgos de desastre en el proyecto respecto a su contexto y, en su defecto, detallar los estudios o documentos necesarios para realizar el análisis de riesgos y su gestión requerida.
- **PASO 4 – Análisis cualitativo del riesgo** – este paso se lleva a cabo si la gestión de riesgos no ha sido considerada correcta o completamente en el proyecto de acuerdo con sus características. Existen varios métodos cualitativos como el método Delphi, que realiza entrevistas y encuestas online a un panel de expertos; o las matrices de riesgo, las cuales califican el riesgo conforme a la magnitud y frecuencia de los impactos. No obstante, el alcance del método Delphi o las matrices es mucho más limitado que un análisis de **Modos de Fallo**, aconsejándose únicamente para análisis cualitativos preliminares.

La metodología presentada en esta guía es la recomendada para las infraestructuras o intervenciones más complejas y consiste en realizar una revisión de información detallada, identificación de Modos de Fallo de la infraestructura y propuesta de medidas de reducción de riesgo. Todo ello a través de un taller participativo con expertos en el área de estudio familiarizados con el proyecto. En cualquier caso, es fundamental que la aplicación de cualquiera de las técnicas mencionadas cuente con la participación de profesionales y técnicos locales para aprovechar su conocimiento de la infraestructura.

- **PASO 5 – Análisis cuantitativo del riesgo** – Si la incertidumbre o el riesgo obtenido del Paso 4 ameritan un análisis más detallado, se realiza un análisis cuantitativo del riesgo, evaluando los daños, pérdidas económicas y humanas que puedan derivarse del fallo o mal funcionamiento de la infraestructura, siempre desde el punto de vista de las amenazas naturales. El análisis de riesgos cualitativo realizado en el Paso 4 permite acotar el posterior análisis de riesgos cuantitativo, ya que, a partir de la identificación y clasificación de Modos de Fallo, se decide cuáles de éstos serán incorporados en el modelo de cálculo cuantitativo.

Dentro de esta metodología del BID, una de las técnicas más utilizadas para realizar el análisis cualitativo – el Paso 4 – en proyectos de infraestructura complejos es el **Taller de Identificación de Modos de Fallo (TIMF)**, siendo la más recomendada en el proceso de evaluación completa del riesgo de desastre en este tipo de proyectos por facilitar la comprensión profunda del caso, así como permitir un avance conceptualmente robusto hacia técnicas de evaluación cuantitativas. Estos talleres evalúan los riesgos desde un punto de vista del juicio experto, identificando los Modos de Fallo de una infraestructura mediante sesiones participativas donde un moderador/facilitador conduce la sesión en la que técnicos encargados del proyecto y expertos externos evalúan conjuntamente los riesgos por desastre asociados a la infraestructura.

Los talleres tienen una **estructura base**, independientemente de la tipología de la infraestructura, que incluye: revisión de información, visita técnica, identificación de los Modos de Fallo, clasificación y recomendaciones.

A partir de esta estructura, encontramos variaciones según la tipología, pudiendo añadir algún apartado o variaciones en la estructura de la revisión de información, los expertos que deben asistir a las sesiones o los eventos desencadenantes de los Modos de Fallo.

Más información puede encontrarse en el sitio web: [BID | DCCR Metodología de Evaluación](#)



3 - Conceptos iniciales

En esta sección se presenta, de manera resumida, la estructura del Taller de Identificación de Modos de Fallo, la cual se desarrollará en profundidad en las siguientes secciones. Asimismo, se detallan algunas definiciones básicas para comprender el proceso del taller.

En primer lugar, para entender el objetivo del taller, debemos definir **qué es un Modo de Fallo** (MF).

Un Modo de Fallo se define como la secuencia particular de eventos que puede dar lugar a un funcionamiento inadecuado de la infraestructura o el sistema de gestión. Esta serie de sucesos se asocia a un determinado escenario de solicitud y tiene una secuencia lógica, la cual consta de un evento inicial desencadenante, una serie de eventos de desarrollo o propagación y culmina con el fallo de la estructura, como se muestra en la Figura 2.

Figura 2. Esquema genérico de eventos de un Modo de Fallo



En general, cualquier Modo de Fallo con el potencial de producir consecuencias sociales adversas (pérdida de vidas, deslizamientos, inundaciones de áreas urbanas, etc.) o consecuencias medioambientales o económicas significativas debe ser identificado y analizado a lo largo de los talleres de identificación de Modos de Fallo. La identificación no se limita a la estructura física de la infraestructura, sino que puede incluir cualquier característica o componente del sistema.

En general, los Modos de Fallo están directamente relacionados con escenarios de solicitud, que están definidos por los eventos naturales que pueden afectar a la infraestructura. A continuación, en la Figura 3 se pueden observar algunos ejemplos de amenazas naturales que pueden ser un detonante para el desencadenamiento de un Modo de Fallo.



4 - Participantes del Taller

Figura 3. Riesgos por amenazas naturales

La realización de Talleres de Identificación de Modos de Fallo permite la incorporación del **juicio experto** en el proceso de análisis de riesgo, contribuyendo a reducir la incertidumbre, ya que permite identificar posibles escenarios como fruto de la interacción entre los distintos participantes. Por ello, para que un taller sea fructífero, existen ciertos actores que son indispensables en el grupo de trabajo. A lo largo de este apartado se presentan las funciones y el perfil que deben cumplir estos actores.

Es conveniente realizar talleres con un número de personas adecuado, ya que un número de participantes elevado puede resultar en un taller desorganizado o que se alargue en el tiempo, y, por el contrario, contar con muy pocos participantes puede afectar a la riqueza de estos talleres, los cuales están basados en el debate y el intercambio de opiniones. De acuerdo con la experiencia obtenida, se ha determinado que el **número ideal de participantes ronda entre las 10 y 30 personas**, sin incluir el equipo facilitador.

Nota: en algunos casos particulares, pueden utilizarse ejemplos de evaluación de Modos de Fallo en capacitaciones, en las que participen un mayor número de personas.

Previamente a la realización de los talleres, se debe trabajar un listado con el máximo nivel de detalle posible, de forma que se contacte con antelación a los participantes, se recopile la información faltante, se entiendan los perfiles con los que se cuenta y los que podrían estar faltando, etc.

Los integrantes del taller se pueden diferenciar en dos grupos principalmente: el facilitador y los participantes.

4.1 Facilitador

La figura del **facilitador** es muy importante en los talleres. Es la persona encargada de guiar el taller, presentar la revisión de información y completarla con las opiniones de los técnicos; facilitar los formularios para evaluar el estado actual de la infraestructura, identificar los Modos de Fallo y clasificarlos; resolver dudas en caso de que las haya, así como resolver conflictos o redireccionar la conversación si se está desviando del objetivo.

Esta figura debe ser **experta en la metodología** y tener conocimientos técnicos de la infraestructura que se está analizando. Sin embargo, si bien el facilitador debe tener experiencia suficiente en el campo de estudio para asegurarse el respeto y confianza de los participantes, debe asegurarse de que los participantes expresen su opinión y aporten al taller, de manera que no prevalezca la opinión del facilitador sobre la de los participantes. Los facilitadores suelen tener un perfil ingenieril, si bien pueden ser de otras disciplinas.

Además, el facilitador debe tener un perfil que cumpla ciertas **cualidades**:

- **Ser objetivo**, presentar los hechos de manera clara y sin analizar o dar su opinión.
- Tener habilidades para el manejo de expectativas y sensibilidades diversas en el tratamiento de temas complejos que afectan a distintos intereses.

- Capacidad para manejar grupos de personas y fomentar la participación activa y homogénea.
- **Ser receptivo** (tener la mente abierta) con los argumentos o ideas aportadas por los participantes.
- Tener una **personalidad diplomática y** disponer de la **perseverancia** necesaria para manejar situaciones complicadas.
- Ser una persona organizada y tener capacidad e interés por el aprendizaje continuo.
- Disponer de la capacidad para acelerar o ralentizar el proceso cuando sea necesario.
- **No tener conflicto de intereses** con el proyecto que va a analizar.

Finalmente, aunque la figura del facilitador es una sola persona, es recomendable que tenga **equipo de apoyo** (1-2 personas) que colaboren en la revisión de información, elaboración de los formularios y la resolución de dudas en los momentos de realizar ejercicios prácticos.

La presentación de la revisión de información durante el taller la puede realizar tanto el facilitador como su equipo. En este segundo caso, mientras el miembro de apoyo expone, el facilitador puede hacer preguntas, aclaraciones, pedir apoyo específico a alguno de los asistentes, reconducir la conversación en beneficio de la evaluación técnicamente honesta e imparcial, etc.

4.2 Participantes

La diversidad de participantes en los talleres es un punto crítico. Se recomienda que haya al menos **un experto y un técnico por área del proyecto** con la finalidad de enriquecer el taller desde una perspectiva holística y abarcar todas las áreas del mismo.

Nota: Por ejemplo, para abordar un taller sobre obras de protección frente a inundaciones sería recomendable, como mínimo, la participación de una persona experta para cada una de las siguientes áreas o disciplinas: el diseño, la hidrología e hidráulica, la geología y geotecnia, el impacto ambiental y social, la planificación territorial, la auscultación de la infraestructura y la gestión de emergencias.

Además de contar con especialistas en diferentes áreas, se debe contar con personas que conozcan el contexto ambiental y social de la zona donde se ubica la infraestructura. Para cumplir con este requisito sería importante invitar a autoridades locales. Por ejemplo, si el proyecto se relaciona con actividades productivas agrícolas es importante invitar a conocedores de dicha actividad. Asimismo, se debe considerar invitar a conocedores del contexto social, particularmente si hay grupos indígenas. De igual modo, sería deseable considerar la perspectiva de género, muy vinculada a los distintos usos que puede tener la infraestructura y a los posibles impactos que puedan tener los fallos y las acciones para reducir el riesgo.

También, en muchos casos, se ha identificado la importancia de involucrar a los **responsables de los proyectos**, dándoles un espacio para que expliquen su proyecto y se sientan así partícipes del proceso. Este aspecto mejora la actitud de todo el equipo proyectista de cara al taller, enfocándolo con una actitud positiva y participativa y evitando la percepción de estar sometidos a un proceso de auditoría del proyecto.

En resumen, el **perfil de los participantes** debe ser variado, desde técnicos que hayan participado en la planificación o diseño del proyecto, a personal encargado de la gestión de emergencias, así como especialistas en impacto ambiental y social de la zona que puedan ofrecer información de las potenciales consecuencias derivadas del fallo de la infraestructura. Asimismo, también deben participar expertos externos que se considere que pueden aportar valor a los talleres, como por ejemplo universidades de la zona, servicios de meteorología, institutos de investigación, entre otros.

En los documentos de apoyo a la aplicación de la Guía Metodológica se puede encontrar información detallada de los participantes para cada tipología de infraestructura. A continuación, se detalla, de manera general, el personal mínimo que debe considerarse para los talleres.

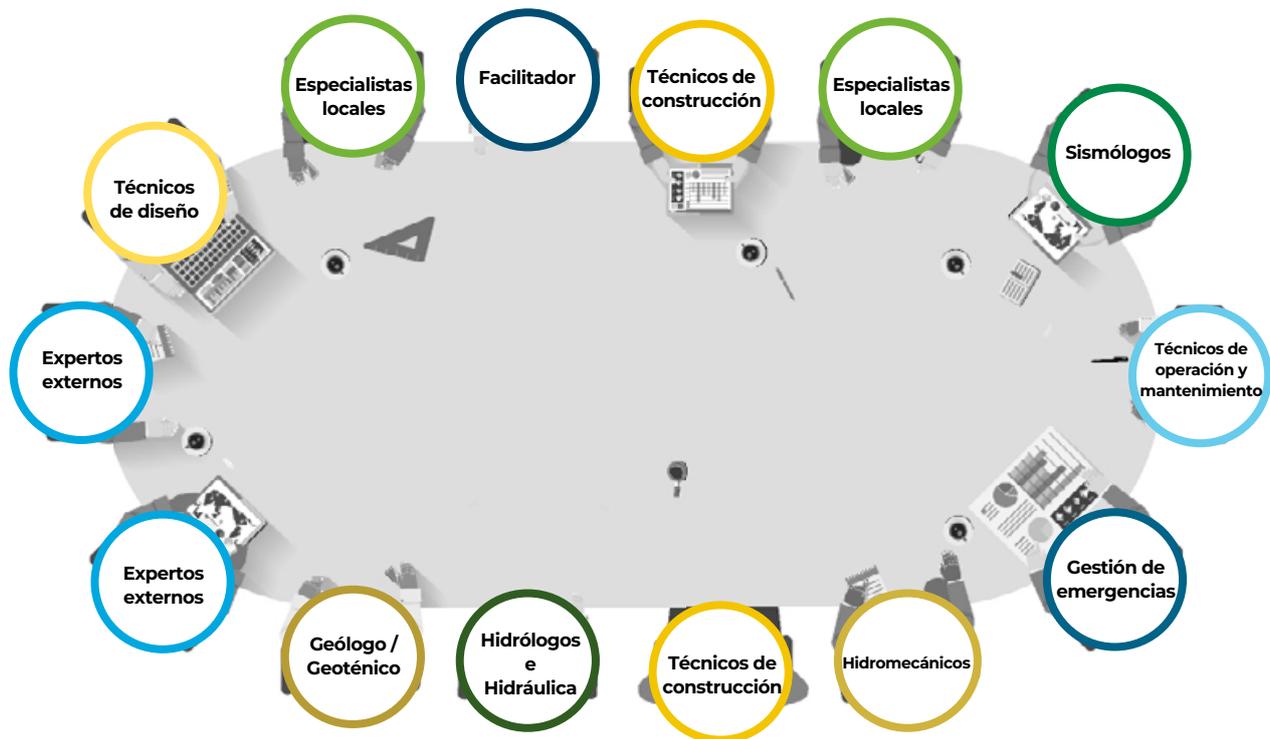
Nota: El lector debe analizar las funciones de los participantes y escoger aquellos perfiles que son aplicables a su caso, añadiendo otros complementarios si se considera necesario.

- Técnico en **hidrología e hidráulica**. Si el proyecto incluye un estudio hidrológico y/o hidráulico o pueden ser importantes los riesgos de inundación y/o sequía en la zona, se recomienda invitar al técnico/s que haya participado en el estudio, o en su defecto a un experto en el tema de riesgos de inundación y/o sequía que pueda aportar su opinión. Independientemente de la fase de proyecto en la que se realice el taller, se recomienda invitar a esta figura para participar en la sesión.
- Técnico con experiencia en medidas de adaptación al **cambio climático**. Si el proyecto incluye un estudio hidrológico y/o hidráulico o puede ser importante la influencia del cambio climático en la intensidad de las precipitaciones y el nivel de las crecidas para un determinado periodo de retorno, se recomienda invitar a un experto en el tema de riesgos de cambio climático que pueda aportar su opinión. Independientemente de la fase de proyecto en la que se realice el taller, se recomienda invitar a esta figura para participar en la sesión.
- **Geólogo/Geotécnista**. En la mayoría de los proyectos de infraestructura es necesario conocer el estado y composición del material de cimentación, así como los riesgos geotécnicos y sísmicos de la zona. Por ello, se recomienda la presencia de un técnico experto en el campo de geología y geotecnia que pueda aportar su opinión sobre el material y el diseño de la cimentación, de los materiales del área del proyecto y, si aplica, de los materiales empleados para la construcción de la infraestructura. Asimismo, si la infraestructura se encuentra en una zona sísmica, los geólogos/geotécnicos participantes deben tener conocimientos técnicos suficientes para analizar los riesgos derivados y diseñar según estas solicitudes. Independientemente de la fase de proyecto en la que se realice el taller, se recomienda invitar a esta figura para participar en la sesión.
- Técnico conocedor del **diseño** de la infraestructura. Es recomendable la presencia de los técnicos responsables del diseño del proyecto para que compartan su experiencia y las problemáticas acaecidas, independientemente de la fase de proyecto en la que se realice el taller. Estos participantes enriquecen los talleres de Modos de Fallo, pero no son actores críticos para su desarrollo a excepción de los proyectos en fase de diseño, en los cuales este personal es clave.
- Técnico que haya participado en la **construcción**. En caso de estar evaluando una infraestructura ya construida o en proceso de construcción, se recomienda la presencia de alguno de los técnicos responsables de la construcción y de la asistencia técnica de la

obra para que compartan su experiencia, las posibles modificaciones que sufrió el diseño original, así como el proceso constructivo empleado. Estos participantes enriquecen los talleres de Modos de Fallo ofreciendo información extra a la presentada en los informes.

- Técnico de **operación y mantenimiento**. En caso de estar evaluando una infraestructura en fase de operación, se recomienda que asistan al taller tanto los técnicos encargados de realizar las inspecciones y el mantenimiento, como el encargado de realizar la explotación de la infraestructura, pues su experiencia puede ser fructífera a la hora de identificar potenciales Modos de Fallo por mal funcionamiento y/o operación. Por otro lado, si se trata de un proyecto de nueva infraestructura, se recomienda invitar al personal técnico de la entidad que vaya a estar encargado de la operación y el mantenimiento de la infraestructura, pues los resultados de estos talleres les permitirán identificar riesgos en el futuro.
- **Elementos hidromecánicos**. En caso de que la infraestructura disponga de elementos hidromecánicos, es recomendable que al menos una persona experta en el funcionamiento de estos elementos asista a los talleres cuando sean críticas para la seguridad de la infraestructura.
- **Gestión de emergencias**. Disponer de una gestión de emergencias organizada y estructurada es muy importante para la gestión de desastre, por ello, se recomienda invitar a los talleres al personal encargado de la gestión de emergencias en caso de fallo o mal funcionamiento de la infraestructura. Estos participantes ayudan a comprender las consecuencias derivadas del fallo o mal funcionamiento de la infraestructura y entender cómo está organizado el sistema de gestión de emergencias.
- **Especialistas ambientales y locales**. En ocasiones, puede ser interesante la participación de especialistas ambientales y sociales locales. Estos participantes pueden aportar conocimientos de la zona relevantes para el desarrollo del taller, por ejemplo, acerca de la efectividad de los medios de aviso a la población en caso de emergencia, amenazas naturales específicas de la zona (por ejemplo, volcanes), el impacto de la infraestructura en las comunidades cercanas, la interrelación de dicha infraestructura con otras infraestructuras existentes (p.ej. carreteras-drenaje, presas-red de riego, etc.) o el propio uso de la infraestructura y su impacto social y/o de género.
- Técnicos relacionados con la **gobernanza del riesgo** en el área de influencia del proyecto. Es recomendable que estos participantes cooperen en comités de Gestión del Riesgo o sean responsables institucionales de ejecutar planes de gestión del riesgo.
- Es recomendable la presencia de **expertos externos** al proyecto. Los expertos no solo aportan su vasto conocimiento técnico, sino que ofrecen una visión ajena al proyecto, poniendo de manifiesto aspectos que pueden pasar desapercibidos frente a los técnicos encargados del proyecto por el simple hecho de estar inmersos en el mismo.
- Finalmente, y dependiendo del caso, es deseable evaluar la conveniencia de aportes desde el conocimiento de la comunidad a través de sus representantes técnicos comunitarios o de las municipalidades. Esta participación debe fomentarse y circunscribirse al ámbito técnico, el objetivo de la evaluación y el caso tratado, sumando a la evaluación el conocimiento y experiencia de primera mano para un entendimiento cercano y específico del contexto particular, así como posibles medidas adaptadas a las capacidades locales. Es recomendable asegurar que el lenguaje, la información y los procedimientos permitan una participación efectiva de este perfil de participantes. Deben también integrarse o fomentarse el uso de herramientas de recopilación de conocimiento comunitario como los mapas de riesgo comunitarios, encuestas de percepción o de levantamiento de datos de eventos históricos.

Figura 4. Esquema ilustrativo de los integrantes (por colores) de un taller



Una vez identificados los perfiles necesarios para el taller hay que proceder a su invitación. En dicha invitación es recomendable exponer las expectativas del taller, definiendo lo que se espera de ellos en términos de participación y dedicación de tiempo. Algunos de los puntos clave a resaltar en la invitación son:

- ✓ Objetivo: Definir lo que se espera obtener con el taller y por qué es relevante su participación.
- ✓ Agenda: Detallar la agenda del taller para la que se cuenta con su asistencia y resaltar cuándo se espera su participación activa (tramos de debate).
- ✓ Especificar que no es necesaria una preparación previa al taller por parte de los participantes, sí bien si se pide una participación activa durante el mismo y el fomento de un ambiente colaborativo e integrador.

Nota: Durante las sesiones del Taller de Identificación de Modos de Fallo es recomendable que cada participante disponga de una tarjeta identificativa (a modo de letrero, pegatina, sticker, colgante o similar) con su nombre, profesión y entidad a la que pertenece. Esta práctica permite tanto al facilitador como al resto de participantes interactuar de manera más directa, así como identificar quién está interviniendo en el debate y en qué materia es experto.

5 - Taller de identificación de Modos de Fallo

El Taller de Identificación de Modos de Fallo debe desarrollarse en un **ambiente colaborativo e integrador** donde varios especialistas pongan en común sus conocimientos con el objetivo de identificar los potenciales Modos de Fallo que podrían producirse en la infraestructura analizada.

5.1 Estructura del TIMF

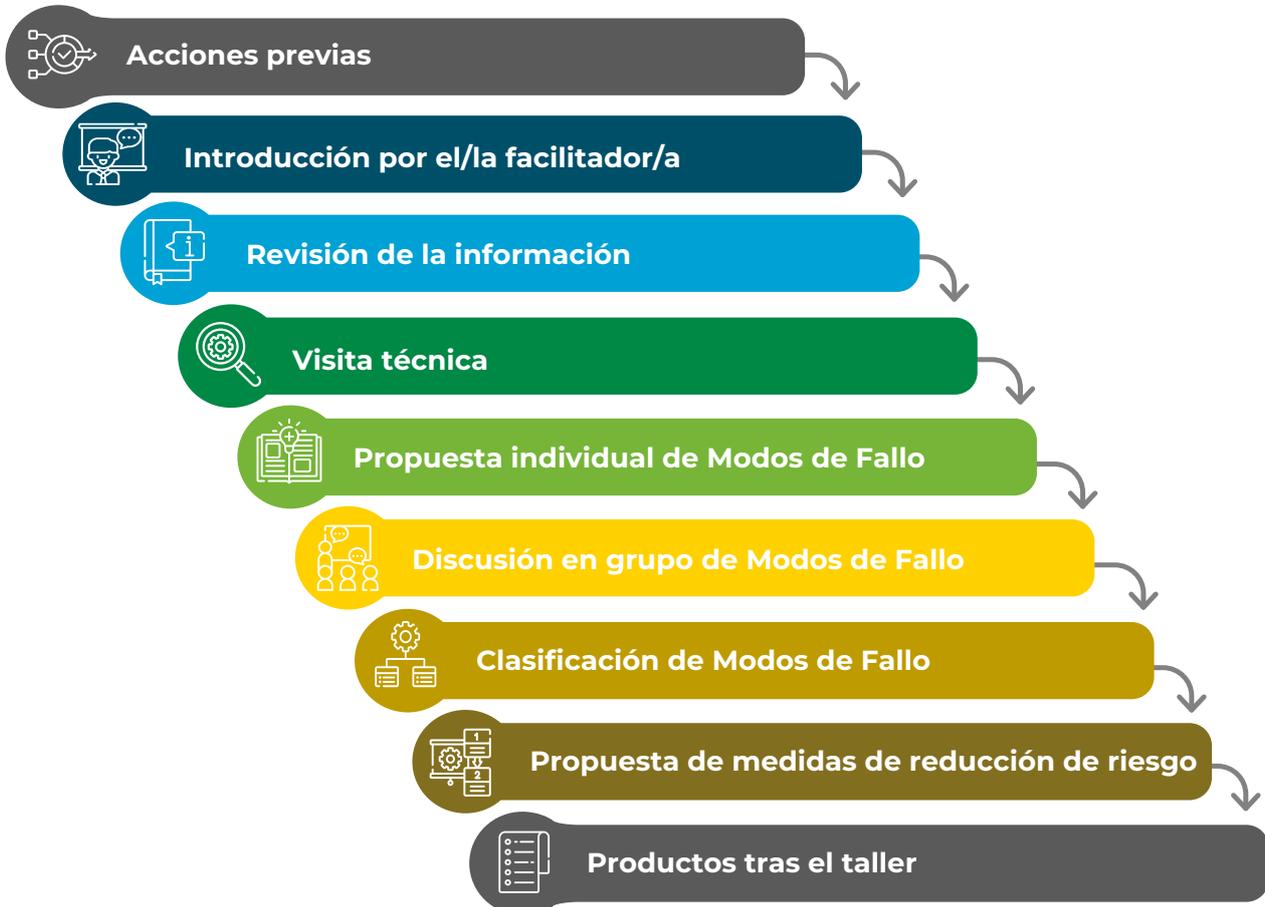
En los siguientes apartados se desarrolla la estructura en las que se basa el proceso del TIMF. Este proceso se divide en **7 Pasos** principalmente (Figura 5) variando ligeramente según la tipología de la infraestructura y de la modalidad del Taller (online o presencial). A estos pasos se le suma un **Paso 0 (o acciones previas)** que tendrá lugar antes de la realización del taller y el **Paso final** que incluirá algunos productos derivados del taller.

- 0 Paso 0: Acciones previas.** Antes de empezar el taller propiamente dicho, incluir un listado con los perfiles solicitados, el tiempo de dedicación y una agenda tentativa. Indicar la información que se debe recolectar y la logística para realizar el taller.
- 1** El primer paso del taller es la **introducción por el facilitador (Paso 1)**. Ésta incluye una explicación de la metodología y los principales conceptos de riesgo, análisis de riesgos cualitativo y Modos de Fallo.
- 2** Seguidamente se realiza una **revisión integral de la información** disponible de la infraestructura (**Paso 2**). Ésta es una etapa clave, pues es necesario disponer de un conocimiento en profundidad del sistema, las infraestructuras y elementos que lo componen, así como las posibles consecuencias potenciales que puedan derivarse de un fallo o mal funcionamiento. El objetivo es que todos los participantes estén alineados y tengan la misma información a la hora de realizar la identificación de Modos de Fallo.
- 3** Una vez conocida la infraestructura, se realiza una **visita técnica** con todos los participantes del taller (**Paso 3**). Ésta visita debe servir para verificar o contrastar la información analizada durante la revisión de información. La visita permite entender los aspectos fundamentales en materia de diseño y ejecución, así como profundizar más sobre aquellos puntos críticos identificados.
- 4** Una vez realizada la revisión de información y la visita técnica, se procede a realizar la **identificación de Modos de Fallo**. La primera etapa es individual (**Paso 4**), donde cada participante hace una primera identificación cumplimentando un formulario.
- 5** Seguidamente va la **fase grupal (Paso 5)**, donde se ponen en común todos los Modos de Fallo identificados, se definen, dibujan y se buscan los factores que pueden aumentar o disminuir su riesgo.
- 6** A continuación, los Modos de Fallo identificados se analizan en detalle y se realiza su **clasificación** en función de su probabilidad de ocurrencia, consecuencias e incertidumbre asociada (**Paso 6**).
- 7** Finalmente, se proponen **medidas** para reducir el riesgo, así como para reducir la incertidumbre asociada si es necesario (**Paso 7**).
- 8** Una vez finalizado el taller (**Paso final**), el equipo del facilitador debe desarrollar ciertos productos que recojan los insumos de taller para que no se pierda el conocimiento adquirido durante el mismo. De igual manera, que deben establecer el plan de acción o plan de gestión de riesgos de desastre (PGRD) derivado.

Una vez concluido el Taller de Identificación de Modos de Fallo las tareas que prosiguen son:

- Hoja de ruta de compromisos.
- Revisiones a los documentos generados.
- Socialización de resultados.

Figura 5. Estructura de los Talleres de Identificación de Modos de Fallo



5.1 Pasos del TIMF

A continuación, se detallan cada uno de los principales pasos del Taller.

Paso 0: Acciones previas

Previamente al taller existe mucho trabajo de oficina que debe tenerse en cuenta a la hora de programar la sesión y/o licitar el contrato. En conjunto se podría estimar que este proceso puede llevar entre 20 y 30 días.

Hay **5 aspectos clave** que deben desarrollarse antes de comenzar el taller:

- Recopilación y revisión de información,
- decisión de realizar el taller online o presencial,
- identificación de los participantes,
- coordinación y material necesario,
- y capacitación previa.

Estos aspectos quedan detallados a continuación y los **productos** esperados antes del inicio del taller son:

- Presentación de apoyo para el desarrollo del taller: presentación que sirve de guía para el facilitador y donde se incluyen explicaciones y ejemplos del proceso. Suele estar estructurada en los 7 pasos del taller, si bien, como se indica a continuación, se recomienda que el Paso 2 sea una presentación aparte por facilidad logística.
- Presentación de la revisión de información, vinculada al Paso 2.
- Formularios necesarios para el desarrollo del taller, vinculado principalmente a los Pasos 4 y 6. Ver Anexo 1 y Anexo 2.

Recopilación y revisión de información

Entre otros aspectos, el facilitador y su equipo deben recopilar toda la **información** necesaria para realizar la revisión de información que se presentará a los participantes durante el taller, así como preparar la presentación correspondiente.

Esta información debe ser facilitada por el cliente, pero puede llevar tiempo recopilarla. Asimismo, para infraestructuras de gran entidad puede ser recomendable realizar una visita previa que permita la correcta recopilación de información por parte del facilitador y su equipo. Esta visita previa también puede ser útil para hacerse una idea de la situación actual y que el facilitador pueda orientar el taller.

Finalmente, también es importante tener en cuenta el tiempo necesario para revisar la información recopilada y generar la presentación que se empleará durante el Paso 2.



Recomendaciones antes de comenzar la revisión de información

- Se recomienda definir la estructura de la presentación/documento antes de comenzar a revisar.
- Chequear que se dispone de los documentos necesarios antes de comenzar.
- En ocasiones, puede ser recomendable compartir la revisión de información con los participantes un par de días antes del taller.

Decisión de realizar el taller online o presencial

La digitalización de los procesos está a la orden del día. Si bien es cierto que realizar las reuniones en modalidad online flexibiliza el horario y se traduce en una mayor asistencia, no todo son ventajas y no en todas las ocasiones es la mejor opción. A lo largo de esta sección se presentan las ventajas e inconvenientes de realizar los talleres online, basándose en la experiencia obtenida en la última década.

Sin embargo, antes de comenzar, cabe mencionar algunos aspectos:

- La rápida digitalización sufrida en 2020 a causa de la pandemia del COVID 19 ha contribuido a la ampliación de la cobertura de conexión a internet para realizar videoconferencias. Esto ha expandido la viabilidad de realizar **talleres** de manera online o incluso en modalidad mixta si alguno de los expertos no pudiese asistir presencialmente.

- Por otro lado, en la etapa de identificación de Modos de Fallo individuales (Paso 4) y en la clasificación (Paso 6), existen **formularios** que deben ser rellenos por los participantes. Desde la digitalización de los procesos, estos formularios pueden realizarse de manera online, agilizando el post-procesamiento de datos y generando bases de datos homogéneas.

Teniendo en mente estos dos aspectos, a continuación, se muestran las ventajas e inconvenientes de realizar los talleres online, presencial o mixtos.

TALLERES ONLINE

Ventajas

- ✓ Permite mayor asistencia y participación.
- ✓ Flexibiliza horarios, abarcando más regiones.
- ✓ Uso de formularios online que facilitan el post-procesamiento de datos.

Inconvenientes

- ✗ Puede descontrolar el número de participantes del taller.
- ✗ Se vuelve impersonal.
- ✗ Es más difícil llegar a los participantes, conseguir su participación y crear un ambiente proactivo.
- ✗ Para evitar la pérdida de atención se tiende a condensar los talleres en menos tiempo, lo que perjudica al proceso y los resultados.
- ✗ La visita técnica se realiza virtualmente a través de imágenes de campo, satelitales y drone, siendo de menor profundidad.

TALLERES PRESENCIALES

Ventajas

- ✓ Número de participantes controlado.
- ✓ Hay cercanía con los participantes, generando confianza y fomentando un ambiente proactivo.
- ✓ Uso de formularios físicos que permiten mayor facilidad para dibujar los esquemas de Modos de Fallo y discusión entre participantes.
- ✓ Manejo del tiempo más flexible que permite extenderse y profundizar en ciertos puntos
- ✓ Permite realizar una visita técnica presencial, muy recomendable en muchos casos.

Inconvenientes

- ✗ Es menos flexible en cuanto a horarios y requiere más tiempo.
- ✗ Requiere de desplazamientos entre regiones, lo que aumenta el coste.

TALLERES HÍBRIDOS

Ventajas

- ✓ Permite mayor asistencia y flexibilidad horaria.
- ✓ Realización de los formularios online, lo cual facilita el post-procesamiento de datos.

Inconvenientes

- ✗ Esperas más largas mientras los participantes en presencial realizan sus presentaciones.
- ✗ La sesión presencial debe respetar los turnos de palabra, si no los participantes online tendrán dificultad para seguir el taller.
- ✗ Puede descontrolar el número de participantes del taller.
- ✗ Al no poder levantar la mano, el equipo de apoyo del facilitador debe estar muy atento para que los participantes online puedan participar.
- ✗ El facilitador debe controlar mucho los tiempos para que la parte online no se desconecte.
- ✗ Es difícil crear un ambiente proactivo teniendo a los actores divididos entre presencial y online.
- ✗ Mezcla de formularios online y físicos.
- ✗ Se corre el riesgo de que la visita de campo no sea útil para los participantes online. Para evitarlo, la visita técnica debe ser online o se debe hacer un resumen fotográfico tras la visita presencial.

Identificación de los participantes

Otra de las tareas a realizar durante este Paso 0, una vez conocida la modalidad del taller (online/presencial/mixta), es la identificación de los **participantes** que deben asistir a la sesión, así como gestionar su invitación y confirmación.

Éste es un aspecto clave para el buen desarrollo del taller y se debe tener en cuenta para organizar la sala que se empleará para el taller.

Coordinación y material necesario

El facilitador y su equipo deberán preparar durante la fase previa al taller el **material** necesario para la identificación de Modos de Fallo (formularios, cuestionarios, etc.), así como definir la **agenda** del taller.

Para definir la agenda, es necesario conocer la duración del taller, siendo ésta un aspecto relevante a la hora de obtener buenos resultados. Idealmente, un taller de identificación de Modos de Fallo tiene una **duración de entre 2 o 3 días** siguiendo una agenda como se muestra a continuación en la Figura 7. Esto se debe a que realizar el taller en un solo día sería muy difícil para asentar toda la información y poder desarrollar los Modos de Fallo correctamente.

Figura 6. Ejemplo de agenda de las sesiones de Identificación de Modos de Fallo



Capacitación previa

Puede ser conveniente realizar capacitaciones previas al taller para **nivelar los conocimientos sobre la dinámica de trabajo** que puedan tener los participantes, así como fortalecer el interés por la participación. Además, presentar la dinámica de trabajo permite reforzar la visión y cohesión del grupo antes de abordar la tarea.

Las sesiones de capacitación para los Talleres de Identificación de Modos de Fallo suelen ser generales y tener una **duración de tres o cuatro horas**, existiendo la posibilidad de que se realicen antes del inicio del taller. Asimismo, existen formatos de capacitación que pueden tener una duración de hasta 30 horas y ser online o presencial.

Esta capacitación previa **la puede impartir el propio facilitador**, de manera que se familiarice con los participantes de antemano, o la puede impartir un experto en el análisis de riesgos que conozca bien la metodología que se va a emplear en la sesión.

Escoger entre talleres **online o presencial** tiene ventajas e inconvenientes similares a los que se han comentado en el Paso 0: Acciones previas. Si bien la opción presencial ofrece una experiencia más completa y puede incluir visitas a infraestructuras, también es más complicado que todos los actores dispongan del tiempo para realizar la capacitación y el taller en un breve espacio de tiempo. Por otro lado, la opción en línea permite conectarse desde cualquier parte, lo que la convierte en más flexible, si bien, el interés por parte de los participantes y la cercanía a los mismos disminuye, siendo menos efectivos.

En este sentido, el BID dispone de **cursos especializados** de análisis de riesgos de desastre y cambio climático para infraestructuras, que podrían ser muy útiles a la hora de capacitar a los participantes y facilitadores de estos talleres.

La capacitación previa a los participantes es muy útil para **agilizar el taller** ya que, al conocer la metodología, los participantes van con una idea clara y se adelantan al proceso, resultando en sesiones más fructíferas.

Los cursos ofrecidos por el BID están disponibles en dos modalidades:

- **SPOC** (*Small Private Online Course*), los cuales han de ser coordinados con el equipo del BID.
- **MOOC** (*Massive Open Online Course*), el cual es de libre acceso a través de la plataforma **edX** bajo el título: **Análisis del riesgo de desastres y cambio climático en proyectos de infraestructura**.
- **NDAS4** (*Norma de Desempeño Ambiental y Social 4*), la cual proporciona una introducción a la política en materia de seguridad y salud en la comunidad en los proyectos del BID siendo la identificación, evaluación y gestión del riesgo una parte fundamental.

Más información puede encontrarse en el sitio web: [BID | DCCR Metodología de Evaluación](#)

Paso 1: Introducción por el facilitador

La **función** del facilitador será la de **guiar el taller y moderar** las conversaciones grupales. La persona encargada de realizar esta función debe cumplir ciertas características (ver sección 4.1) y tener un perfil relacionado con la tipología de infraestructura objetivo del taller.

La primera tarea que debe llevar a cabo el facilitador será la de **definir los objetivos del taller, introducir la metodología y explicar los principales conceptos** de riesgo, análisis de riesgos cualitativo y Modos de Fallo. Este paso es fundamental si no se realizó una capacitación previa para los participantes, ya que les dará una idea general del proceso, les permitirá pensar en el siguiente paso y contribuirá a estandarizar los conceptos y terminología entre todos los participantes. Finalmente, durante la introducción se debe hacer hincapié en qué resultados se espera obtener del taller y cuáles serán los próximos pasos.

Realizar el taller sabiendo lo que viene a continuación contribuye al involucramiento de los participantes, ya que les permite identificar los puntos críticos de cada etapa y que pueden ser útiles para la siguiente, contribuyendo a un entendimiento general del proceso y los resultados esperados de cada etapa.

Por otro lado, una vez introducida la metodología, se recomienda contar con un espacio para que los **responsables del proyecto** puedan contextualizar el mismo. De esta manera, la sesión comienza ofreciendo la oportunidad a los responsables de explicar su proyecto.

En la misma línea, el facilitador debe crear un **ambiente distendido**, en el que se olviden los posibles conflictos entre los actores, de forma que los participantes se enfoquen en aportar al taller. Esta tarea no es sencilla, pero es un punto clave para el correcto desarrollo del taller. Por ejemplo, para evitar conflictos entre los encargados del análisis de riesgos y los que realizan

el diseño, se debe dejar claro en todo momento que el análisis que se está realizando es por y para evitar futuros fallos, que el objetivo es contribuir a identificar los potenciales eventos externos que puedan afectar al diseño y provocar su mal funcionamiento o fallo. También hay que mencionar la importancia de considerar el cambio climático y el objetivo de conseguir hacer más resilientes las infraestructuras.

Finalmente, en cualquier proceso de Identificación de Modos de Fallo, es necesario definir las características principales del sistema en función de la infraestructura que se quiera analizar y los resultados esperados del taller. En este sentido, este paso incluye **gestionar las expectativas** de los participantes definiendo las etapas del proceso de Modos de Fallo, ya que dependiendo de la infraestructura que se esté analizando algunos casos específicos pueden necesitar algún paso extra.



Aspectos clave que debe de tener en cuenta el facilitador para que el taller se desarrolle de forma efectiva.

- Introducir la metodología y objetivos.
- Resaltar las ventajas de realizar un taller de identificación de Modos de Fallo.
- Crear un ambiente distendido entre los participantes.
- Darles voz a los responsables de los proyectos para que presenten sus proyectos.
- Hacer partícipe a todos los integrantes del taller.
- Gestionar las expectativas, explicando el tipo de resultados que se obtendrán a través del taller y cómo pueden ser útiles en el futuro.

Paso 2: Revisión de la información

La revisión y el análisis de la información existente constituye el primer paso para la identificación de Modos de Fallo y **debe cubrir todos los aspectos clave** en materia de gestión de seguridad, partiendo de los aspectos relativos a las fases de diseño y construcción de la infraestructura, para seguir a la evaluación del sistema, el funcionamiento y el estado en el que se encuentra la infraestructura.

Este proceso no se limita a una simple recopilación de información, sino que **esta información debe debatirse** en profundidad y contrastarse a lo largo de la primera parte del taller, en la que los participantes pueden completar la información presentada o aportar claridad en aquellos temas donde haya incertidumbre o falta de especificidad en la información. La recopilación de información deberá de haberse realizado con anterioridad al taller, siendo el plazo mínimo de entrega de la documentación para revisión de 2-3 semanas antes del taller.

El **objetivo** principal de realizar una revisión de información completa es obtener una **visión global** de la infraestructura (diseño, comportamiento y estado actual) y su operación (contexto social, medioambiental, operación y mantenimiento, por ejemplo), pero sobre todo que cada uno de los presentes en el taller tenga el **mismo nivel de conocimiento técnico** de la infraestructura y pueda realizar la identificación de Modos de Fallo con toda la información disponible. Por esta segunda razón, es muy importante que las revisiones se realicen de manera **ordenada y bien estructurada**, siguiendo un orden lógico que permita fijar los conocimientos.

La revisión de información es **realizada por el facilitador y su equipo** a partir de los documentos compartidos por los responsables del proyecto. Esto quiere decir que la colaboración para el intercambio de información debe iniciarse semanas antes de la realización del taller; como mínimo, un mes antes, siendo el plazo mínimo de entrega de la documentación a los consultores para su recopilación y revisión de 2-3 semanas antes del taller.

Nota: El proceso de recopilación de información es una actividad clave y que requiere una revisión detallada de la información y la elaboración de la presentación de apoyo a esta parte del taller. Dependiendo de la complejidad del proyecto se requerirán al menos de dos a tres días para revisar toda la información disponible y plasmarla en la presentación del taller.

La revisión de información debe incluir los puntos clave de los documentos, pero **no debe incluir interpretaciones ni juicios** del facilitador. Por ello, en las presentaciones se incluyen fragmentos de textos relevantes escritos de manera literal, extraídos directamente de los documentos incluidos en la revisión.

Para facilitar la trazabilidad del origen de cada texto, dato o información presentados, se recomienda generar un **código** que hará referencia al documento fuente. Este código puede incluir de 3 a 4 letras identificativas y el año de publicación, por ejemplo, un estudio geotécnico del año 2020 sería [GEOT-20].

Adicionalmente, esta revisión integral permite realizar una primera identificación de vacíos de información y de potenciales estudios complementarios que terminarán de definirse más tarde en el proceso.

Desde el punto de vista conceptual, los elementos que deben considerarse para el análisis de cada tipología de infraestructura se derivan de los contenidos de la revisión de información. A continuación, se muestran algunos aspectos clave que han de tenerse en cuenta durante la revisión de información y tres ejemplos de los contenidos mínimos que deberían considerarse según la tipología de infraestructura analizada.



Obras de protección contra inundaciones

Documentos revisados y código asociado

Descripción del área de estudio

Análisis de la cuenca y la precipitación

Consideración del impacto del cambio climático

Evaluación hidrológica e hidráulica

Descripción de las obras de protección

Impacto medioambiental

Impacto social y gestión de emergencias



Presas

Documentos revisados y código asociado

Diseño y construcción

Estado del cuerpo de presa y auscultación

Situación geotécnica, geológica y sísmica

Estabilidad estructural y parámetros de diseño

Suficiencia hidrológica

Funcionamiento hidráulico de órganos de desagüe

Consideración del impacto del cambio climático

Estado de órganos de desagüe y equipos

Estado de centrales y tuberías forzadas

Impacto medioambiental

Impacto social y gestión de emergencias



Infraestructura vial

Documentos revisados y código asociado

Descripción de las obras

Identificación de amenazas naturales

Consideración del impacto del cambio climático

Situación geotécnica, geológica y sísmica

Evaluación hidrológica e hidráulica

Impacto medioambiental

Impacto social y gestión de emergencias



Aspectos clave que hay que tener en cuenta durante la revisión de información.

- Presentar la información de manera objetiva, evitando opinar sobre la calidad de la misma.
- Si se identifica algún aspecto crítico durante la revisión, preguntarlo en la sesión.
- Recordar que los textos a incluir son copias literales de los textos de los documentos.
- Referenciar cada texto con su código e incluir el listado en la primera diapositiva.
- Tener a mano los documentos revisados por si hiciera falta consultarlos.
- Repasar los aspectos tratados durante la revisión.
- Asegurarse de que los participantes identifiquen toda la información de la que disponen.

Paso 3: Visita técnica

Una vez que la información ha sido revisada por todo el grupo, se recomienda en lo posible, realizar una **inspección** de la infraestructura y la zona de estudio para comprobar su estado actual e identificar posibles insumos para la caracterización de los Modos de Fallo. Esta visita es particularmente recomendable cuando se están evaluando infraestructuras existentes. Es necesario realizar la visita de forma **conjunta** con todos los participantes del taller para que se alcance una comprensión de los posibles procesos de fallo para esta infraestructura y la afección de desastres, así como los riesgos a los que está expuesta la propia infraestructura y los impactos potenciales en caso de desastres, así como los que podría causar por su implantación en el territorio.

A lo largo de la visita, se debe atender los **puntos críticos** identificados durante la revisión de la información, así como aquellos aspectos que hayan generado duda o confusión para clarificarlos. Los principales hallazgos de la visita técnica también deben incluirse en el **Informe del taller**, donde se listan y evalúan los riesgos identificados.

La **digitalización de los procesos** también ha influido en los talleres de Modos de Fallo y, si bien es posible realizar la visita técnica de manera en línea en ciertas infraestructuras a partir de fotografías y/o vuelos dron, hay ciertos aspectos que deben tenerse en cuenta antes de decidir usar estos métodos. Estos aspectos están relacionados con la fase del proyecto, la tipología de la infraestructura y el detalle de la inspección al que se quiera o sea necesario llegar. En los anexos de esta guía se tratan estos aspectos en función de la tipología de la infraestructura, definiendo su viabilidad y, en su caso, identificando las ventajas e inconvenientes de realizar la visita técnica de manera online.

El **objetivo de la visita técnica** es **inspeccionar exhaustivamente** todas las partes de la infraestructura, especialmente en caso de ser una obra concreta como un puente o una presa atendiendo a sus componentes críticos, **además de tener una visión global** de la infraestructura y la zona de estudio en el caso de intervenciones extensas como, por ejemplo, obras lineales de transporte u obras de protección frente a inundaciones.

Asimismo, durante la visita, no solo se inspecciona la infraestructura, sino que también se debe visitar las áreas próximas a la infraestructura permitiendo visualizar otras actividades económicas presentes en el territorio, diversos usos de las infraestructuras y su relación con otras inversiones existentes, las potenciales consecuencias tras el fallo, así como los puntos más críticos frente a desastres. Por todo ello, no siempre es recomendable realizar una visita técnica online, si bien pueden ser complementarias; primero se recomienda realizar una visita mediante dron y luego en campo.

Figura 7. Fotos de visitas técnicas





Aspectos clave de las visitas técnicas

- Tener en mente los aspectos críticos identificados en la sesión de revisión de información.
- Observar y evaluar las posibles amenazas geotécnicas e hidrológicas en la zona de estudio.
- Identificar aspectos sociales y ambientales, relaciones de la infraestructura con otras inversiones y actividades existentes.
- Observar los alrededores de la infraestructura e identificar potenciales desencadenantes de fallos.
- Evaluar visualmente las consecuencias que podrían derivar del fallo de la infraestructura.
- Valorar si es necesario realizar la visita de manera presencial u online a partir de fotos y vuelos dron.



Paso 4: Propuesta individual de Modos de Fallo

La primera fase de identificación de Modos de Fallo consiste en una **propuesta individual**, por parte de cada uno de los participantes del taller, sobre potenciales Modos de Fallo que podrían desarrollarse en la infraestructura y el sistema de gestión de riesgos frente a desastres.

Esta propuesta se desarrolla a partir de una plantilla (Anexo 1) elaborada expresamente para que la complete cada uno de los participantes. La plantilla se reparte a los integrantes del taller (ya sea en forma de cuadernillo cuando la sesión es presencial o en formato digital cuando es virtual), así como se reparten las herramientas de apoyo que permiten realizar una revisión exhaustiva de los diferentes Modos de Fallo.

El objetivo de realizar esta primera fase de forma individual es fomentar la participación de todos los participantes y capturar las distintas percepciones y conocimientos técnicos, dejando

tiempo para que cada uno piense en posibles Modos de Fallo, los factores que los motivan o favorecen y los que disminuyen su probabilidad, la afección de desastres y sus consecuencias en caso de materializarse.

Para cada Modo de Fallo identificado se debe elaborar una **descripción escrita y un croquis**. Esta identificación debe hacerse con tiempo suficiente para permitir que todos los participantes describan todos los Modos de Fallo que identifican.

Esta descripción debe ser lo más clara y detallada posible para que sea comprensible tanto por el autor de la ficha como por las personas que la sistematizarán posteriormente. Por lo tanto, debe describir todo el proceso para cada Modo de Fallo, desde el evento de iniciación hasta el colapso de la infraestructura o los posibles impactos y afectaciones que pueda tener dicho Modo de Fallo en el entorno.

La descripción debe comenzar especificando el **escenario** de solicitación que desencadena el Modo de Fallo (hidrológico, sísmico, normal, etc.). Los tres escenarios de solicitación más comunes son:

- **Escenario Normal:** ¿Qué puede pasar en un día ordinario y operación normal?
- **Escenario Hidrológico:** ¿Qué puede pasar cuando ocurre una crecida?
- **Escenario Sísmico:** ¿Qué puede pasar cuando ocurre un sismo?

Tras definir el escenario de solicitación se debe detallar todo el **proceso** de fallo incluyendo:

- Inicio, por ejemplo: Debido al deterioro/envejecimiento del puente, como consecuencia del mal estado de un dique, debido a un sismo de magnitud suficiente, etc.
- Desarrollo: Progresión paso a paso, por ejemplo: presencia de grietas en la ladera, las cuales se han llenado de agua debido a las fuertes lluvias y a causa del cambio de temperatura entre el día y la noche, el agua ha pasado de líquido a sólido, abriendo la grieta y produciendo desprendimientos en la carretera.
- Rotura: Por ejemplo: rapidez de fallo, incumplimiento de características, o para el caso presentado en el desarrollo, inhabilitación de la vía de acceso.

Los Modos de Fallo no están enfocados solamente al fallo de la infraestructura, sino que pueden tener un **enfoque social y ambiental**. Por ejemplo, la falta de socialización en las comunidades aguas abajo de una presa, las cuales se pueden ver afectadas por la regulación de caudales y deben ser conscientes de los sistemas de alerta en caso de fallo.

También conviene enfatizar la importancia de invitar a los participantes a que identifiquen **factores que aumenten o disminuyen el riesgo** del Modo de Fallo que están describiendo en la situación actual. Por ejemplo, la existencia de inestabilidades en la ladera puede ser un factor que aumente el riesgo para un Modo de Fallo de derrumbe de rocas sobre la vía. Asimismo, los factores también pueden estar relacionados con otras infraestructuras, por ejemplo, el drenaje pluvial ya existente u otra presa que interactúa con la infraestructura que se esté analizando. Estos factores, al igual que los Modos de Fallo, se pondrán en común en la siguiente etapa del taller.

Nota: Estos factores hacen referencia a la situación actual y, por lo tanto, se refieren a aspectos sobre cómo está la infraestructura actualmente o cómo se está planteando el proyecto. Las potenciales mejoras que ayudarían a reducir el riesgo se analizan en las fases siguientes del proceso, pero no en ésta.

A continuación, se muestran dos ejemplos del planteamiento de dos Modos de Fallo realizados por distintos participantes de un taller de presas.

Figura 8. Ejemplos de cuadernillo completado de Identificación de Modos de Fallo

Descripción

En escenario hidrológico, por agotamiento de la capacidad de descarga de las obras de alivio, se genera un incremento del nivel del embalse produciéndose una descarga, por el vertedero, mayor que la prevista en el diseño. Esto ocasiona una fuerte erosión y posterior destrucción del cuenco dissipador, avance de la erosión hacia aguas arriba, disminuyendo (hasta el agotamiento) la resistencia al corte del cemento de la estructura (plano de deslizamiento), y en consecuencia el deslizamiento de un valle.

Esquema gráfico

Factores que lo hacen más probable (a favor)	Factores que lo hacen menos probable (en contra)
1. Baja frecuencia de la crecida de proyecto (TR = 1250)	1. Bajo tiempo de exposición en esas condiciones de flujo de operación. (Las crecidas del río Nari son muy empuntadas)
2. El resalto se produce fuera del cuenco, con una cimentación erodada	
3. Baja o nula capacidad de regulación del embalse	

Descripción

Escenario Normal - Nivel de agua cubre a nivel de la estructura de hormigón. Filtros con control de flujo. Inicio de erosión del núcleo - pérdida de material - Asentamiento y generación de grietas.

Esquema gráfico

Factores que lo hacen más probable (a favor)	Factores que lo hacen menos probable (en contra)
Control Núcleo - Hormigón con gomas via defensas de lluvia	Detección filtraciones en las pilas
2. Se va a conocer al momento del contacto	Embalse no se llena alto mucho tiempo → difícil de que se genere al punto de saturación cerca del contacto
podría ser a favor o en contra	podría detectar variación

En el Anexo 1 de este documento se adjunta las **plantillas** modelo a utilizar para las sesiones de identificación de Modos de Fallo individual, tanto en formato presencial como online. Estas plantillas deben ser diligenciadas por los participantes, quienes pueden rellenar tantos Modos de Fallo como consideren oportuno dentro del tiempo disponible para ello (usualmente unos 30 minutos).

Ejemplo de identificación de un Modo de Fallo por *Desbordamiento de bordos e inundación*.

“En escenario hidrológico, se producen lluvias de alta intensidad o temporal en la cuenca del río. Estas precipitaciones producen una crecida de gran magnitud ocasionando la subida del nivel de agua en el cauce, su desbordamiento y un posterior sobrepaso del sistema de bordos de protección. El paso continuo del flujo sobre los bordos produce un fenómeno de erosión en el cuerpo, derivando en el fallo de bordos y consiguiente aumento de los niveles de inundación en las comunidades aledañas, generando mayores consecuencias económicas y sociales.”

Figura 9. Ejemplo de esquema de Modo de Fallo de desbordamiento de bordos e inundación.



Tabla 1. Ejemplo de factores que lo hacen más y menos probable

Factores que aumentan el riesgo	Factores que disminuyen el riesgo
<ul style="list-style-type: none"> • Gobernanza inefectiva de la cuenca y falta de previsión en el manejo de recursos hídricos. • Bordos debilitados por acciones antrópicas (cultivos, tránsito de vehículos, construcciones permanentes, áreas de pastoreo...). • Sistema irregular de bordos presenta discontinuidades y no alineamiento con los cauces. • Falta de mantenimiento y vigilancia de bordos. • Sedimentación continuada y progresiva en los cauces y canales. • Se han registrado erosiones en pie de bordos. • Falta mantenimiento en las márgenes de cauces. • Deforestación en la parte alta de las cuencas. • Bajo presupuesto para el mantenimiento de cauces y bordos. • Dificultades en la coordinación y comunicación entre diferentes organismos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Funcionamiento histórico general del sistema hidráulico apropiado, a excepción de grandes eventos históricos. • Bordos diseñados según normativas de construcción (existencia del Reglamento de Bordos). • Existencia de la Ley de Aguas que limita las zonas inundables. • Existencia de un Sistema de Alerta Temprana. • Estaciones ya instaladas que permiten monitorizar los eventos. • Realización de inspecciones como parte de los proyectos de emergencia. • Regularización de licencias ambientales por parte del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental. • Mejora continuada en el tiempo en la gestión de riesgos desde el último huracán sufrido en la zona.



Aspectos clave para la fase individual de identificación de Modos de Fallo

› Recomendaciones para el facilitador:

- Presentar ejemplos variados y mantenerlos en la pantalla mientras los participantes contestan.
- Recordar a los participantes que pueden ocurrir Modos de Fallo no asociados a la infraestructura física, sino relacionados con aspectos de operación y mantenimiento o con los sistemas de alerta temprana.
- Invitar a los participantes a dibujar esquemas explicativos.
- Explicar y brindar un ejemplo de cómo identificar los factores que aumentan o disminuyen el riesgo.
- Hacer énfasis en que los factores se identifican para la situación actual.
- Dar tiempo suficiente para que piensen, que no se sientan presionados. Como mínimo 30 minutos.
- Si el formato de la sesión es virtual, generar códigos QR para que sea más fácil acceder al formulario.

› Consejos para los participantes:

- No hay límite en el número de Modos de Fallo a identificar por persona.
- No pasa nada si el participante solo identifica uno o dos Modos de Fallo.
- La definición debe ser precisa y lógica.
- Dibujar esquemas explicativos, no importan sus habilidades para dibujar, el esquema es una parte importante de la definición del Modo de Fallo que ayuda a comprender su proceso.
- Mencionar factores que aumentan y disminuyen la probabilidad de ocurrencia de este fallo.

Paso 5: Discusión en grupo de Modos de Fallo

Una vez finaliza la identificación de Modos de Fallo individual, se recogen todos los formularios realizados por los participantes y se revisan rápidamente por el facilitador y su equipo. Este proceso se suele realizar durante una pausa larga o al finalizar la sesión, en caso de que la discusión en grupo tenga lugar al día siguiente.

El objetivo de la discusión en grupo es que los participantes pongan en común los Modos de Fallo identificados en la fase individual y combinarlos grupalmente. Esta fase tiene como fin eliminar redundancias y obtener **Modos de Fallo grupales**. La puesta en común es coordinada por el facilitador en una o varias sesiones de trabajo, con un tiempo suficiente para analizar cada uno de los posibles Modos de Fallo en detalle.

Todos los Modos de Fallo individuales no han de ser revisados de manera grupal, sino que los participantes deben ir proponiendo sus Modos de Fallo para trabajarlos en grupo y complementarlos. De esta manera se obtiene un listado de Modos de Fallo que recogen todos los Modos de Fallo propuestos individualmente. Gracias a la revisión de los Modos de Fallo individuales realizada por el facilitador y el equipo, si algún Modo de Fallo queda sin plantear por los participantes, ellos lo traerán a la mesa para su debate y definición.

Para facilitar futuros productos (como el informe de Modos de Fallo), es recomendable que el facilitador plantee el debate **agrupando los Modos de Fallo según el evento desencadenante o solicitud** (hidrológico, estructural, etc.). Es decir, el facilitador debe comenzar el debate pidiendo a los participantes que propongan Modos de Fallo relacionados con un evento en concreto, como podría ser escenario hidrológico (fuertes lluvias/crecida...). En caso de que la infraestructura analizada funcione en sistema, lo recomendable es agrupar los Modos de Fallo en aquellos elementos del sistema que podrían fallar. La Figura 10 muestra un ejemplo de cómo quedarían organizados los Modos de Fallo resultantes de un taller de identificación de Modos de Fallo para obras de protección frente a inundaciones.

Figura 10. Resumen de Modos de Fallo identificados para obras de protección frente a inundaciones

SITUACIÓN ACTUAL CON BORDOS Y CANALES		OBRAS DE RETENCIÓN AGUAS ARRIBA	SISTEMA DE GESTIÓN DEL RIESGO
MF1: Desbordamiento de bordos e inundación	MF7: Asolvamiento de cauces e inundación	MF13: Incorrecta gestión de embalse y sueltas aguas abajo	MF16: Desconfianza en pronóstico y medidas no efectivas
MF2: Erosión pie de bordos, deslizamiento e inundación	MF8: Sedimentación reduce capacidad de cauces y sobrepaso	MF14: Sedimentación y pérdida de capacidad del embalse	MF17: Aumento de población en zonas inundables
MF3: Inundación de origen pluvial en áreas estancas	MF9: Espigones provocan erosión en bordos	MF15: Sismo, fallo de presa y descargas no controladas	MF18: Desvío del río por explotaciones mineras e inundación
MF4: Debilitamiento de bordos y fallos en zonas débiles	MF10: Daño en muro de gaviones y vuelco		MF19: Sedimentación por explotación minera y sobrepaso de cauces
MFS5: Tubificación, rotura de bordos e inundación	MF11: Subida nivel de río impide drenaje pluvial		MF20: Tala de árboles y deslizamientos de tierra
MF6: Asolvamiento zona baja e inundación	MF12: Subida nivel en canales y sobrepaso		MF21: Alta humedad en el suelo y deslizamientos de tierra

En esta etapa del proceso **no se descartan** los Modos de Fallo considerados menos factibles ya que siempre es recomendable documentar todos los Modos de Fallo identificados y revisarlos en posteriores actualizaciones de Evaluación de Riesgos. En cualquier caso, los Modos de Fallo son posteriormente clasificados (como queda detallado en el Paso 6) para decidir si ameritan acciones de reducción de riesgo y cuál es su urgencia, o si se requiere un análisis de mayor detalle.

Una vez identificados los Modos de Fallo, se discuten los factores que afectan a su probabilidad y consecuencias, comúnmente denominados **factores que “aumentan” o “disminuyen” el riesgo**. Esta discusión grupal es clave para la posterior clasificación de los Modos de Fallo (Paso 6). Además, estos factores son muy útiles para posteriormente estimar la probabilidad de ocurrencia de los Modos de Fallo dentro del análisis de riesgo cuantitativo (Paso 5 de la metodología del BID).

Los factores que “aumentan” o “disminuyen” el riesgo describen todos los aspectos reconocidos del sistema de infraestructura que podrían hacer más (o menos) probable la ocurrencia de un determinado Modo de Fallo. También se pueden definir los factores que podrían aumentar (o disminuir) las consecuencias si se presenta el Modo de Fallo.

Uno de los **errores más comunes** en los talleres es que los participantes tratan de proponer soluciones para evitar el Modo de Fallo en esta sección, por lo que el facilitador deberá recordar el objetivo de esta fase y remarcar que las recomendaciones y medidas se realizarán más adelante en el Paso 7: Propuesta de recomendaciones y medidas de reducción de riesgo.



EJEMPLO

El objetivo de este taller era identificar los **potenciales Modos de Fallo de un puente**, el cual fue proyectado para sustituir una pasarela sumergible que impedía un acceso continuo.

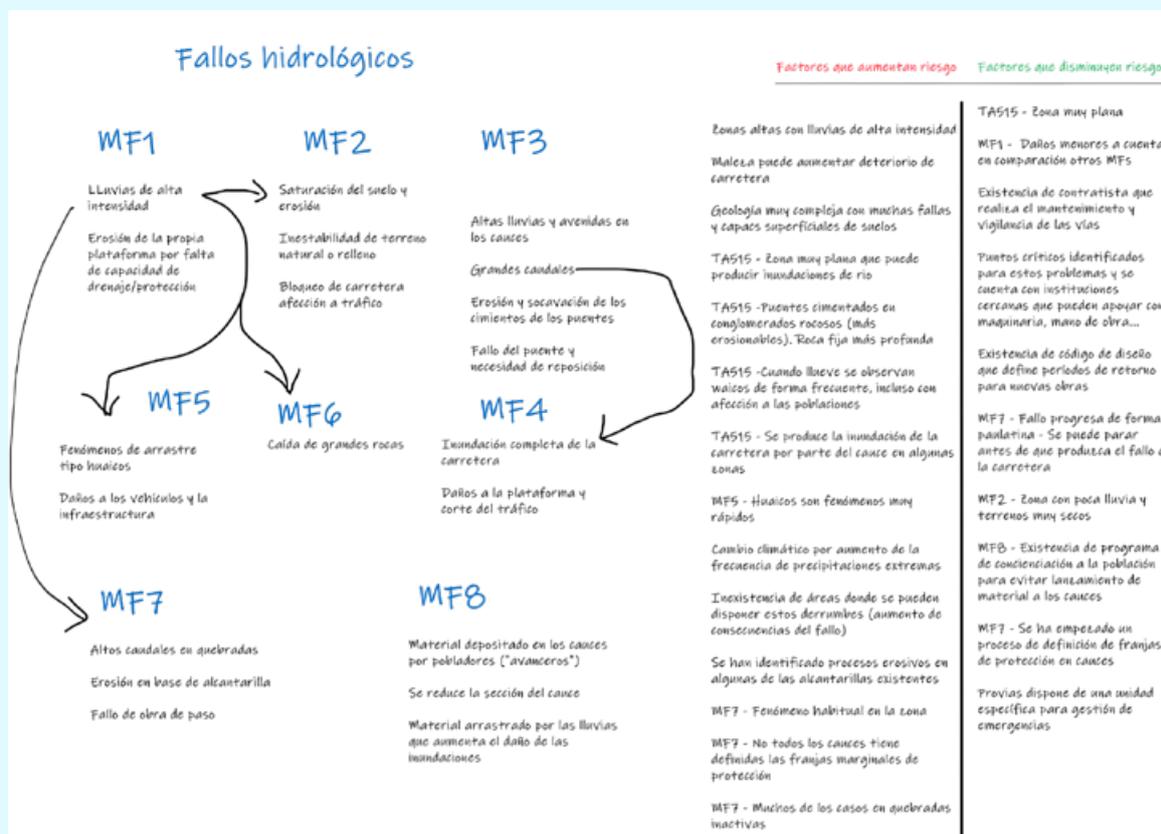
Tras la fase de identificación individual de Modos de Fallo, se procede a **poner en común los MF identificados**. Para ello, el facilitador pide a los participantes que presenten sus Modos de Fallo. Es recomendable que el facilitador organice el debate por escenarios de solicitud. Esta dinámica se puede realizar por iniciativa de los participantes o el facilitador puede ir preguntando a los participantes para “romper el hielo” y que expongan alguno de los Modos de Fallo que han identificado.

En el momento en el que los participantes definen los Modos de Fallo de un escenario de solicitud (incluyendo todo el proceso: solicitud que provoca el inicio del Modo de Fallo, cómo se desarrolla y finalmente el fallo), él y el resto de los participantes deben identificar los **factores que aumentan o disminuyen el riesgo** de este MF antes de pasar al siguiente escenario de solicitud.

De esta manera, los Modos de Fallo identificados individualmente quedan puestos en común y se eliminan redundancias. Para este proceso, el facilitador puede hacer **uso de una pizarra** (física o digital) como la que se muestra en la Figura 11.

En este proceso es **importante que la gran mayoría de los integrantes del grupo participe** para asegurar que no queda ningún potencial Modo de Fallo por identificar. Sin embargo, en caso de que la dinámica del grupo no sea participativa, el facilitador debe hacer uso de los formularios individuales para conseguir que los participantes presenten aquellos Modos de Fallo que han identificado. Asimismo, el facilitador debe tener estos formularios en mente incluso si el grupo es participativo, ya que deben debatirse en la sesión todos los potenciales Modos de Fallo para poder incluirlos posteriormente en el informe. Esto no implica que haya que ir uno a uno exponiéndolos, pero sí que deben salir todos los Modos de Fallo planteados en la fase individual.

Figura 11. Ejemplo de pizarra virtual de un taller de carreteras



Para este caso concreto del puente se obtuvieron un total de 6 Modos de Fallo:

- MF1:** Nivel elevado del cauce. Fallo y rotura del tablero/barandas.
- MF2:** Nivel elevado del cauce. Fallo a cortante de las pilas.
- MF3:** Nivel elevado del cauce. Socavación unión tablero-terrapén por estribos.
- MF4:** Reducción capacidad hidráulica por arrastres. Rotura del puente.
- MF5:** Material en la cuenca generado por incendios. Rotura del puente.
- MF6:** Nivel elevado del cauce. Arrastre de vehículos

Finalmente, tras el taller, el facilitador desarrollará una ficha explicativa de cada uno de los Modos de Fallo, las cuales formarán parte del informe de Modos de Fallo. A continuación, se muestra un ejemplo de ficha:

MF1: Nivel elevado del cauce, fallo y rotura del tablero:

Descripción

En escenario hidrológico, se produce una gran avenida por el río, consecuentemente, una crecida del nivel del cauce en el entorno del puente, pudiendo provocar un sobrepaso de éste y posteriormente, el deslizamiento o rotura del tablero del puente debido al elevado empuje hidrostático.

Esquema



Figura 12. Ejemplo de ficha de Modo de Fallo completa tras los insumos de la sesión en grupo

Factores que aumentan el riesgo

- Gran frecuencia de lluvias e inundaciones frecuentes en la zona (eventos pasados).
- Se ha observado que, en casos de caudal elevado en el río, la capacidad de desagüe del arroyo disminuye.
- Efectos del cambio climático pueden aumentar la frecuencia de eventos extremos.
- No utilización de datos pluviométricos y de aforos en la cuenca para estudios de mayor detalle hidrológico.
- Incertidumbre sobre estudios hidrológicos/hidráulicos y la relación real entre niveles en el puente y periodos de retorno.
- No se ha considerado la influencia del río sobre el arroyo en el diseño.
- Existencia aguas arriba de una presa que puede producir grandes desembalses y vertidos.
- Tiempo de llegada de lluvia alrededor de 6 horas.
- Medición de lluvia no automática y dependiente del factor humano.

Factores que disminuyen el riesgo

- Vigas monolíticas vinculadas al tablero que le dan mayor rigidez y dificultan la rotura de éste.
- Estructura diseñada para quedar bajo el agua.
- Ha sido considerado el empuje de los arrastres en el cálculo estructural.
- Las sueltas de la presa aguas arriba se encuentran reguladas desde hace 2 años.
- Fundación en roca, lo cual evita problemas importantes de erosión.
- 95% de la cuenca está protegida, por lo que su deterioro disminuirá en el futuro.
- Plan de manejo ambiental implementado que especifica los usos y limitaciones del suelo.
- Paso de personal de forma continua por el puente que puede detectar erosiones o grietas.
- Personal dedicado a vigilar y recorrer las vías.
- Existencia de pluviómetro para tomar decisiones sobre la cuenca. Comunicación de datos diarios para poder cerrar el puente (único acceso).
- Constante comunicación.
- La infraestructura actual es tecnológicamente superior al puente anterior.
- Gran experiencia con este tipo de pasarelas sumergibles.
- Posibilidad de reponer el puente en días y evitar grandes consecuencias por pérdidas de acceso.

Paso 6: Clasificación de Modos de Fallo

La **clasificación de los Modos de Fallo** se realiza en función de la probabilidad de ocurrencia y consecuencias asociadas. Esta clasificación se puede realizar mediante metodologías diferentes y tiene como objetivo identificar la necesidad de realizar acciones de manera inmediata, a medio o a largo plazo. Además, la clasificación también permite evaluar la incertidumbre asociada al Modo de Fallo y la necesidad o no de realizar un análisis más detallado (análisis cuantitativo del riesgo – ver apartado 7).

Se recomienda realizar la clasificación asignando una categoría a la probabilidad de ocurrencia (ligado a un valor de probabilidad de ocurrencia aproximado) y una categoría a las consecuencias de fallo (ligado a un valor de consecuencias de fallo de la infraestructura).

Para todas las categorías (probabilidad de ocurrencia, consecuencias e incertidumbre) se debe realizar una **asignación individual**. Es decir, cada participante debe clasificar los Modos de Fallo de manera individual a través de formularios online como los mostrados en el Anexo 2, procedimiento similar al utilizado en la etapa de identificación de Modos de Fallo.

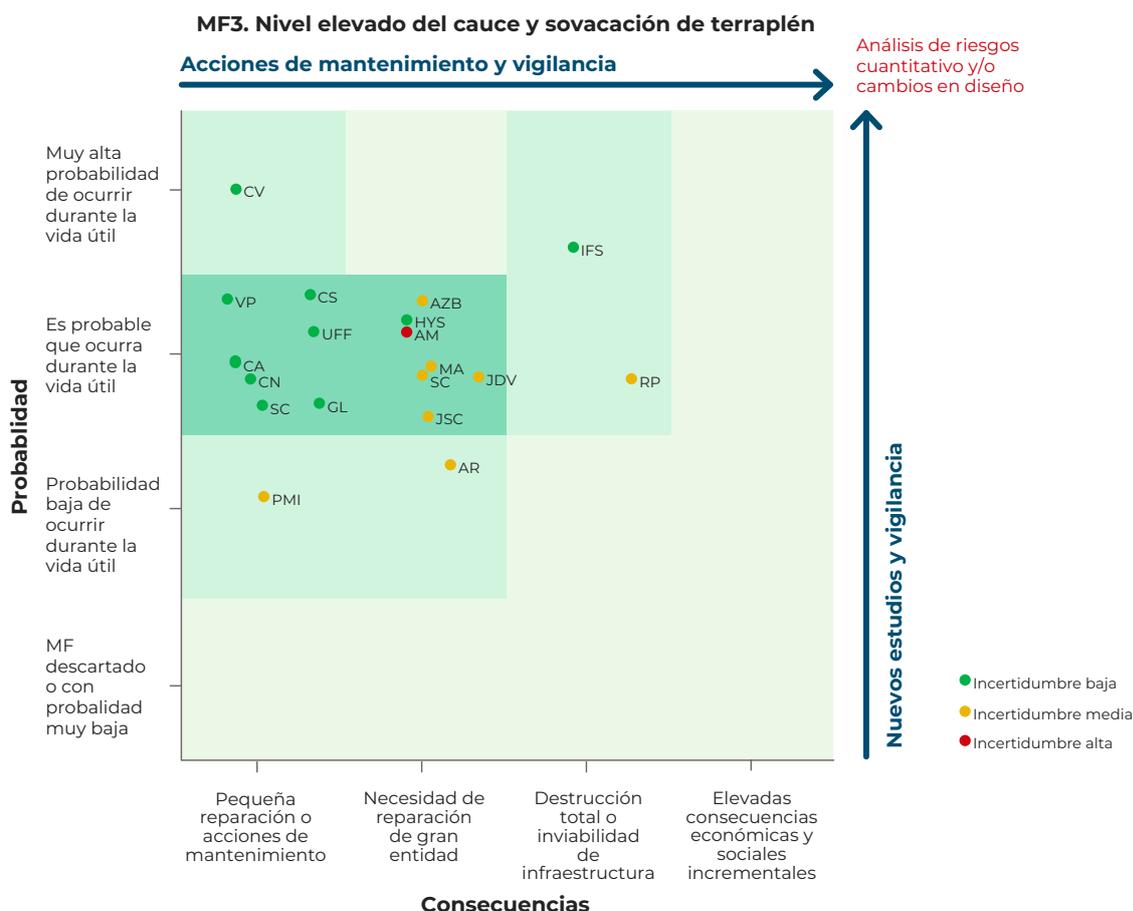
- En el momento de asignar una categoría de probabilidad de ocurrencia, el participante debe considerar tanto la probabilidad de la condición de solicitación como la probabilidad de ocurrencia del colapso dada la condición de solicitación. Por ejemplo, para escenarios de operación normal la probabilidad de ocurrencia de la solicitación asociada es alta. Sin embargo, para avenidas o sismos, la probabilidad de ocurrencia de la solicitación asociada puede ser muy pequeña por considerarse eventos extraordinarios.
- En la categoría de consecuencias se debe considerar el nivel de afección de la rotura de la infraestructura, tanto desde un punto de vista social como ambiental y económico.

Nota: El participante asignará asimismo una incertidumbre asociada a las respuestas que ha dado en la categorización de cada Modo de Fallo, basada en la cantidad y calidad de información que le ha permitido (o dificultado) asignar una determinada categoría.

Los resultados se grafican en una **Matriz de Riesgo cualitativo** como la mostrada en la Figura 13. Cada punto del gráfico representa la combinación de probabilidad de ocurrencia y consecuencias asignadas por cada participante, y el color del punto representa el grado de incertidumbre asociada a esa respuesta. Este gráfico es generado por el facilitador y/o su equipo, una vez concluida la fase individual.

Como se puede observar en la Figura 13, la asignación individual está sujeta a la incertidumbre y puede mostrar una dispersión en la clasificación. Por ello, tras la fase individual, tiene lugar una **fase de clasificación grupal** en la que se repite, en base a los resultados individuales y a modo de debate, el proceso de clasificación con el objetivo llegar a una clasificación consensuada (consultar ejemplo para más detalle). En esta fase grupal el facilitador debe sacar a debate los puntos más dispersos para comprobar por qué ha habido esa diferencia de opiniones en el grupo y es por ello, que el gráfico identifica mediante las iniciales de los participantes a quién pertenece cada respuesta.

Figura 13. Clasificación individual de un Modo de Fallo de un puente



Una vez asignada la clasificación de consenso a cada Modo de Fallo, se introducen en el **gráfico resumen** mostrado en la Figura 16, donde fácilmente se identificarán aquellos Modos de Fallo asociados con un Riesgo Alto (más cerca del borde superior derecho, ver Figura 14). Estos Modos de Fallo, al tener un riesgo alto, tienen mayor justificación de medidas de reducción de riesgo y estarán de los primeros en el plan de acción si se realiza una priorización basada en la reducción del riesgo.

Figura 14. Esquema gráfico de clasificación



Como ejemplo, se presenta una **propuesta para la clasificación** de los Modos de Fallo en base a la experiencia en los diversos talleres realizados. Esta clasificación se puede adaptar en función del tipo de infraestructura si se considera necesario. En los documentos de apoyo de la presente guía se muestran algunos ejemplos de procedimientos de clasificación específicos para otro tipo de infraestructuras.

Como método general se recomiendan las siguientes **categorías de probabilidad de ocurrencia**:

- **Nivel P1:** MF descartado o con probabilidad muy remota.
- **Nivel P2:** Probabilidad baja de ocurrir durante la vida útil.
- **Nivel P3:** Es probable que ocurra durante la vida útil.
- **Nivel P4:** Muy alta probabilidad de ocurrir durante la vida útil.

Para asignar la categoría de probabilidad de ocurrencia se debe considerar los factores que afectan a la probabilidad de ocurrencia identificados durante el taller.

El otro componente del riesgo es la magnitud de la consecuencia que podría producir cada Modo de Fallo. En este sentido, se proponen las siguientes **categorías para definir las consecuencias**:

- **Nivel C1:** Pequeña reparación o acciones de mantenimiento.
- **Nivel C2:** Necesidad de reparación de gran entidad.
- **Nivel C3:** Destrucción o colapso total, o inviabilidad de infraestructura.
- **Nivel C4:** Elevadas consecuencias económicas y sociales incrementales producidas por el fallo de la infraestructura.

En este sentido, durante las sesiones se debe comentar el efecto de cada uno de los Modos de Fallo. Por ejemplo, el fallo de una obra de protección frente a inundaciones podría no tener un alto impacto en la pérdida de vidas si no hay personas expuestas (actualmente o en una proyección futura), pero podría tener un impacto económico muy alto si inundan campos de cultivo o granjas que formen parte de la base de la economía de la región.

Finalmente, basándose en la información disponible, los participantes clasificarán la **incertidumbre** asociada a las evaluaciones que han realizado para cada Modo de Fallo:

- **Nivel I1:** Incertidumbre baja. Para ese Modo de Fallo, el participante ha contestado a las preguntas de probabilidad de ocurrencia y consecuencias de manera segura y basándose en la información disponible (que se ha acordado por el grupo de trabajo que es suficiente en cantidad y calidad).
- **Nivel I2:** Incertidumbre media. Para ese Modo de Fallo, el participante ha contestado a las preguntas de probabilidad de ocurrencia y consecuencias de manera más o menos segura y/o basándose en la limitada información disponible.
- **Nivel I3:** Incertidumbre alta. Para ese Modo de Fallo el participante ha contestado a las preguntas de probabilidad de ocurrencia y consecuencias sin estar seguro y/o no había suficiente información disponible.

Evaluar la **incertidumbre** es fundamental en el proceso, ya que algunos Modos de Fallo pueden derivarse de una falta de estudios o de detalle en los mismos. En ese caso, detectar esta carencia puede ayudar a reducir la incertidumbre y obtener un análisis de riesgos más detallado.

La clasificación es, por tanto, la base para realizar recomendaciones y medidas de reducción de riesgos, y permite agrupar los Modos de Fallo según las recomendaciones a realizar:

- Grupo I: Modos de Fallo que requieren un **cambio en el diseño del proyecto o un análisis de riesgos cuantitativo** para definir medidas de reducción de riesgos.
- Grupo II: Modos de Fallo que necesitan **medidas de menor entidad a corto-medio plazo** y posterior seguimiento.
- Grupo III: Modos de Fallo que requieren **estudios o investigaciones** adicionales.
- Grupo IV: Modos de Fallo que no necesitan medidas a corto plazo, pero sí un **seguimiento posterior**.

Conviene resaltar que las categorías de probabilidad de ocurrencia, para definir las consecuencias y de incertidumbre mencionadas previamente son un ejemplo general. Por lo tanto, cada categoría se deberá adaptar a cada infraestructura.

Por otro lado, de la clasificación también deriva la elección de aquellos Modos de Fallo que, en una siguiente fase (**Paso 5 de la metodología del BID**), podrán ser incluidos en el análisis de riesgos cuantitativo. A partir de la clasificación obtenida, se seleccionan los Modos de Fallo que serán incorporados en el análisis de riesgo cuantitativo, siendo los de probabilidad de ocurrencia o consecuencias significativas los que podrán pasar a la fase cuantitativa del análisis (ver apartado 7 para obtener un mayor detalle sobre este proceso).

Finalmente, se puede concluir que **la clasificación conforma la base para:**

- Identificar los Modos de Fallo que necesitan un análisis de riesgos cuantitativo.
- Detectar las necesidades de investigación y estudios adicionales.
- Proponer las acciones de reducción de riesgos.
- Priorizar las acciones y desarrollar un plan de gestión en base a estos resultados.

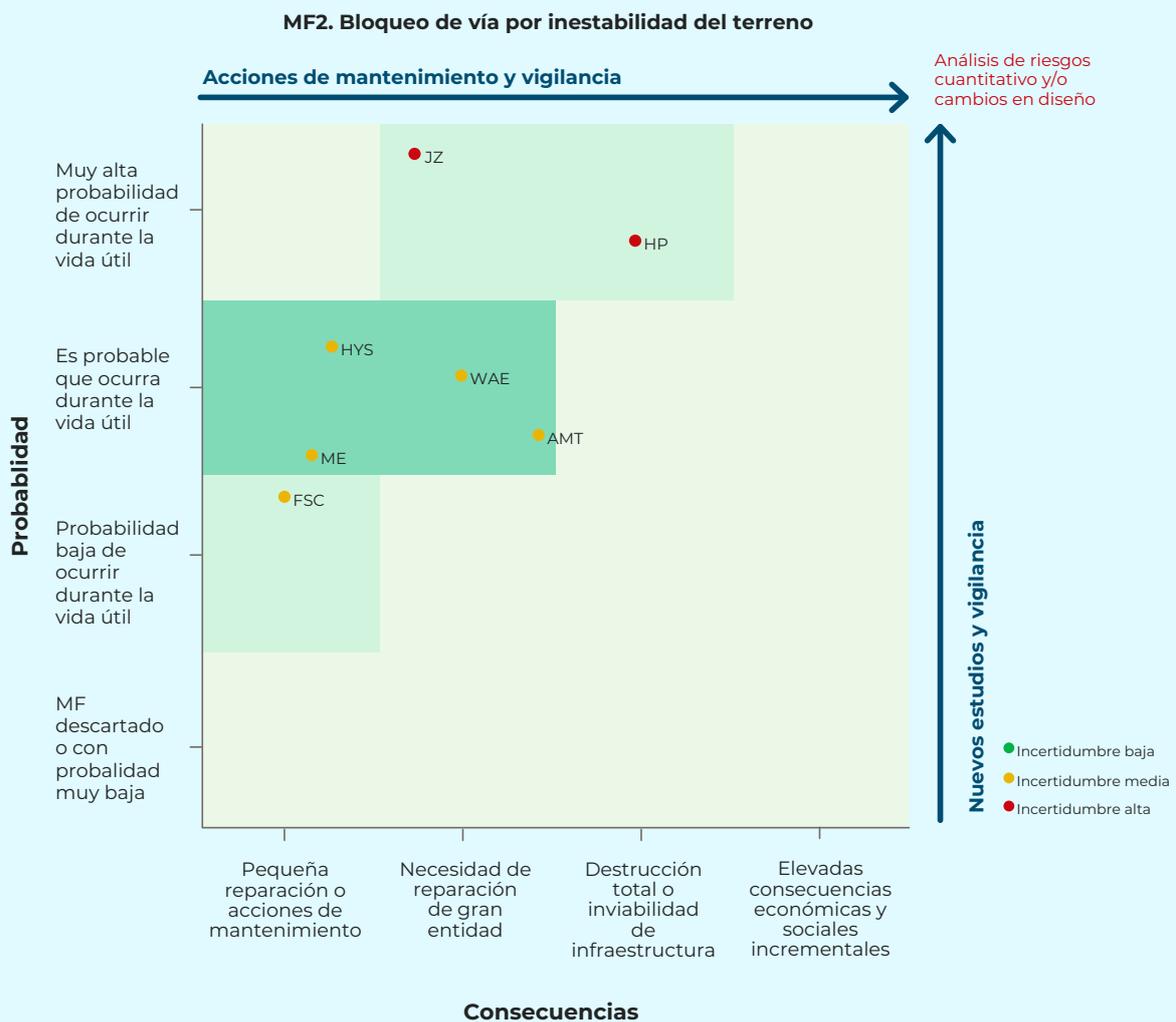


EJEMPLO DE CLASIFICACIÓN DE MODOS DE FALLO

A continuación, se presenta el gráfico obtenido de la clasificación individual del Modo de Fallo “Cierre de vía por inestabilidad del terreno”, el cual hace referencia al derrumbe de una ladera sobre una carretera.

Los participantes evaluaron el Modo de Fallo en función de su probabilidad de ocurrencia y sus consecuencias asociadas, según se ha explicado anteriormente en este apartado. El resultado obtenido es el gráfico resumen que vemos a continuación:

Figura 15. Clasificación individual de un Modo de Fallo de una carretera

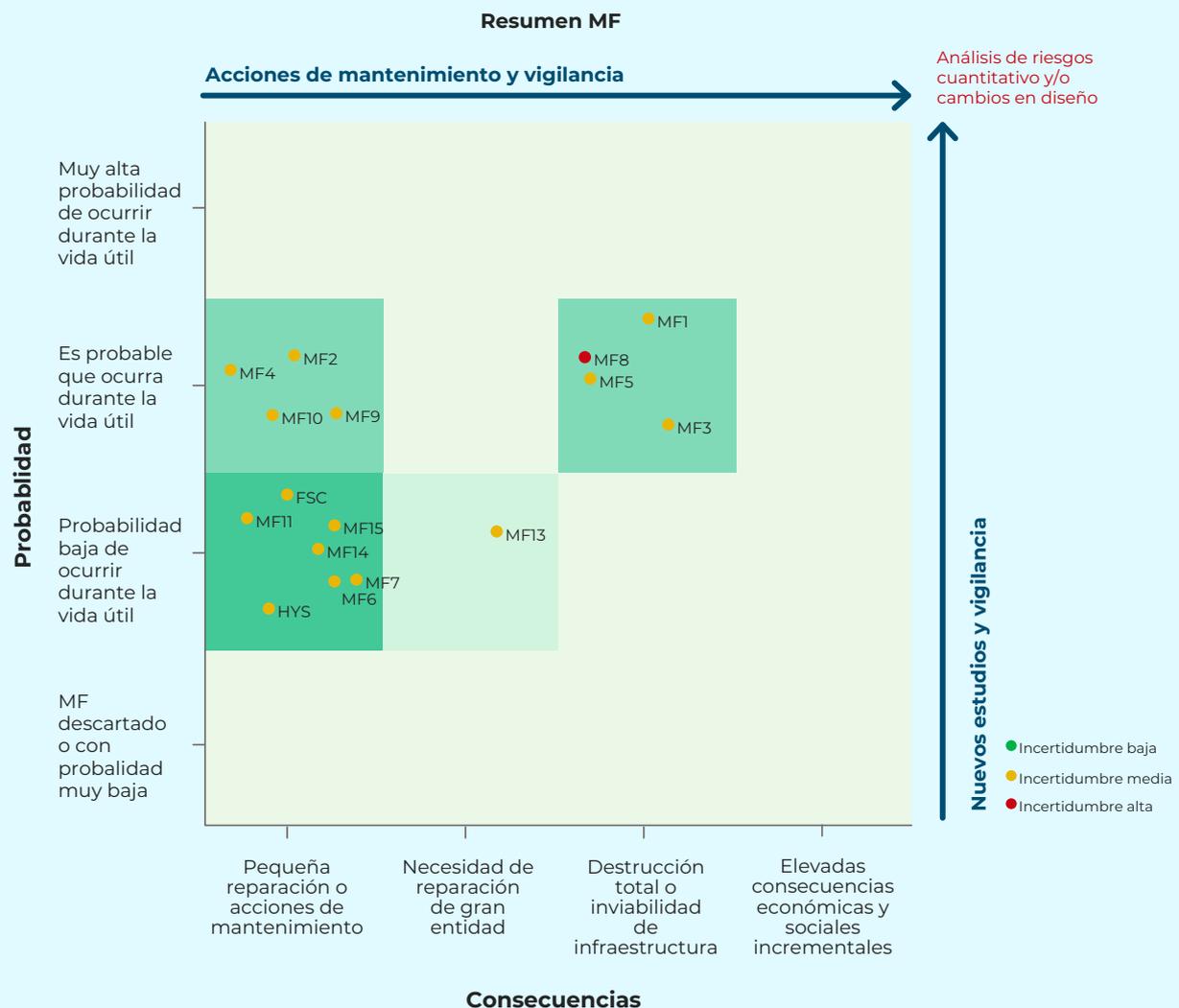


Cada punto del gráfico representa la clasificación de un participante (indicado por sus iniciales) y el color representa el grado de incertidumbre asociada a esa respuesta. En este caso, 5 participantes clasificaron el Modo de Fallo con una incertidumbre de nivel medio y 2 con nivel alto.

El centro de gravedad de todos los puntos es una referencia para definir la clasificación del grupo. Aun así, es importante preguntar a los participantes que hayan realizado una clasificación muy diferente al resto para tengan oportunidad de exponer al grupo sus razones y se llegue a un acuerdo.

Una vez asignada la clasificación de acuerdo a cada Modo de Fallo en cada una de las categorías, se introducen en el gráfico mostrado en la Figura 16.

Figura 16. Ejemplo de clasificación de Modos de Fallo tras la revisión en grupo



Para este caso concreto, la clasificación de los MF concluye que la combinación de probabilidad y consecuencias genera un nivel de riesgo que puede gestionarse hasta niveles tolerables si se siguen las recomendaciones (las cuales se explican en el Paso 7: Propuesta de recomendaciones y medidas de reducción de riesgo). Por lo tanto, con base en el resultado de la clasificación de MF, no sería necesaria una evaluación cuantitativa detallada del riesgo (Fase 5 de la metodología del BID), sino que las recomendaciones estarían más centradas en la realización de estudios que permitan reducir la incertidumbre existente.

Paso 7: Propuesta de recomendaciones y medidas de reducción de riesgo

En este punto, se define la última fase del taller de identificación de Modos de Fallo, en la cual se incluye la **propuesta de medidas** que permitan reducir el riesgo asociado a los Modos de Fallo identificados, así como la definición de acciones de mejora del mantenimiento e inspección o la **propuesta de nuevos estudios** que permitan reducir la incertidumbre existente y mejorar el conocimiento del sistema.

En este paso, por tanto, los participantes deben ir recomendando acciones o nuevos estudios que resuelvan los problemas identificados a lo largo de la sesión. Para ello, se pueden apoyar en

los factores que aumentan los riesgos de los Modos de Fallo, pues las recomendaciones suelen ir asociadas a evitarlos, reducirlos o mitigarlos y, finalmente, monitorizarlos y manejarlos.

Durante la sesión no es necesario seguir un orden concreto a la hora de realizar las recomendaciones, pero el facilitador debe estar pendiente de que se recomienden medidas para todas las problemáticas identificadas.

En general, las recomendaciones pueden agruparse posteriormente de muchas maneras, siendo decisión del facilitador y su equipo la de escoger la que más se adapte a su taller. Una opción puede ser agruparlas según a la fase del proyecto a la que se haga referencia (diseño, construcción, operación o gestión); otra opción podría ser agruparlas según los objetivos (mejora de actuaciones frente a emergencias, mejora del sistema de monitorización y vigilancia, mejoras estructurales, etc.); o bien de acuerdo con la categoría del riesgo a la que está enfocada (reducción de la probabilidad de ocurrencia, reducción de las consecuencias o reducción de la incertidumbre – lo cual suelen ser estudios e investigaciones).

Por otro lado, a la hora de definir las recomendaciones, es aconsejable definir en qué **plazo** deberían aplicarse (corto/medio/largo). De esta manera se pueden tener en cuenta cuando se desarrolle el plan de gestión de riesgos de desastre tras el taller (consultar Paso final).

Existen ciertas medidas que deben ser consideradas según el riesgo (bajo, medio o alto) del Modo de Fallo.

- Para los **Modos de Fallo con un riesgo medio y bajo**, se deben tener en cuenta acciones enfocadas a reducir la incertidumbre asociada y a la mejora del monitoreo de estos Modos de Fallo (si no la hay), entre otras posibles medidas que se identifiquen en el taller. Por tanto, para los Modos de Fallo con riesgo medio y bajo las medidas serán principalmente de investigación para la reducción de la incertidumbre y de monitoreo para mejorar el conocimiento global de la infraestructura y las amenazas naturales a las que pueda estar expuestas, como podría ser instalar nueva instrumentación.
- En lo que respecta a los **Modos de Fallo con un riesgo medio y alto**, las recomendaciones deben ir enfocadas a reforzar los procedimientos frente a emergencias y al monitoreo, así como a reducir el riesgo a corto plazo mediante cambios en los proyectos cuando sea necesario.

Nota: Con el fin de evaluar la reducción del riesgo, puede ser recomendable realizar una definición de acciones a partir de un análisis de riesgos cuantitativo. Como queda detallado en el apartado 7, el análisis de riesgos cuantitativo está recomendado para Modos de Fallo con un riesgo alto y/o medio-alto. Este análisis permite obtener resultados cuantitativos del riesgo a partir de los cuales, aplicándoles las medidas propuestas, se puede obtener un orden de aplicación de acciones según el criterio de priorización escogido (reducción del riesgo social, reducción del riesgo económico, etc.). Este orden identificará el camino más rápido para alcanzar el objetivo según el criterio de priorización.

Se puede concluir que las siguientes **recomendaciones** deben estar presentes en los talleres, eso sí, particularizándolas al caso concreto que se esté tratando.

Proyectos de nuevas infraestructuras:

- Recomendaciones para reducir el riesgo del Modo de Fallo, como pueden ser incluir un sistema de monitoreo, incluir nuevas protecciones o realizar cambios en el diseño de la infraestructura.

- Recomendaciones para reducir las consecuencias, por ejemplo, aplicación de una correcta planificación territorial una vez construida la infraestructura, disponer de un plan de mantenimiento, planificar la gestión de emergencias que tendrá lugar durante la fase de operación de la infraestructura, entre otros.
- Recomendaciones para reducir la incertidumbre, como puede ser disponer de una definición completa del proyecto, transparencia en los parámetros empleados para el cálculo, refuerzo de los estudios hidrológicos/geotécnicos, entre otros.

Infraestructuras existentes:

- Recomendaciones para reducir el riesgo del Modo de Fallo, como pueden ser incorporar un sistema de monitoreo – si no lo hay – o hacer comprobaciones periódicas de los resultados de dicho sistema, realizar acciones estructurales, entre otros.
- Recomendaciones para reducir las consecuencias, por ejemplo, refuerzo de los procedimientos frente a emergencias o implementar planes de emergencia, mejora de la operación, aumento de la frecuencia de las inspecciones y/o mantenimiento, mejora de la planificación territorial, entre otros.
- Recomendaciones para reducir la incertidumbre, que suelen estar basadas en realizar nuevos estudios y/o investigaciones que aclaren la situación real de la infraestructura. Pueden ser ensayos, finalizar informes de seguridad que estén en proceso, entre otros.



Para **incentivar la discusión y la participación** en esta etapa, el facilitador puede hacer las siguientes preguntas:

- ¿Qué estudios/análisis/pruebas adicionales podrían ser útiles para reducir la incertidumbre asociada a estos Modos de Fallo?
- ¿Qué acciones estructurales o cambios en el diseño se podrían aplicar para evitar la ocurrencia de estos Modos de Fallo?
- ¿Qué medidas no estructurales (planes de acción de emergencia, procedimientos de coordinación...) podrían implementarse para reducir el riesgo de la infraestructura?
- ¿Qué mejoras en la operación de la infraestructura se podrían aplicar?
- ¿Qué variables adicionales se podrían medir en la infraestructura para detectar la ocurrencia de estos Modos de Fallo y poder actuar antes de que se desarrollen?
- ¿Qué mejoras podrían introducirse en los procedimientos de vigilancia y mantenimiento?
- ¿Es necesario realizar un análisis de riesgos cuantitativo para evaluar la necesidad y viabilidad de acciones y ajustes?
- ¿Qué análisis de incertidumbre y pruebas se pueden hacer usando el análisis riesgo cuantitativo?

Paso final: Productos tras el taller

Una vez finalizadas las sesiones del taller de identificación de Modos de Fallo, es importante generar unos informes detallados para finalizar el proceso de análisis de riesgo cualitativo. Entre los principales productos se destacan:

- **Informe de Modos de Fallo.** Informe que recopila todas las conclusiones obtenidas del taller y resume todos los pasos realizados (revisión de información, visita técnica, Modos de Fallo identificados, clasificación y recomendaciones). Una vez el facilitador, junto a su equipo, han redactado el informe, éste se envía a todos los participantes para su revisión y complementación. Es recomendable asimismo resumir el informe en un formato de presentación permitiendo exponer la síntesis del proceso paso a paso. Para más detalle consultar el Anexo 3.
- **Plan de gestión de riesgos de desastre (PGRD).** Este documento detalla las acciones urgentes a realizar a corto, medio y largo plazo, presentando para ello un plan de acción. La estructura del plan de gestión de riesgos dependerá de los resultados obtenidos del taller de Modos de Fallo. Por ejemplo, una infraestructura en fase de proyecto tendrá un plan de acción dividido en acciones a realizar durante la fase de proyecto, la fase de construcción y la fase de explotación. Cada una de las acciones identificadas irá relacionada con una o varias recomendaciones obtenidas en el taller, así como indicará su relación con los Modos de Fallo identificados. Además, se recomienda incluir indicadores o hitos que permitan controlar el cumplimiento del plan de acción en base a los Modos de Fallo, por ejemplo, a partir de los parámetros definidos durante la revisión de la infraestructura. Estos indicadores o hitos variarán en función de los resultados obtenidos del taller.

Para obtener más información acerca de los PGRD, se recomienda consultar las *Guías para la realización de Planes de Gestión de Riesgos de Desastres en proyectos del BID*.



6 - Factores que contribuyen a un taller exitoso

Un taller exitoso no es aquel donde más Modos de Fallo se hayan identificado, sino aquel donde **los Modos de Fallo identificados hayan sido trabajados de manera grupal**, dispongan de un evento y un proceso desencadenante y sean representativos de un potencial fallo.

Otro factor que contribuye a que un taller sea exitoso es la **actitud proactiva** de los participantes. Si los integrantes del taller han participado activamente, han aportado sus impresiones y se ha evitado que algunos de los participantes se puedan sentir cuestionados, entonces se puede considerar que ha resultado un taller exitoso en este aspecto.

La comunicación y el lenguaje también son aspectos clave en los talleres. Es recomendable que los talleres se realicen en el idioma natal del país donde se localiza el proyecto, debiendo tener el facilitador un nivel excelente en dicho idioma.

A continuación, se detallan algunas preguntas que permitirían identificar la existencia de factores que contribuyen al **éxito de un taller**:

- ✓ ¿Se propició un ambiente proactivo y de colaboración?
- ✓ ¿Se discutieron todos los temas de la agenda con un tiempo adecuado (sin la sensación de estar continuamente corriendo)?
- ✓ ¿Se realizó una revisión integral del efecto de los desastres en la zona y cómo la infraestructura podría incrementarlos?
- ✓ ¿El facilitador desarrolló el taller sin tener que dar continuamente su opinión?
- ✓ ¿Hubo participación y aporte a la discusión de más del 70-80% de los participantes?
- ✓ ¿Los formularios están completos y demuestran que los participantes comprendieron la metodología?
- ✓ En su caso, ¿hubo aportes también desde el equipo de diseño o construcción?
- ✓ ¿Las recomendaciones resultantes fueron ampliamente aceptadas por los participantes del taller?
- ✓ ¿Al finalizar el taller, los participantes se comprometieron con apropiarse del plan de acciones acordado?

Si alguna de las respuestas es negativa debe evaluarse la calidad de los resultados obtenidos y valorar si, a pesar de los inconvenientes que hayan podido surgir en el taller, los resultados son válidos y se puede continuar con el análisis de riesgos de la infraestructura. En caso de que todas o prácticamente todas sean negativas, debe valorarse realizar un taller de refuerzo más adelante, en cuyo caso deberán tomarse medidas para sortear los obstáculos encontrados en el primero (cambio de expertos externos, cambio de facilitador, mejor explicación del proceso, más tiempo para realizar el taller, ...).

Una de las cualidades del taller es su carácter capacitador, ofreciendo a los participantes una visión general del análisis de riesgos cualitativo y transfiriéndoles una visión crítica de las infraestructuras y sus riesgos asociados. Además, el taller puede ser de ayuda para generar archivos técnicos ordenados y completos, lo cual es muy beneficioso para disponer de un control de la infraestructura.

Es importante resaltar que el taller es un paso en el proceso de evaluación de riesgos y destacar la importancia de **implementar los resultados obtenidos en el taller** en las fases posteriores al mismo. Por ello, las siguientes **tareas deben ser desarrolladas una vez finalizado el taller**:

- Redactar un **informe de Modos de Fallo** que incluya: la revisión de información, los insumos obtenidos de la visita técnica, el proceso de identificación de Modos de Fallo (incluyendo las fichas de cada Modo de Fallo), la clasificación y las recomendaciones y medidas obtenidas.
- Desarrollar un **Plan de Gestión de Riesgos de Desastre (PGRD)**, en el cual se detallen las acciones a realizar y se presente un plan de acción.
- Compartir ambos documentos con los participantes para su revisión y validación y para consolidar comentarios y compartir la versión definitiva que debe implementarse.



7 - Transición del análisis de riesgos cualitativo al cuantitativo

En algunos casos, puede ser recomendable realizar un análisis de riesgos cuantitativo que permita definir mejor el proyecto de infraestructura u orientar potenciales acciones de rehabilitación en proyectos existentes.

Las conclusiones derivadas de la fase de identificación de Modos de Fallo representan el **punto de partida** para la definición del análisis de riesgos cuantitativo ya que su estructura y complejidad dependen de estos Modos de Fallo. Para decidir cómo enfocar el análisis de riesgos cuantitativo y qué Modos de Fallo deben analizarse más en detalle, se emplea la **clasificación** realizada en el Paso 6 del taller.

Los Modos de Fallo con probabilidad de ocurrencia o consecuencias significativas son los principales candidatos para pasar a la fase cuantitativa del análisis, es decir, los **Modos de Fallo cuyo riesgo sea alto o medio-alto**. Pero la decisión no se basa únicamente en esta condición. En concreto, el análisis de riesgos cuantitativo es recomendable en los siguientes casos:

- Proyectos nuevos o grandes inversiones en infraestructuras cuya **criticidad y consecuencias sean elevadas**, llevando a la pérdida de vidas en caso de fallo. Por ejemplo, para grandes presas, grandes túneles o centrales nucleares, el análisis de riesgos cuantitativo se puede emplear para demostrar que cumplen con las recomendaciones internacionales de tolerabilidad.
- En proyectos nuevos cuyo **objetivo es la reducción del riesgo de desastres**, el análisis de riesgos cuantitativo sirve para justificar la utilidad del proyecto. Por ejemplo, en obras de protección frente a inundaciones, permite comparar la situación de riesgo antes y después de realizar la obra, evaluando su necesidad.
- En **proyectos nuevos de infraestructura en general**, el análisis de riesgos cuantitativos puede ser muy útil para hacer cambios y optimizar el diseño con nuevas comprobaciones estructurales, de suficiencia hidrológica, entre otros, evitando Modos de Fallo con un riesgo alto o medio-alto.
- Por último, en **proyectos existentes**, cuando haya Modos de Fallo con un riesgo alto o medio-alto. De esta manera, el análisis de riesgos cuantitativo puede ayudar a definir qué inversiones realizar para reducir dicho riesgo. También pueden ser útiles para aquellos proyectos donde se estén planteando medidas de rehabilitación, para determinar su impacto (reducción del riesgo, consecuencias, etc.).

El **análisis de riesgo cuantitativo** se basa en el cálculo del riesgo a partir de los Modos de Fallo más críticos que se hayan identificado durante el taller, incluyendo la representación del riesgo global económico y social a partir de curvas de probabilidad anual excedencia de daños (también llamadas FN o FD), entre otros métodos.

A la hora de realizar un análisis de riesgos cuantitativo es importante definir qué se quiere analizar y qué tipo de resultados se van a obtener para ayudar al proyecto de infraestructura. Por otro lado, el nivel de detalle y esfuerzo del análisis cuantitativo debe ajustarse a la importancia del proyecto de infraestructura. Por ejemplo, si el proyecto tiene una potencial pérdida de vida elevada, el esfuerzo deberá ser mayor que si se trata de analizar el impacto sobre una zona despoblada. Existen numerosas metodologías de análisis cuantitativo que proporcionan esta flexibilidad respecto al nivel de detalle.

8 - Conclusiones y toma de decisiones

Conocida la estructura base de los talleres de identificación de Modos de Fallo, se puede concluir que el proceso es útil para **evaluar de manera eficaz los riesgos** de las infraestructuras y las incertidumbres asociadas.

Algunos de los **aspectos clave** que se pueden destacar del proceso son:

- El proceso debe ser **participativo**.
- La duración del taller debe ser de entre **2-3 días**.
- Las **recomendaciones** se obtienen de manera consensuada.
- La **presencia de expertos** enriquece el taller y ayuda a asentar la base de las recomendaciones.
- La oportunidad para **revisar la información** existente hasta la fecha.
- La oportunidad para **capacitar** en el tema.
- La oportunidad para **visitar la obra**.
- La oportunidad de generar **consenso y acción conjunta**, coordinada e informada entre las partes del proyecto.

La utilidad de este tipo de procesos es apoyar la toma de decisiones. Esto quiere decir que el análisis cualitativo del riesgo que se realiza durante el taller, junto con otros aspectos condicionantes (ambientales, sociales legales, administrativos, etc.) contribuye a la toma de decisiones y a asegurar que las infraestructuras sean lo más resilientes posibles, desde un enfoque de abordar las características de vulnerabilidad.

Figura 17. Gestión del riesgo



Generalmente, el análisis de riesgos el proceso de análisis de riesgo no concluye con la realización del Taller. En este sentido es fundamental desarrollar como resultado del Taller: (i) un informe que recopile todos los aspectos tratados y su diagnóstico técnico (**informe de Modos de Fallo**), (ii) un **Plan de Gestión de Riesgos de Desastre**, que identifica, estructura y prioriza las recomendaciones y acciones a implementar a lo largo del ciclo de vida del proyecto en sus distintas etapas y especifica el responsable de cada una, enfocado en los Modos de Fallo con riesgo medio-bajo y (iii) establecer los pasos necesarios para completar el análisis de riesgo cuantitativo de aquellos Modos de Fallo con riesgos medio-alto y ajustar el correspondiente Plan de Gestión de Riesgos de Desastre (incluyendo el propio diseño del proyecto o análisis de alternativas de éste).

Los siguientes factores ayudarán a concluir si ha sido un **taller exitoso**:

- Se propició un ambiente proactivo y de colaboración.
- El taller se desarrolló de manera relajada, pero alcanzando todos los objetivos.
- Los participantes intervinieron en al menos un 70-80% y han comprendido la metodología.
- Gran participación del equipo de diseño del proyecto (si aplica).
- El proceso de identificación de los Modos de Fallo está bien definido.
- Hay amplio consenso en la clasificación de los Modos de Fallo.
- Se realizaron recomendaciones y son ampliamente aceptadas por los participantes del taller.
- El taller finaliza con un compromiso por parte de los participantes de apropiarse del plan de acciones.



Referencias

Existe una gran cantidad de documentación relativa a la realización de Talleres de Identificación de Modos de Fallo en distintos sectores. A continuación, se ha recopilado una serie de documentos que sirven como referencia a la hora de determinar las técnicas, los procesos y herramientas necesarias para conseguir un adecuado desarrollo de los Talleres de Identificación de Modos de Fallo:

- **Banco Interamericano de Desarrollo. *Resumen ejecutivo de la metodología de evaluación del riesgo de desastres y cambio climático del BID. 2018***: El documento resume la Metodología de evaluación del riesgo de desastres y cambio climático desarrollada y sometida a pruebas piloto durante 2017 y 2018. El documento individualiza cada paso y explica diferentes tipos de riesgos, así como cuestiones sectoriales específicas que deben abordarse. Además, ofrece apoyo práctico a los líderes de equipo de proyectos de diversos sectores, a las agencias ejecutoras, a los expertos técnicos y a las agencias externas de consultoría y diseño sobre cómo integrar consideraciones sobre riesgo de desastres y cambio climático en la preparación e implementación de proyectos, cuando corresponda.
- **Banco Interamericano de Desarrollo. *Metodología de evaluación del riesgo de desastres y cambio climático para proyectos del BID. 2019***: La Metodología está organizada en cinco pasos: exposición a amenazas, criticidad y vulnerabilidad, evaluación cualitativa simplificada, evaluación cualitativa completa y evaluación cuantitativa, agrupados en tres fases (*screening* y clasificación, evaluación cualitativa y evaluación cuantitativa). La Metodología toma en consideración los niveles de información disponible en cada etapa del proyecto, la variedad de proyectos y operaciones y la disponibilidad de información dependiendo del país y del tipo de amenaza. La Metodología reconoce la incertidumbre del cambio climático, inherente a las condiciones futuras. El resultado es un proceso sistemático y viable que agrega resiliencia, sostenibilidad y valor a los proyectos.
- **International Standardization Organization (ISO). *Risk Management – Principles and Guidelines. ISO 31000. 2009***: En la ISO 31000 se describe la importancia de la identificación de riesgos y sus causas para generar una lista exhaustiva de riesgos que pudieran afectar a la consecución de los objetivos del elemento (ya sea organización, infraestructura, etc.) que se estudie. Para ello recomienda la aplicación de herramientas y técnicas de identificación de riesgos en la que participen personas con conocimientos técnicos adecuados, además de la disposición de información pertinente, actualizada y de base adecuada.
- **International Electrotechnical Commission. *Analysis Techniques for System Reliability – Procedure for Failure Mode and Effects Analysis (FMEA). International Standard. 2006***: Esta norma internacional describe el FMEA y el FMECA (al incorporar el análisis de criticidad al proceso) y proporciona los pasos necesarios para realizar un análisis. El método permite identificar la gravedad de los posibles Modos de Fallo y proporcionar medidas de mitigación para reducir el riesgo, además de introducir la estimación de la probabilidad de ocurrencia de los Modos de Fallo. Recomienda que se realice por personas calificadas que puedan reconocer y evaluar la magnitud y las consecuencias de las deficiencias en el diseño que puedan provocar fallos.
- **Mecca, S., y Masera, M. *Technical Risk Analysis in Construction by Means of FMEA Methodology. 1999***: Con el objetivo de transferir el proceso y las herramientas del análisis de Modos de Fallo en el sector de la construcción y teniendo en cuenta la incertidumbre y complejidad del proceso, en el documento se propone emplear una herramienta que integre el análisis y el tratamiento de los factores de riesgo para así obtener un sistema

constructivo apropiado y eficiente. Respecto al proceso, proponen vincular los Modos de Fallo con la predicción de riesgos específicos a partir del análisis de los factores de riesgo, la identificación de las condiciones de criticidad y la evaluación de los puntos críticos del proyecto.

- **Kim, J. H., H. Y. Jeong, y J. S. Park. *Development of the FMECA Process and Analysis Methodology for Railroad Systems*. 2009:** En el documento se propone el empleo de la metodología FMECA que consiste en la unión del FMEA y un análisis de criticidad (CA). Indica que el principal objetivo de los sistemas ferroviarios es transportar pasajeros o mercancías de forma segura y puntual a su destino, siendo consecuentemente la seguridad y la fiabilidad muy importantes, por lo que proponen que los Modos de Fallo se analicen a través del proceso FMEA y se indique mediante el CA la clase de criticidad para cada uno de los Modos de Fallo utilizando una matriz de riesgo.
- **Aguilar Otero, J., Torres Arcique, R., y Magaña Jiménez, D. *Análisis de modos de fallo, efectos y criticidad (FMECA) para la planeación del mantenimiento empleando criterios de riesgo y confiabilidad*. 2010:** El trabajo introduce el proceso de análisis y aplicación de la metodología FMECA en el proceso de gestión del mantenimiento, en concreto en la etapa de planeación. Para ello emplean un proceso dividido en cinco etapas las cuales consisten en la definición de la intención de diseño, análisis funcional, identificación de Modos de Fallo, efectos y consecuencias del fallo y jerarquización del riesgo. Proponen la identificación de los Modos de Fallo que representan un mayor riesgo, realizando para ellos un proceso de selección de tareas de mantenimiento detallado.
- **Zeng, S. X., Tam, C. M., y Tam, V. W. Y. *Integrating Safety, Environmental and Quality Risks for Project Management using a FMEA Method*. 2010:** En este estudio se emplea el proceso FMEA para analizar la gestión de riesgos en seguridad y salud laboral, medio ambiente y gestión de la calidad en el marco de un Sistema de Gestión Integrado (IMS). Además, proponen clasificar el grado de aceptabilidad de los riesgos en aceptable, moderado, indeseable e inaceptable. Consecuentemente, propone una metodología para que se integre la gestión de riesgos en la búsqueda de la mejora continua en la gestión de proyectos. Para ello, vinculan la gestión integrada de riesgos con el ciclo de Deming (Planificar, Hacer, Verificar, Actuar).
- **Carlson, C. S. *Effective FMEAs. Achieving Safe, Reliable, and Economical Products and Processes Using Failure Mode and Effects Analysis*. 2012:** El documento describe los procedimientos del FMEA y consiste en una guía de buenas prácticas para realizar el análisis con éxito. Respecto al proceso, se utiliza una estrategia que consistiría en: introducción de las funciones primarias, para la primera función realizar la identificación de Modos de Fallo y efectos correspondientes, para cada Modo de Fallo determinar las causas y la ocurrencia, para cada causa identificar los elementos de control, introducir la siguiente función y continuar hasta analizar todas las funciones. Una vez analizadas, asignar un Número de Prioridad de Riesgo (RPN), revisar las severidades y RPN altos para finalizar desarrollando todas las recomendaciones necesarias que reduzcan el riesgo a un nivel aceptable.
- **SPANCOLD. *Guías Técnicas de Seguridad de Presas. Guía Técnica N° 8 de Explotación de Presas y Embalses. Análisis de Riesgos aplicado a la Gestión de Seguridad de Presas y Embalses*. 2012:** El documento redactado por el Comité Nacional Español de Grandes Presas (SPANCOLD) describe en el capítulo 4 la metodología adaptada y aplicada en España para la realización de un análisis de riesgo cualitativo. El proceso consiste en una recopilación de la documentación y datos más representativo de la presa, una entrevista con el personal que más conoce la infraestructura, la revisión exhaustiva de la documentación y la realización de una sesión de Modos de Fallo, asignación de una valoración cualitativa a cada uno de ellos, propuesta de recomendaciones y medidas

reductoras de riesgo y finalmente la elaboración de un documento que englobe la totalidad del trabajo realizado.

- **Hwang, H., Lansey, K., y Quintanar, D. R. *Resilience-based Failure Mode Effects and Criticality Analysis for Regional Water Supply System. 2015:*** Utilizando el caso del sistema regional de abastecimiento de agua (RWSS por sus siglas en inglés) de la ciudad de Tucson (EEUU), en el documento se realiza un análisis de riesgos mediante el método FMECA, con el objetivo de examinar la gravedad de un fallo de un componente en el funcionamiento global del sistema mediante la modelización del sistema. Dentro del FMECA, proponen la introducción del Número de Prioridad de Riesgo para comparar la criticidad del riesgo entre los fallos de los componentes. Los valores de RPN de todos los Modos de Fallo se clasifican para evaluar los elementos más críticos y se plantean configuraciones alternativas del sistema que produzcan un menor impacto tras el fallo de algún componente.
- **Rasoul, Y. y Hanewinkel, M. *Climate Change and Decision-Making Under Uncertainty. 2016:*** El documento resalta los principales riesgos e incertidumbres asociadas al cambio climático en la gestión de bosques. El principal reto que encuentra es la incertidumbre asociada a los cambios en el clima, los cuales generan nuevos riesgos en los ecosistemas de los bosques. A pesar de haberse desarrollado algunas estrategias de adaptación al cambio climático, éstas no consideran todos los posibles escenarios futuros, siendo necesario el desarrollo de metodologías de toma de decisiones que tengan en cuenta la fuerte incertidumbre generada por el cambio climático. El documento propone dos metodologías: la diversificación del portafolio y la toma de decisiones robusta.
- **Marchau, Vincent A.W.J., Warren E. Walker, Pieter J.T.M. Bloemen, y Steven W. Popper. *Decision Making Under Deep Uncertainty. From Theory to Practice. 2019:*** Este libro evidencia la existencia de la incertidumbre en la toma de decisiones, muestra los distintos niveles de incertidumbre y habla de cómo tratar este aspecto en la toma de decisiones. Para ello, el libro recopila diversos métodos y herramientas, detalla aplicaciones prácticas y procesos de implementación existentes. Asimismo, remarca la complejidad de la consideración de la incertidumbre en la toma de decisiones.
- **Ministerio de Medio Ambiente y Agua (Bolivia). *Medidas de protección y mitigación para reducir riesgos para eventos de inundación y crecidas en áreas agrícolas y urbanas en cuencas Alta y Baja. 2021:*** El documento se presenta como un catálogo de medidas estructurales y no estructurales de prevención de fenómenos adversos para la reducción de riesgos.

Anexos

Anexo 1.	Plantilla identificación Modos de Fallo individual	58
Anexo 2.	Plantilla clasificación Modos de Fallo individual	61
Anexo 3.	Lineamientos para la elaboración de informes de Modos de Fallo	66
Anexo 4.	Términos de referencia para la contratación de talleres de identificación de Modos de Fallo	71



Anexo 1. Plantilla identificación modos de fallo individual

Este anexo presenta las bases para el desarrollo de la plantilla de identificación de Modos de Fallo individual.

Este [Paso 4](#) puede realizarse mediante plantillas online o físicas (en papel). La plantilla es estándar y no necesita de variaciones a lo largo del taller, por lo que sea cual sea la decisión del facilitador y su equipo, es recomendable tener la plantilla preparada al inicio del taller.

En caso de que el formulario sea online, para que los participantes accedan, hay dos opciones: introducir el enlace en la barra del buscador del ordenador o leer el código QR con el móvil. Tanto el enlace como el código serán generados por el equipo facilitador y se recomienda que sean insertados en la presentación de antemano.

A1.2. Plantilla online para la identificación de Modos de Fallo individual

La plantilla online se genera a partir de un **formulario** (Google en el ejemplo a continuación). Este formulario permite a los participantes enviar los Modos de Fallo a través de su móvil, ordenador o tableta.

El formulario debe incluir prácticamente los mismos campos que la plantilla física: Nombre del participante, cargo y entidad, nombre del Modo de Fallo, descripción del Modo de Fallo, esquema del Modo de Fallo que el participante debe adjuntar mediante un enlace o por correo al facilitador, factores que aumentan el riesgo y factores que disminuyen el riesgo.

Este formulario **se puede enviar tantas veces como Modos de Fallo se identifiquen**. Para acceder existen dos opciones: introduciendo el enlace en la barra del buscador o leyendo el código QR. Tanto el enlace como el código son generados por el facilitador e insertados en la presentación.

Figura 18. Ejemplo de plantilla en línea para la identificación de Modos de Fallo

Modos de Fallo

Identificación individual de modos de fallo de la infraestructura

Nombre del participante *

Su respuesta

Nombre del modo de fallo *

Su respuesta

Descripción del modo de fallo *

Su respuesta

Esquema del MF (Escribir link de imagen o enviar correo al facilitador)

Su respuesta

Factores que aumentan el riesgo *

Su respuesta

Factores que disminuyen el riesgo *

Su respuesta

Enviar

Anexo 2. Plantilla: clasificación de Modos de Fallo individual

Este anexo presenta las bases para el desarrollo de la plantilla de clasificación de Modos de Fallo individual.

Es recomendable tener la plantilla preparada con los elementos básicos al inicio del taller, de esta manera, una vez finalice la identificación de Modos de Fallo grupal, el equipo del facilitador podrá completar el formulario con los Modos de Fallo identificados mientras el facilitador presenta a los participantes cómo se va a realizar el Paso 6: Clasificación de Modos de Fallo.

Durante la fase de clasificación individual se recomienda repartir una hoja con la explicación de cada una de las categorías o proyectar la diapositiva con esta misma información. Ello permitirá al participante consultar las categorías mientras complementa el formulario.

Para que el participante acceda al formulario hay dos opciones: introducir el enlace en la barra del buscador del ordenador o leer el código QR con el teléfono celular. Tanto el enlace como el código serán generados por el equipo facilitador y se recomienda que sean insertados en la presentación de antemano.

Los gráficos resumen comentados en el Paso 6: Clasificación de Modos de Fallo se obtienen a partir de un Excel adjunto a la guía y cuyo funcionamiento queda detallado en este anexo.

A2.1 Plantilla (en línea) para la clasificación de Modos de Fallo

La plantilla en línea de clasificación se genera a partir de un **formulario** (Google en el ejemplo a continuación). Este formulario permite a los participantes enviar los Modos de Fallo a través de su móvil, ordenador o tableta.

El **contenido** del formulario será:

- Nombre del participante.
- Cargo y entidad.
- Probabilidad de fallo de cada Modo de Fallo.
- Consecuencias de cada Modo de Fallo.
- Incertidumbre asociada a cada clasificación de Modo de Fallo.

Dado que los Modos de Fallo no quedan definidos hasta finalizar el Paso 5: Discusión en grupo de Modos de Fallo, se recomienda, por simplicidad logística, organizar el formulario por secciones para poder duplicarlas y cambiar el nombre del Modo de Fallo una vez conocidos. Es decir, que el formulario dispondrá de tantas secciones como Modos de Fallo se hayan identificado.

Secciones del formulario = MF + 1

La primera sección contendrá los datos del participante: iniciales, nombre, cargo / entidad. Y el resto de las secciones corresponderán a cada uno de los Modos de Fallo identificados por el grupo y contendrán las preguntas de probabilidad de fallo, consecuencias e incertidumbre. A continuación, se muestra un ejemplo de una sección para un Modo de Fallo (Figura 19).

Figura 19. Ejemplo de plantilla online para la clasificación de Modos de Fallo

MF1. Lluvias, falta capacidad hidráulica, erosión de vía

Probabilidad de fallo

- MF descartado o con probabilidad muy remota
- Probabilidad baja de ocurrir durante la vida útil
- Es probable que ocurra durante la vida útil
- Muy alta probabilidad de ocurrir durante la vida útil

Consecuencias

- Pequeña reparación o acciones de mantenimiento
- Necesidad de reparación de gran entidad
- Destrucción total o inviabilidad de infraestructura
- Elevadas consecuencias económicas y sociales incrementales

Incertidumbre

- Incertidumbre baja
- Incertidumbre media
- Incertidumbre alta

Back Next Clear form

A2.2 Hoja Excel para la obtención de los gráficos resumen

El archivo Excel de clasificación es una herramienta desarrollada para visualizar los resultados obtenidos de la clasificación individual y llegar a un consenso grupal para cada Modo de Fallo.

Su uso es muy sencillo y consta de 4 pestañas, en 3 de las cuales el facilitador o su equipo introducirán información obtenida de los talleres.

Modos de fallo

Formulario

Gráficos individuales

Gráfico resumen MF

La primera pestaña es un listado de los Modos de Fallo. En esta pestaña, el nombre de los Modos de Fallo identificados en el Paso 5 deben ser introducidos por el facilitador o su equipo (Figura 20). Esta tarea se puede realizar mientras los participantes rellenan el formulario (Paso 6) o antes, en el Paso 5, mientras se van identificando los Modos de Fallo grupales.

Figura 20. Captura de la herramienta Excel para la clasificación de MF. Hoja1: Modos de Fallo

	A	B	C
1	Modos de fallo		
2	MF1	Lluvias, falta capacidad hidráulica, erosión de vía	
3	MF2	Saturación de suelo, inestabilidad, bloqueo de vía	
4	MF3	Avenida, erosión y socavación de cimientos, fallo	
5	MF4	Inundación TA515, daños en vía y corte tráfico	
6	MF5	Huaico, daños a vehículos e infraestructura	
7	MF6	Lluvias, caída de grandes rocas	
8	MF7	Lluvia, erosión base alcantarilla, fallo obra de paso	
9	MF8	Avanceros, río arrastra material, daño por huaico	
10	MF9	Viento, erosión, caída material, daño de vía	
11	MF10	Sismo, inestabilidad terreno, bloqueo de vía	
12	MF11	Sismo, fallo relleno vía, socavón, no circulación	
13	MF12	Dif temperatura, agrietamiento, daños obras arte	
14	MF13	Erupción, cenizas arrastradas por lluvias, daños	
15	MF14	Granizada, daños a vehículos	
16	MF15	Sismo, daño y agrietamiento puentes, fallo	
17	MF16		
18	MF17		
19	MF18		
20	MF19		
21	MF20		
22	MF21		
23	MF22		
24	MF23		
25	MF24		
26	MF25		
27	MF26		
28	MF27		
29	MF28		
30	MF29		
31	MF30		
32			
33			
34			
35			
36			
37			
38			

Una vez el formulario ha sido completado por los participantes, el facilitador copiará las respuestas del Excel online generado por *Google forms* y las plasmará en la hoja 2: Formulario. En esta hoja solo hay que copiar la información (Figura 21).

Figura 21. Captura de la herramienta Excel para la clasificación de MF. Hoj21: Formulario

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Marca temporal	Iniciales	Nombre	Entidad	Probabilidad c	Consecuencia	Incertidumbre						
2		01/12/2021 16:14	FSC		Es probable q	Necesidad de	Incertidumbre	Probabilidad t	Pequeña repa	Incertidumbre	Es probable q	Destrucción t	Incertidumbre
3		01/12/2021 16:15	WAE		Es probable q	Necesidad de	Incertidumbre	Es probable q	Necesidad de	Incertidumbre	Muy alta prob	Destrucción t	Incertidumbre
4		01/12/2021 16:15	ME		Muy alta prob	Pequeña repa	Incertidumbre	Es probable q	Pequeña repa	Incertidumbre	Es probable q	Necesidad de	Incertidumbre
5		01/12/2021 16:20	JZ		Muy alta prob	Pequeña repa	Incertidumbre	Muy alta prob	Necesidad de	Incertidumbre	Es probable q	Elevadas con	Incertidumbre
6		01/12/2021 16:21	HYS		Muy alta prob	Pequeña repa	Incertidumbre	Es probable q	Pequeña repa	Incertidumbre	Muy alta prob	Destrucción t	Incertidumbre
7		01/12/2021 16:23	HP		Es probable q	Destrucción t	Incertidumbre	Muy alta prob	Destrucción t	Incertidumbre	Es probable q	Destrucción t	Incertidumbre
8		01/12/2021 16:24	AMT		Muy alta prob	Pequeña repa	Incertidumbre	Es probable q	Necesidad de	Incertidumbre	Es probable q	Necesidad de	Incertidumbre
9		01/12/2021 16:40	JCM		Muy alta prob	Elevadas con	Incertidumbre	Muy alta prob	Elevadas con	Incertidumbre	Es probable q	Necesidad de	Incertidumbre
10		01/12/2021 16:42	JR		Muy alta prob	Elevadas con	Incertidumbre	Probabilidad t	Necesidad de	Incertidumbre	Es probable q	Destrucción t	Incertidumbre

Una vez plasmada la información del formulario en esta hoja, la tercera hoja (Gráficos individuales) mostrará gráficamente los resultados obtenidos de la clasificación individual (Figura 22).

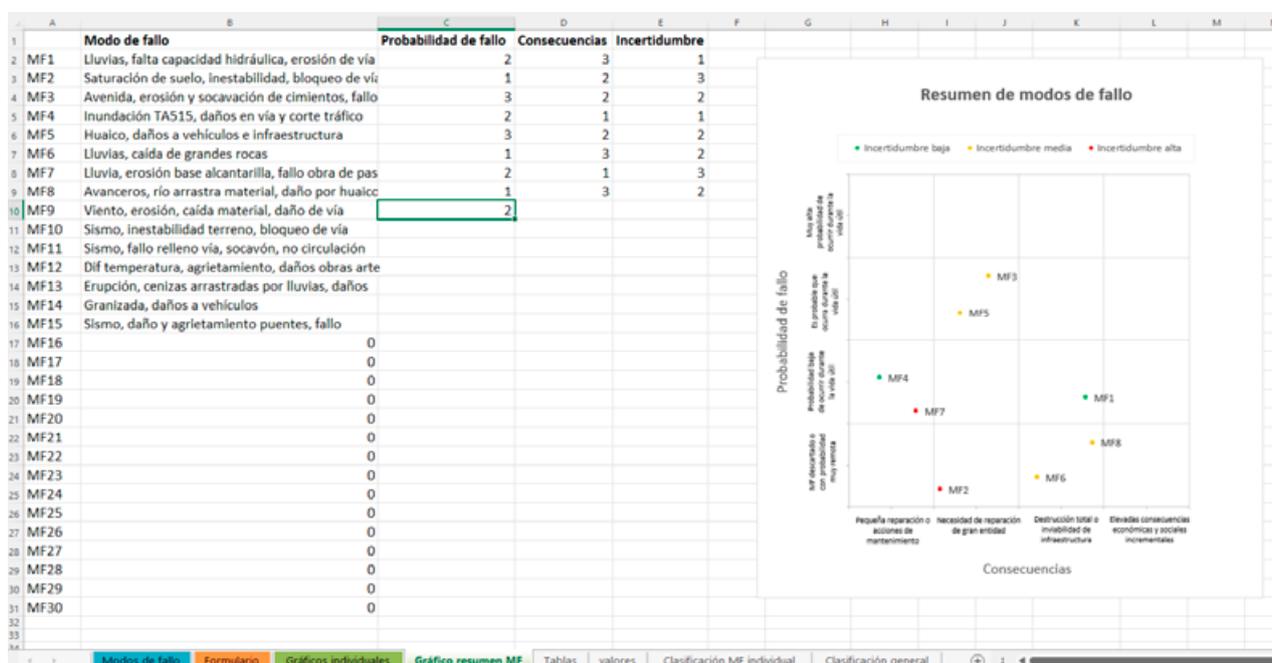
Figura 22. Captura de la herramienta Excel para la clasificación de MF. Hoja3: Gráficos individuales



A partir de estos gráficos se desarrollará la fase de clasificación grupal, en la cual se determinará la clasificación final de los Modos de Fallo. Por ejemplo, el MF1 mostrado en la Figura 22 tiene una gran concentración de respuestas en bajas consecuencias y muy elevada probabilidad de ocurrencia, además de que estas respuestas disponen de una incertidumbre media-baja y el resto de las respuestas tienen una incertidumbre alta excepto una. En este caso, el facilitador debe preguntar al participante FSC el porqué de su respuesta, ya que a diferencia del resto tiene una incertidumbre baja.

Sobre la base de este debate se decide qué clasificación tiene este Modo de Fallo, incluyendo la incertidumbre asociada, y se introduce en la hoja 4: Gráfico resumen MF, donde se van graficando los resultados (Figura 23). Este proceso se repite de manera sucesiva hasta completar la clasificación de todos los Modos de Fallo identificados.

Figura 23. Captura de la herramienta Excel para la clasificación de MF. Hoja4: Gráfico resumen MF



El Excel está programado para un total de 30 participantes y 30 Modos de Fallo. En caso de que se identifiquen más Modos de Fallo o haya más participantes, las hojas de cálculo tendrán que ampliarse.

Anexo 3. Lineamientos para la elaboración de informes de Modos de Fallo

El informe de Modos de Fallo es un documento recopilatorio del proceso, los insumos y los resultados del taller. Este documento incorpora desde la revisión de información de la infraestructura en cuestión, hasta las recomendaciones obtenidas de la sesión. En este anexo se presenta la estructura del informe y las consideraciones para su correcto desarrollo.

A3. 1. Introducción

Este apartado debe introducir en qué consiste el documento, incluyendo los objetivos del taller de Modos de Fallo y su **propósito y encaje** dentro del proceso contractual o de desarrollo proyectual vinculado a la infraestructura analizada en particular, si aplica. Asimismo, la introducción debe incluir un párrafo resumen que detalle el **contenido** de todos los apartados y su numeración, para que el lector sepa qué va a encontrar cuando comience a leer, así como un esquema resumen.

Finalmente, la introducción debe indicar en qué **fecha** tuvieron lugar los Talleres de Identificación de Modos de Fallo, la **agenda** y los **participantes**, indicando su nombre completo y compañía o entidad a la que pertenecen.

A.3.2 Revisión de información

La revisión de información del documento debe **plasmarse todos los aspectos presentados** en el taller. En este caso, no hay que citar textualmente la información, sino que se debe redactar el texto para que tenga **coherencia**, indicando siempre de qué documento proviene esta información.

Asimismo, se debe incorporar aquella **nueva información** que haya salido a la luz durante la fase de revisión de información realizada en los talleres.

Los **contenidos mínimos** que debe incluir la revisión de información han quedado detallados en el Paso 2: Revisión de la información de la presente guía.

A.3.3 Visita técnica

Independientemente de si la visita técnica se realiza de manera presencial u online, los siguientes aspectos deben incorporarse en el documento.

- **Fecha** en la que se realizó la visita técnica / se tomaron las fotografías y/o vuelos dron.
- **Zonas que se inspeccionaron** de la infraestructura y área de estudio.
- **Fotografías** representativas de la visita.

Finalmente, se deben detallar los **aspectos clave identificados** durante la visita y que son relevantes para la identificación de Modos de Fallo o los factores de aumento (o disminución) del riesgo.

Para más información consultar el Paso 3: Visita técnica.

A.3.4 Identificación de Modos de Fallo

El apartado de Modos de Fallo comienza con una **introducción**, la cual incluye:

- La **definición de Modo de Fallo**, la cual se detalla detallada en el apartado 3.
- Mencionar brevemente el **proceso** de identificación de Modos de Fallo seguido: fase individual y grupal.
- Añadir un **esquema resumen** de los Modos de Fallo identificados, como se mostró en la Figura 10.

A continuación, se presentan las **fichas de todos los Modos de Fallo** identificados, indicando el título, descripción, esquema y factores que aumentan o disminuyen el riesgo. Estas fichas son generadas después del taller, y los esquemas deben ser lo más representativos posibles de la realidad.

Se recomienda incluir una única ficha por página y nombrar el Modo de Fallo en el título para facilitar su identificación dentro del documento, como se muestra a continuación.

Ficha tipo. MFI. Desconfianza en pronóstico y acciones no efectivas

Modo de Fallo 1	
Título	Desconfianza en el pronóstico y acciones no efectivas
Descripción	
<p>Los sistemas de predicción entregan información imprecisa, provocando que los pronósticos generen desconfianza e incredulidad por parte de la población y de las propias autoridades responsables de la gestión de emergencias. Este hecho se traduce en acciones débiles y poco efectivas por parte de las administraciones y las personas finalmente no evacúan las zonas vulnerables produciéndose mayores daños y consecuencias en caso de inundación.</p>	
Esquema gráfico	
<p>1. Sistemas de predicción imprecisos o erróneos</p> <p>2. Los pronósticos generan desconfianza e incredulidad</p> <p>3. Acciones débiles e inefectivas por parte de las administraciones</p> <p>4. Población no evacúa zonas vulnerables</p>	
Factores que aumentan el riesgo	Factores que disminuyen el riesgo
<ul style="list-style-type: none"> • Gobernanza inefectiva de la cuenca y falta de previsión en el manejo de recursos hídricos. • Deforestación en la parte alta de las cuencas. • Bajo presupuesto para el mantenimiento de cauces y bordos. • Dificultades en la coordinación y comunicación entre diferentes organismos. • Ocupación de los canales de alivio con construcciones permanentes. • Falta de información ante avisos de alerta, inexistencia de planes de evacuación que definan puntos seguros y falta de confianza por parte de la población. • Inseguridad entre la población a abandonar sus casas por casos de vandalismo y delincuencia. 	<ul style="list-style-type: none"> • Funcionamiento histórico general del sistema hidráulico apropiado, a excepción de grandes eventos históricos. • Red de drenaje presenta un correcto funcionamiento histórico con algunos sistemas de bombeo implantados. • Existencia de la Ley de Aguas que limita las zonas inundables. • Estaciones ya instaladas que permiten monitorear los eventos. • Realización de inspecciones como parte de los proyectos de emergencia. • Mejora continua en el tiempo en la gestión de riesgos desde el último huracán.

A3.5. Clasificación de Modos de Fallo

Este apartado debe indicar la **clasificación empleada** para la evaluación de esta infraestructura, detallando qué significa cada una de las categorías.

Posteriormente se deben explicar los **resultados** obtenidos, detallando el grado de incertidumbre asociado a las clasificaciones y el nivel de riesgo de los Modos de Fallo. Se debe hacer referencia al origen de estos resultados, que son los gráficos obtenidos de las respuestas de los participantes, los cuales deben adjuntarse como anexo.

Asimismo, se presenta **un gráfico o una tabla resumen** de la clasificación, como el presentado en la Figura 16 o la tabla a continuación (Tabla 2).

Tabla 2. Tabla resumen de la clasificación de Modos de Fallo

		Clasificación de Modos de Fallo		
		Probabilidad de ocurrencia	Consecuencias	Incertidumbre
MF1:	Erosión de la vía por falta de capacidad de drenaje	Media/ Alta Nivel P 3-4	Gran reparación/ Destrucción Nivel C-3	Media Nivel I-2
MF2:	Bloqueo de vía por inestabilidad del terreno	Media Nivel P-3	Pequeña o gran reparación Nivel C 1-2	Media Nivel I-2
MF3:	Fallo del puente por erosión de cimientos	Media Nivel P-3	Destrucción/ inviabilidad Nivel C-3	Media Nivel I-2
MF4:	Daños y corte de tráfico por inundación de la vía	Media Nivel P-3	Pequeña reparación Nivel C-1	Media Nivel I-2
MF5:	Daños a infraestructura y vehículos por deslizamiento	Media Nivel P-3	Gran reparación/ Destrucción Nivel C-3	Media Nivel I-2
MF6:	Bloqueo de vía por caída de grandes rocas	Baja/ Media Nivel P 2-3	Pequeña o gran reparación Nivel C 1-2	Media Nivel I-2
MF7:	Fallo obra de paso por erosión en la base	Baja Nivel P-2	Gran reparación Nivel C 1-2	Media Nivel I-2
MF8:	Daños por inundación	Media Nivel P-3	Nivel C-3	Alta Nivel I-3

Finalmente, se deben incluir las **conclusiones** obtenidas de la clasificación: si es necesaria una evaluación cuantitativa, si son necesarios nuevos estudios para reducir la incertidumbre, etc. Para más información consultar el Paso 6: Clasificación de Modos de Fallo.

A3.6 Recomendaciones

Este apartado debe incluir todas las recomendaciones derivadas del Taller. Éstas **se pueden agrupar** por objetivos (gestión del riesgo, mantenimiento, etc.), por etapa de la obra (diseño, construcción, operación, etc.) o por infraestructura si hay más de una (dique, presa, etc.).

Cada recomendación debe tener un **título identificativo y una descripción detallada**, de manera que cualquier persona que lea la recomendación sea capaz de comprenderla. Para más información consultar el Paso 7: Propuesta de recomendaciones y medidas de reducción de riesgo.

A3.7. Conclusiones

Las conclusiones deben resumir los resultados del Taller de Identificación de Modos de Fallo. Para ello, se recomienda incluir:

- **Beneficios** de haber realizado el taller de Modos de Fallo.
- **Número de Modos de Fallo** y a qué infraestructura corresponden (si hay más de una).
- Principales **recomendaciones y conclusiones** obtenidas a lo largo del proceso.

A3.8. Futuros pasos

Una vez finalizado el informe de Modos de Fallo, se recomienda desarrollar el Plan de Gestión de Riesgos de Desastre (PGRD). Este plan se preparará con base en los resultados de la evaluación previa que justifiquen medidas adicionales para reducir el riesgo y controlar los impactos esperados.

Anexo 4. Términos de referencia para la contratación de talleres de identificación de Modos de Fallo

Este anexo presenta las bases para el desarrollo de los términos de referencia (TdR) para la contratación de talleres de identificación de Modos de Fallo.

Se indican los apartados que deben conformar el TdR, así como una breve descripción de lo que se debe incluir en cada uno de ellos. Asimismo, el presente Anexo cuenta con un modelo neutro de TdR para la contratación de análisis de riesgos cualitativos (apartado A4.15), preparado para completar y particularizarlo según el proyecto.

A4.1. Antecedentes y justificación

En primer lugar, debe darse de forma concisa y clara una **información sobre el proyecto**. Esta información variará de unos casos a otros, y debe permitir establecer un vínculo entre las amenazas del sitio, las características más relevantes de las infraestructuras desde el punto de vista de criticidad y vulnerabilidad, aspectos relacionados con el cambio climático y con otros aspectos relacionados con la variación general del riesgo esperable en función del tiempo (p. e. dinámicas poblacionales), los resultados del análisis de riesgos cualitativos y de cualquier medida de reducción de riesgo ya incorporada en el diseño.

Orientativamente, los Términos de Referencia podrán incluir los siguientes **apartados**.

A4.2. Descripción del contexto del proyecto de infraestructura

Incluye la información específica de contexto, es decir, una breve **justificación** de la existencia del proyecto y la explicación de por qué el proyecto es necesario. Esta justificación debe ser clara y precisa para identificar una medida cuantificable del éxito hacia el final del proyecto. Además, se puede ofrecer información específica y antecedentes como la ubicación y el entorno, la descripción del proyecto y el cronograma.

A4.3. Descripción de las características y criticidad del proyecto

Incluye la información de las **características** del proyecto, incorporando la identificación de componentes específicos. Además, se introducen las **amenazas naturales** de relevancia para el proyecto. No se requiere demasiado detalle, sino simplemente introducir las amenazas que serán el enfoque del estudio, así como identificar algunos Modos de Fallo ilustrativos para dar contexto y justificación.

A4.4. Identificación de planos o diseños del proyecto y actividades relevantes de diseño (existentes, proyectadas o en curso)

Si hay **diseños disponibles**, se describe si algunas medidas de mitigación del riesgo o de adaptación al cambio climático han sido integradas en el diseño y, en caso afirmativo, fueron identificadas y evaluadas.

Si los **diseños están planificados** para un futuro o se encuentran en curso, se describe la fecha esperada de finalización y/o el porcentaje de avance.

A4.5. Visión general de consideraciones regionales, incluyendo el cambio climático

Describe consideraciones regionales que puedan ser útiles para que el consultor entienda mejor la exposición y/o vulnerabilidad del proyecto.

Incluye una descripción corta de las **vulnerabilidades** identificadas o percibidas frente al cambio climático. Esto podrá incluir el entendimiento local de los impactos relacionados al cambio climático (directos e indirectos) para el proyecto, el área geográfica en general, el sector o área institucional.

Identifica **actividades recientes o proyectadas** que son críticas para considerar. Esto podrá incluir tendencias demográficas (crecimiento urbano y planificación), tendencias económicas y del mercado, o tendencias institucionales o gubernamentales.

Describe los **arreglos institucionales** para el proyecto y cualquier otro marco de gestión u organización para poder entender la capacidad adaptativa del proyecto. Si existen limitaciones o desafíos en términos de capacidad, también deberán ser incluidos.

A4.6. Identificación de otra información o actividades relevantes

Incluye una visión general de otros **estudios existentes o en curso** que puedan ser de utilidad para la consultoría. Si existen estudios, modelos o datos producidos, se describen aquí.

A4.7. Objetivos

Este apartado define los **objetivos generales y específicos** de la consultoría, para ello se puede tomar como base el siguiente texto para el desarrollo de los TdR:

El objetivo general de esta consultoría es desarrollar un Análisis del Riesgo de Desastre y Cambio Climático (ARD) cualitativo junto con un Plan de Gestión del Riesgo de Desastre (PGRD) para la infraestructura [insertar tipo de estructura] ubicada en [insertar lugar] incluido en la operación [insertar nombre operación], para aportar a la resiliencia y sostenibilidad del proyecto, apoyando la evaluación técnica y económica.

Los objetivos específicos son:

- Evaluar cualitativamente el riesgo de desastre y cambio climático de la infraestructura descrita.
- Proveer recomendaciones al diseño, construcción, mantenimiento y operación de la infraestructura, que pueden incluir medidas estructurales o no estructurales para la gestión del riesgo de desastre y cambio climático que hagan parte de un PGRD.
- Determinar si es necesario avanzar hacia un ARD cuantitativo detallado, a la vista de los resultados obtenidos y las conclusiones derivadas del proceso de análisis objeto de esta consultoría.

A4.8. Alcance

Se espera que el análisis de riesgos cualitativo vaya más allá de una revisión de literatura genérica de los posibles riesgos. Así como se espera que para la realización de esta evaluación cualitativa del riesgo se emplee la **metodología de Talleres de Identificación de Modos de Fallo**.

El análisis deberá **enfocarse en los aspectos específicos del proyecto** que hayan sido identificados como relevantes para el análisis, los cuales se especifican a continuación, y que utilice métodos aceptados o reconocidos para realizar una evaluación cualitativa y/o cuantitativa del riesgo.

- El riesgo de desastre y cambio climático debe evaluarse para las **amenazas** sísmica, volcánica, por deslizamientos, por tsunamis, por vientos huracanados y/o marea de tormenta, inundación fluvial, inundación costera, aumento del nivel del mar, sequía y/u olas de calor para el área de estudio y específicamente para los componentes y aspectos específicos del proyecto.
- Este análisis deberá realizar una evaluación cualitativa de las **condiciones base de riesgo**, así como de todas las **alternativas** de diseño u operación del proyecto. Es decir, en una primera instancia para las condiciones preexistentes sin el proyecto y en una segunda instancia para las **condiciones nuevas** generadas por la ejecución del proyecto, con respecto al proyecto en sí y para la población y comunidades aledañas.

A la hora de evaluar el riesgo para la población y comunidades aledañas se deberá tener un cuidado especial para **identificar por separado el riesgo incremental y los impactos a terceros generados por la ejecución del proyecto**. Esto deberá hacerse teniendo en cuenta la

diferencia entre riesgo e impacto, donde el riesgo se refiere a la combinación de la magnitud de las consecuencias y la frecuencia de ocurrencia de las mismas, mientras que el impacto se refiere únicamente a las consecuencias individuales y que no tienen frecuencias asociadas. Por lo tanto, pueden existir casos en los que la ejecución de un proyecto genera impactos nuevos o adicionales sobre terceros que no serían posibles sin la existencia del proyecto, pero que, en términos de riesgo, el proyecto lo reduce. Como resultado, el riesgo marginal se refiere a identificar cómo cambia el riesgo (incluyendo tanto eventos pequeños y recurrentes como eventos grandes y poco frecuentes) para comunidades y activos aledaños con respecto a la situación sin el proyecto, teniendo en cuenta que el proyecto no exacerbe las condiciones de riesgo. Adicionalmente, los impactos también deberán ser identificados y evaluados.

Basándose en un análisis riguroso de los resultados del análisis de riesgos, la consultoría deberá proponer **recomendaciones y medidas** para el diseño o la gestión del proyecto con el fin de reducir o manejar el riesgo de desastre y cambio climático para el proyecto y para terceros. También deberá construir un plan de gestión del riesgo para manejar los impactos a terceros.

A4.9. Actividades

1. Recolección de información

Se deberá recopilar toda la información de estudios, documentos oficiales y consideraciones que el proyecto tenga. Se deberá documentar cómo y en qué medida se han incorporado ya medidas de reducción y gestión del riesgo en el Proyecto y se identificarán las brechas que existan.

2. Realización de un análisis de riesgo cualitativo completo

Este análisis se realizará a través de un Taller de Identificación de Modos de Fallo, donde expertos en riesgo de desastre y cambio climático trabajan con personal técnico de las empresas diseñadoras/constructoras/operadora y de la Agencia Ejecutora del proyecto para discutir y evaluar todos los riesgos, factores agravantes, consecuencias potenciales y medidas de intervención. Se deberá indicar si es posible caracterizar y estimar el orden de magnitud de los posibles impactos a terceros que no serían posibles sin la existencia del proyecto.

3. Construcción de un Plan de Gestión del Riesgo de Desastre

Utilizando los resultados de las actividades anteriores, se deberá construir un plan de gestión del riesgo de desastre para aquellos elementos del proyecto que no condicionan la viabilidad técnica o económica del proyecto. Por otro lado, si tras el análisis cualitativo del riesgo se encuentran aspectos que sí condicionan la viabilidad del proyecto, éstos deberán ser evaluados cuantitativamente.

A4.10. Resultados y Productos Esperados

- **Reporte 1:** Plan de trabajo y metodología detallada
- **Reporte 2:** Informe de revisión de información (Actividad 1)
- **Reporte 3:** Informe de resultados del análisis del riesgo de desastre y cambio climático (ARD) cualitativo (Actividad 2)
- **Reporte 4:** Informe de Plan de gestión de riesgo de desastres y cambio climático, conclusiones y recomendaciones (Actividad 3)

A4.11. Calendario del Proyecto e Hitos

A continuación, se presentan unas fechas de entrega orientativas para los productos propuestos.

- Reporte 1: entrega antes de 10 días días calendario tras la firma del contrato.
- Reporte 2: entrega antes de 45 días días calendario tras la firma del contrato.
- Reporte 3: entrega antes de 60 días días calendario tras la firma del contrato.
- Reporte 4 : entrega antes de 90 días días calendario tras la firma del contrato.

A4.12. Requisitos de los Informes

Indicar los requerimientos de los informes en este apartado. A continuación, se presentan algunos ejemplos que pueden incluirse en los TdR.

- Los productos deberán ser presentados en español. Todos los reportes deberán ser entregados de la siguiente manera: i) los archivos electrónicos relevantes en MS Word, Excel, u otras aplicaciones editables (deben incluir todos los anexos y apéndices); y ii) un archivo PDF por cada reporte completo. Estos reportes y archivos electrónicos deberán ser entregados dentro de los límites de tiempo mencionados arriba.
- Se deberán entregar copias funcionales de todos los archivos digitales SIG (.shp, .tiff, .grd, .gdb, .mxd, etc.), modelos, bases de datos y cualquier otro archivo creado durante la consultoría.
- Adicionalmente, los resultados y conclusiones principales de la consultoría deberán ser recogidos y entregados en una presentación en formato MS PowerPoint en español.

A4.13. Otros requisitos

Se describen **requisitos especiales**, si los hay, como requisitos en materia de seguridad, restricciones/requerimientos sobre acceso a tecnologías de la información (TI) o inactividad/mantenimiento del sistema, si es necesario. A continuación, se presentan algunos **requisitos relevantes para los TdR del análisis de riesgos cualitativos**:

- Se deben identificar los perfiles requeridos de los expertos y personal clave de las sesiones.
- Como mínimo, se recomienda que el líder del equipo tenga experiencia demostrada en evaluación de riesgo de desastres y cambio climático y/o en gestión de riesgo.
- Debe incentivarse la conformación de equipos multidisciplinarios que abarquen los requerimientos relacionados con el proyecto y los riesgos.
- También se recomienda experiencia en la región y en el país de interés, así como dominio del idioma correspondiente.

A4.14. Conclusiones

Con estos lineamientos para los TdR se pretende evitar:

- Una preponderancia de los análisis de amenazas, sobre la base de la localización del proyecto.
- Un desacoplamiento entre la ingeniería del proyecto y las características específicas de las infraestructuras y los análisis de riesgo, lo que dificultan que éstos puedan aportar verdadero valor añadido.

- Una falta de planificación y ponderación en los esfuerzos de simulación y modelación, ante la falta de un marco conceptual que defina la estrategia y la oportunidad de cada cálculo en términos de las decisiones a tomar.

Por último, resulta importante remarcar la necesidad de vincular el análisis de riesgo cuantitativo a los resultados de los análisis de riesgo cualitativo. También es interesante que el tipo de análisis cuantitativo del riesgo que se lleve a cabo sea coherente con la disponibilidad de datos y que se tenga en cuenta el impacto de las incertidumbres climáticas y de dinámica poblacional, la existencia de criterios de tolerabilidad y/o aceptabilidad en el sector o subsector o la potencial dependencia de la viabilidad técnica y económica del conjunto del proyecto.

A4.15. Modelo de Términos de Referencia

TÉRMINOS DE REFERENCIA

Análisis Cualitativo del Riesgo de Desastre y Cambio Climático para [insertar Nombre del proyecto] (insertar Referencia del proyecto)

1. Antecedentes y justificación

- 1.1. Esta consultoría tiene como fin realizar una evaluación cualitativa de los aspectos del riesgo de desastre y cambio climático relacionados con [infraestructura objeto de estudio] propuesto por la operación Programa [nombre de la operación y referencia del proyecto] en [país].
- 1.2. Los objetivos generales de la operación [referencia del proyecto] son [insertar objetivos generales del proyecto]. Los objetivos específicos son: (i) [insertar objetivo específico]; (ii) [insertar objetivo específico]; y (iii) [insertar objetivo específico]. [Incluir una descripción breve del proyecto, por ejemplo, áreas afectadas, localidades...].
- 1.3. La operación [referencia del proyecto] es un proyecto de inversión de Obras Múltiples que financiará varios subproyectos independientes, dirigidos al logro del objetivo del programa. Este tipo de operación requiere la definición de una muestra representativa para la aprobación del préstamo de por lo menos el 30% de la inversión total. Los componentes de la operación son: (1) [insertar componente de la operación], (2) [insertar componente de la operación], y (3) [insertar componente de la operación]. Las obras de infraestructura se financiarán a través del [insertar fuente de financiación]. Para las obras, se utilizarán criterios de adaptación y mitigación climática, así como de sostenibilidad a través del uso de materiales constructivos ecológicos y energías renovables. Asimismo, se asegurará la sostenibilidad económica y financiera de las obras en el largo plazo.
- 1.4. [Insertar descripción de la infraestructura].
- 1.5. El resultado del Paso 3¹ de la Metodología de Evaluación del Riesgo de Desastre y Cambio Climático en proyectos del BID determinó la necesidad de realizar una Evaluación de Riesgo Cualitativo completa para esta estructura.

2. Objetivos

- 2.1. El objetivo general de esta consultoría es desarrollar un Análisis de Riesgo de Desastre y Cambio climático (ARD) cualitativo junto con un Plan de Gestión del Riesgo de Desastre

¹ Ver Narrativa en el Anexo I de los Términos de Referencia.

(PGRD) para [infraestructura objeto de estudio] incluido en la operación [referencia del proyecto], tanto para cumplir con el MPAS como para aportar la resiliencia y sostenibilidad del proyecto, apoyando la evaluación técnica y económica.

2.1. Los objetivos específicos son:

[Indicar objetivo].

[Indicar objetivo].

[Indicar objetivo].

3. Alcance de los Servicios

3.1. Se espera que el ARD vaya más allá de una revisión genérica de la literatura de los posibles riesgos. Se espera que éste se enfoque en los aspectos específicos del proyecto que hayan sido identificados como relevantes para este análisis, los cuales se especifican a continuación.

- El análisis del riesgo de desastre y cambio climático deberá ser realizado para las siguientes amenazas [indicar amenazas].
- El análisis deberá incluir un análisis cualitativo de riesgos a terceros (comunidades, activos y ecosistemas aledaños) y la posibilidad de exacerbación del riesgo por la ejecución del proyecto.

A la hora de evaluar el riesgo para la población y comunidades aledañas se deberá tener un cuidado especial para identificar por separado (i) el riesgo marginal y (ii) los impactos socio ambientales a terceros generados por la ejecución del proyecto. Esto deberá hacerse teniendo en cuenta la diferencia entre riesgo e impactos, donde el riesgo se refiere a la combinación de la magnitud de las consecuencias y la frecuencia de ocurrencia de éstas, mientras que el impacto se refiere únicamente a las consecuencias individuales y que no tienen frecuencias asociadas. Por lo tanto, pueden existir casos en los que la ejecución de un proyecto genera impactos nuevos o adicionales sobre terceros que no serían posibles sin la existencia del proyecto, pero que, en términos de riesgo, el proyecto lo reduce. Como resultado, el riesgo marginal se refiere a identificar cómo cambia el riesgo (incluyendo tanto eventos pequeños y recurrentes como eventos grandes y poco frecuentes) para comunidades y activos aledaños con respecto a la situación sin el proyecto, teniendo en cuenta que el proyecto no exacerbe las condiciones de riesgo. Adicionalmente, los impactos también deberán ser identificados y evaluados.

3.2. Dentro de los métodos aceptados o reconocidos para realizar una evaluación cualitativa del riesgo se encuentra el Taller de Identificación de Modos de Fallo. Éste deberá ser el método utilizado para realizar el ARD. Se debe consultar otros talleres de este tipo realizados específicamente para infraestructura [tipo de infraestructura del proyecto] para asegurarse de adaptar el análisis a este subsector, [insertar ejemplo si lo hubiera].

3.3. Basándose en un análisis riguroso de los resultados del ARD, la consultoría deberá proponer recomendaciones y medidas para acompañar en el diseño, así como para la gestión del proyecto durante su ciclo de vida con el fin de reducir o manejar el riesgo de desastre y cambio climático para la propia infraestructura y para terceros; también deberá construir un Plan de Gestión del Riesgo de Desastre para manejar los impactos a terceros.

4. Actividades Clave

4.1. Actividad 1: Revisión de información existente.

4.1.1. Revisión de la Narrativa y los documentos del proyecto:

Se deberá tomar como base la información recopilada y el análisis cualitativo simplificado realizado como parte de la Narrativa de Riesgo del proyecto (Ver Anexo). Toda esta información y análisis serán suministrados al consultor por el BID. Se deberá verificar también si la información de estudios y documentos oficiales de los proyectos utilizada para la misma se mantiene igual, ha cambiado, o si existe información nueva.

[insertar el apartado 4.1.2. sólo si la inspección se realiza virtualmente y de manera previa al taller]

4.1.2. Revisión de productos de inspección virtual de los sitios de proyecto:

El BID realizará un trabajo de vuelo de drones en la zona de estudio para obtener así imágenes y videos actualizados de la misma; esto será realizado por fuera de esta consultoría. El BID se encargará de entregar toda la información al consultor. Se deberá realizar una revisión de la información recibida para que el consultor se familiarice con el contexto y pueda preparar el Taller de Identificación de Modos de Fallo adecuadamente para incorporarlo como información de entrada al análisis cualitativo del riesgo de la infraestructura propuesta².

4.2. Actividad 2: Taller introductorio en temas de riesgo de desastres y cambio climático.

Sesión de tres horas de duración para presentar los conceptos básicos de gestión de riesgos de desastres y cambio climático al personal técnico de la(s) firma(s) diseñadora(s)/ constructora(s)/ operadora(s) y de la Agencia Ejecutora del proyecto. Se propone que el taller tenga una presentación técnica de máximo dos horas y espacio para resolver las preguntas de los participantes.

4.3. Actividad 3: Análisis cualitativo de riesgo – Taller de Identificación de Modos de Fallo para los proyectos definidos en el Alcance de estos Términos de Referencia.

Taller donde expertos en riesgo de desastre y cambio climático trabajan con personal técnico de la(s) firma(s) diseñadora(s)/ constructora(s)/ operadora(s) y de la Agencia Ejecutora del proyecto para discutir y evaluar todos los riesgos, factores de contribución, consecuencias potenciales y posibles medidas de intervención. Este taller se compone de las siguientes subactividades:

- 4.3.1. Revisión y discusión en grupo en vivo de toda la información recopilada en la Actividad 1.
- 4.3.2. Visita técnica a [infraestructura objeto de estudio].
- 4.3.3. Identificación individual y grupal de Modos de Fallo y su clasificación.
- 4.3.4. Propuesta de recomendaciones y medidas para reducir la probabilidad y/o impacto de los Modos de Fallo clasificados. También se deberá indicar si es

² En caso de que se requiera apoyo técnico y financiero fuera de la operación para estos vuelos de drones, VPS/ESG podría apoyar en este aspecto.

posible caracterizar y estimar el orden de magnitud de la exacerbación del riesgo o de los posibles impactos a terceros que no serían posibles sin la existencia del proyecto.

4.4. Actividad 4: Plan de gestión de riesgo de desastres y cambio climático.

Utilizando los resultados de la actividad previa, desarrollar un PGRD para las características del proyecto que se considera que no condicionan la viabilidad técnica y/o económica del proyecto. Se deberá también proveer recomendaciones estructurales y/o no estructurales específicas para el proyecto. Por otra parte, y si se considera justificado técnicamente, identificar qué características específicas del proyecto condicionan su viabilidad y deben ser evaluadas cuantitativamente (Paso 5 de la Metodología de Evaluación del Riesgo de Desastre y Cambio Climático en proyectos del BID).

5. Resultados y Productos esperados

5.1. Reporte 1: Plan de Trabajo y metodología detallada.

5.2. Reporte 2: Ayuda de Memoria del taller introductorio (Actividad 2).

5.3. Reporte 3: Informe de Modos de Fallo estructurado de acuerdo con la *Guía metodológica para la realización de Talleres de Identificación de Modos de Fallo* del BID (Actividad 3).

5.4. Reporte 4: Informe de Plan de gestión de riesgo de desastres y cambio climático, conclusiones y recomendaciones (Actividad 4).

(La Política del Banco GN-2765-1 no permite la adquisición de bienes y servicios relacionados, excepto cuando dichos bienes y servicios relacionados son necesarios para alcanzar los objetivos del Trabajo Operativo ejecutado por el Banco y se incluyen en el contrato de servicios de consultoría y representan menos del diez por ciento (10%) del valor del contrato de servicios de consultoría. Si se determina que la adquisición de bienes por la firma de consultora es necesaria, por favor, agregue una especificación técnica muy detallada de los requisitos mínimos de dichos bienes.)

6. Calendario de Proyectos e Hitos

6.1. Reporte 1: entrega antes de 10 días días calendario tras la firma del contrato..

6.2. Reporte 2: entrega antes de 45 días días calendario tras la firma del contrato.

6.3. Reporte 3: entrega antes de 60 días días calendario tras la firma del contrato.

6.4. Reporte 4: entrega antes de 90 días días calendario tras la firma del contrato.

7. Requisitos de los informes

7.1. Los productos deberán ser presentados en [insertar idioma/s]. Todos los reportes deberán ser entregados de la siguiente manera: i) los archivos electrónicos relevantes en MS Word, Excel, u otras aplicaciones aceptables para el BID (deben incluir todos los anexos y apéndices); y ii) un archivo PDF por cada reporte completo. Estos reportes y archivos electrónicos deberán ser entregados dentro de los límites de tiempo mencionados en el apartado 6.

7.2. Se deberán entregar copias funcionales de todos los archivos digitales SIG (.shp, .tiff, .grd, .gdb, .mxd, etc.), modelos, bases de datos y cualquier otro archivo creado durante la consultoría.

7.3. Adicionalmente, los resultados y conclusiones principales de la consultoría deberán ser recogidos y entregados en una presentación en formato MS PowerPoint en español.

8. Criterios de aceptación

8.1. La División de [introducir división del BID responsable del proyecto] del BID tendrá la responsabilidad técnica de la ejecución de este contrato, así como de la aprobación de los productos preparados por el consultor. Esto se realizará en coordinación con la División de Soluciones Ambientales y Sociales (VPS/ESG). En representación del BID, la coordinación técnica de esta consultoría recae en [nombre del responsable y correo electrónico], en coordinación con [nombre de la persona y correo electrónico].

9. Otros Requisitos

9.1 El consultor deberá tener experiencia en realizar análisis de riesgo de desastre, análisis de la amenaza [indicar amenazas]. El equipo consultor podrá contar con cualquier número de especialistas siempre que se cumpla con los siguientes perfiles:

- Especialista en evaluación del riesgo de desastre y cambio climático:

Experiencia en liderar evaluaciones del riesgo de desastre cualitativo por Talleres de Identificación de Modos de Fallo para infraestructuras; experiencia en proponer medidas de mitigación del riesgo y redactar Planes de Gestión del Riesgo de Desastre; título profesional de Maestría en ingeniería civil o ambiental o similar.

- Especialista en estructuras civiles:

Experiencia en análisis y diseño de [insertar infraestructura]; Experiencia en participar en evaluaciones del riesgo de desastre cualitativo por Talleres de Identificación de Modos de Fallo para infraestructuras; título profesional de Maestría en ingeniería civil especializado en el área de estructuras y obras civiles o similar.

- Especialista en amenazas [introducir especialidad (hidrometeorológicas/ geofísicas/...)]:

Experiencia en realizar evaluaciones de la amenaza por [insertar amenaza]; experiencia en participar en evaluaciones del riesgo de desastre cualitativo por Talleres de Identificación de Modos de Fallo; experiencia en analizar los efectos del cambio climático; experiencia en proponer y diseñar medidas de mitigación de riesgos por amenazas [insertar amenaza]; título profesional de Maestría en ingeniería civil o ambiental en las áreas relevantes o similar.

9.2. Adicionalmente, los candidatos deberán ser ciudadanos de uno de los 48 países miembros del grupo BID.

10. Supervisión e informes

10.1 La División de [introducir división del BID responsable del proyecto] del BID tendrá la responsabilidad técnica de la ejecución de este contrato, así como de la aprobación de los productos preparados por el consultor. Esto se realizará en coordinación con la División de Soluciones Ambientales y Sociales (VPS/ESG). En representación del BID, la coordinación técnica de esta consultoría recae en [nombre del responsable y correo electrónico], en coordinación con [nombre de la persona y correo electrónico].

11. Calendario de pagos

11.1. Las condiciones de pago se basarán en los hitos o entregables de la consultoría, los cuales coinciden con la propuesta presentada por la empresa consultora. El Banco no espera hacer pagos por adelantado en virtud de contratos de consultoría a menos que se requiera una cantidad significativa de viajes.

11.2 La Tasa de Cambios Oficial del BID indicada en el SDP se aplicará para las conversiones necesarias de los pagos en moneda local.

Plan de Pagos	
Entregable	%
1. Tras la aprobación del Banco del Reporte 1	10%
2. Tras la aprobación del Banco del Reporte 2	25%
3. Tras la aprobación del Banco del Reporte 3	35%
4. Tras la aprobación del Banco del Reporte 4	30%
TOTAL	100%

Anexo 1. Narrativa de Riesgo

[insertar resumen de la narrativa del proyecto por el que se ha decidido continuar al Paso 4 (análisis cualitativo) de la metodología del BID]

