

CAPITULO 1
Presentación



1

PRESENTACIÓN

1.1

El Programa ROM

El Programa de las “Recomendaciones para Obras Marítimas” (**Programa R.O.M.**) se inició en 1987 con la constitución de la Comisión Técnica encargada de redactar unas Recomendaciones que, facilitasen y guiasen a los distintos organismos estatales y empresas privadas en el proyecto, construcción, mantenimiento y explotación de las Construcciones Marinas y en particular de las Obras Marítimas. Dicho Programa se estructuró en las siguientes series:

- Serie 0: Recomendaciones de carácter general
- Serie 1: Obras exteriores: diques de abrigo
- Serie 2: Obras interiores: muelles y estructuras de amarre y fondeo
- Serie 3: Forma y disposición en planta
- Serie 4: Superestructuras portuarias

Desde esa fecha, la Comisión Técnica junto con diversos especialistas y en colaboración con Instituciones y Organismos Públicos y Privados, está trabajando en las distintas áreas de las Construcciones Marinas, dando como resultado de la publicación de las siguientes Recomendaciones:

R.O.M. 0.2: *Acciones en el proyecto de obras marítimas y portuarias.*

Esta Recomendación queda sustituida por la presente Recomendación.

R.O.M. 0.3: *Acciones climáticas I: Oleaje.*

R.O.M. 0.4: *Acciones climáticas II: Viento.*

R.O.M. 0.5: *Recomendaciones geotécnicas para obras marítimas.*

R.O.M. 3.1: *Proyecto de la configuración marítima de los puertos, canales de acceso y áreas de flotación.*

R.O.M. 4.1: *Recomendaciones para el proyecto y construcción de pavimentos portuarios.*

La importancia y acogida que el Programa ROM está teniendo en los medios técnicos, la amplitud del campo de trabajo y la publicación de esta ROM 0.0, han motivado la revisión del Programa tal y como estaba inicialmente planteado, quedando de la forma siguiente.

1.1.1

Organización en Series del Programa ROM¹

(1) Los títulos, el orden y la secuencia de algunas Recomendaciones y Series podrán cambiar durante su desarrollo.

• **Serie 0. Descripción y caracterización de los factores de proyecto de obras marítimas y portuarias**

ROM 0.0: Procedimiento general y bases de cálculo

ROM 0.1: Descripción de los materiales de construcción

ROM 0.2: Parámetros y agentes de uso y explotación

ROM 0.3: Descripción del medio físico, I: Oscilaciones del mar
ROM 0.4: Descripción del medio físico, II: Procesos atmosféricos
ROM 0.5: Descripción del medio físico, III: Terreno
ROM 0.6: Descripción del medio físico, IV: Agentes sísmicos
ROM 0.7: Métodos y técnicas de inspección, auscultación e instrumentación

- **Serie 1: Obras de abrigo frente a las oscilaciones del mar**

ROM 1.0: Criterios generales para obras y estructuras de abrigo
ROM 1.1: Diques de abrigo
ROM 1.2: Estructuras de abrigo fijas y flotantes

- **Serie 2: Obras portuarias interiores**

ROM 2.0: Criterios generales para obras portuarias interiores
ROM 2.1: Muelles
ROM 2.2: Estructuras de atraque, amarre y fondeo
ROM 2.3: Obras especiales: esclusas, gradas, varaderos y diques secos

- **Serie 3: Planificación, gestión y explotación de áreas portuarias**

ROM 3.0: Estudios de planificación, gestión y explotación
ROM 3.1: Proyecto de la configuración marítima de los puertos
ROM 3.2: Proyecto de la configuración terrestre de los puertos
ROM 3.3: Señalización, balizamiento y sistemas de control en áreas portuarias
ROM 3.4: Gestión y explotación de puertos

- **Serie 4: Superestructuras e instalaciones en tierra de las áreas portuarias**

ROM 4.0: Criterios generales
ROM 4.1: Pavimentos en áreas portuarias
ROM 4.2: Accesos y tráfico rodado
ROM 4.3: Edificación portuaria
ROM 4.4: Instalaciones portuarias

- **Serie 5: Las obras marítimas y portuarias en el entorno**

ROM 5.0: Criterios generales y estudio de impacto ambiental
ROM 5.1: La calidad del agua en las áreas portuarias: alivios, derrames y vertidos.
ROM 5.2: Las obras marítimas y portuarias en el litoral
ROM 5.3: Dragados y Rellenos

- **Serie 6: Prescripciones técnicas, administrativas y legales.**

ROM 6.0: Aspectos administrativos y legales en el proyecto
ROM 6.1: Prescripciones técnicas para la construcción, reparación y mantenimiento
ROM 6.2: Prescripciones técnicas para la gestión y explotación

- **El Programa EROM**

Recoge los comentarios de los usuarios y de las personas que aplican las diferentes Recomendaciones, por tanto es un foro abierto de discusión de las publicaciones del Programa ROM siguiendo unos criterios análogos a los de las revistas técnicas.

1.1.2 Redacción de la ROM 0.0

Esta ROM 0.0 es una revisión de los capítulos referentes a los Criterios generales y las bases de cálculo presentadas en la ROM 0.2: Acciones en el proyecto de obras marítimas y portuarias. En ella se concretan y se precisan diversos conceptos presentados inicialmente en la primera ROM que el paso del tiempo, la experiencia adquirida en su aplicación y la evolución del conocimiento así lo han requerido. Se amplía el marco de la verificación de los modos de fallo mediante la incorporación de métodos probabilistas de Nivel II y III.

La ROM 0.0 ha sido redactada por Puertos del Estado, bajo la responsabilidad y supervisión de la Dirección técnica de infraestructuras y servicios portuarios, con la participación de las siguientes personas:

- Presidente: Antonio Martín Oliver, Puertos del Estado
- Coordinador de los trabajos de ponencia: José Llorca, M^a Dolores Cancela y Juan Ignacio Grau, Puertos del Estado
- Ponente: Miguel A. Losada, Universidad de Granada

La comisión de trabajo ha estado formada por los siguientes vocales:

- Antonio Capote del Villar, Ferrovial-Agroman
- José Luis Díaz Rato, Autoridad Portuaria de Gijón
- Francisco González Portal, Puertos del Estado
- M^a Jesús Martín Soldevilla, Cepyc-Cedex
- Josep Medina Folgado, Universidad Politécnica de Valencia
- Ignacio Rodríguez Arévalo, Puertos del Estado
- Álvaro Rodríguez Dapena, Puertos del Estado
- Carlos Sanchidrián Fernández, Alatec-Proes
- Eduardo Serrano Sanz, Sener
- Antonio Soriano Peña, Ingeniería del Suelo
- César Vidal Pascual, Universidad de Cantabria

Además de los miembros de la comisión de trabajo, el comité técnico de redacción ha estado formado por los siguientes vocales:

- Eduardo Arana Romero, NECSO
- José María Berenguer Pérez, Berenguer Ingenieros
- José Antonio Caffarena Laporta, Autoridad Portuaria de la Bahía de Algeciras
- José Daniel López López, Abarloa2
- Francisco Esteban Rodríguez-Sedano, Asesor Técnico Puertos del Estado
- Gregorio Gómez Pina, Dirección General de Costas
- Braulio González Madrigal, CEPYC-CEDEX
- Joan Hugas Maurici, Diputación de Gerona
- Vicente Negro Valdecantos, Universidad Politécnica de Madrid
- Carlos Peña Martínez, Dirección General de Costas
- Carlos Pérez Quintero, Empresa Pública de Puertos de Andalucía
- José María Picó Hormeña, Autoridad Portuaria de Bilbao
- Eloy Pita Carpenter, Puertos del Estado

- Jesús Poncela Pardo, Puertos del Estado
- Javier Rodríguez Besné, Puertos del Estado
- Rafael Saénz de Navarrete, Autoridad Portuaria de Barcelona
- Agustín Sánchez Arcilla Conejo, Universitat Politècnica de Catalunya
- César Sagaseta Millán, Universidad de Cantabria
- Pablo Molinero Guillén, Dragados
- Antonio Vacas Jaramillo, Sato
- Jesús Villanueva Fraile, Autoridad Portuaria de Bilbao

1.2 Objetivo y Ámbito de Aplicación

El objetivo de la ROM 0.0 es proporcionar un conjunto de normas y criterios técnicos de aplicación en el proyecto, construcción, explotación, mantenimiento, reparación y desmantelamiento de todas las obras marítimas y portuarias, cualquiera que sea su clase o destino y cualesquiera que sean los materiales, medios y elementos empleados en su construcción, explotación, conservación, reparación y desmantelamiento.

El ámbito de aplicación de esta ROM 0.0 se extiende a todos aquellos aspectos relacionados con la actividad portuaria, la gestión y el mantenimiento del litoral, la explotación de los recursos marinos, la navegación y su interacción con el medio físico.

La ROM 0.0 se estructura en dos partes. La primera contiene siete capítulos y en ellos se articula el procedimiento general y las bases de cálculo de las obras marítimas y portuarias. La segunda parte, que se publica de forma separada a esta Parte I contiene dos capítulos dedicados a la presentación del programa de ayuda para la aplicación del procedimiento general y a algunos conceptos teóricos que pueden ayudar a la comprensión de esta ROM 0.0. La figura 1.1 contiene un diagrama de la organización de la Parte I de esta ROM.

1.3 Justificación y Contenidos

Un procedimiento es una secuencia de actos que se deben realizar para la consecución de un fin; en este caso, el fin es garantizar la seguridad, el servicio y la explotación del proyecto. En esta ROM 0.0, la palabra cálculo se utiliza en su sentido más amplio e incluye la verificación de la obra frente a los modos de fallo y parada operativa y la estimación de la probabilidad conjunta de fallo del tramo de obra durante cada una de las fases de proyecto. El procedimiento incluye, por tanto, la aplicación de diversos métodos que, utilizados secuencialmente, pero sin solución de continuidad, permiten determinar si una alternativa de proyecto satisface los requisitos de seguridad, servicio y explotación, con la fiabilidad, funcionalidad y operatividad recomendadas durante todas sus fases de proyecto.

Esta secuencia de actividades se ordena de la siguiente forma,

- Criterios generales de proyecto
- Condicionantes de proyecto
- Procedimiento de verificación

Métodos de Nivel I, II y III Probabilidad conjunta y operatividad

A continuación se ofrece una explicación de los objetivos de cada una de estas actividades, que constituye una breve presentación de los contenidos de los capítulos de estas Recomendaciones.

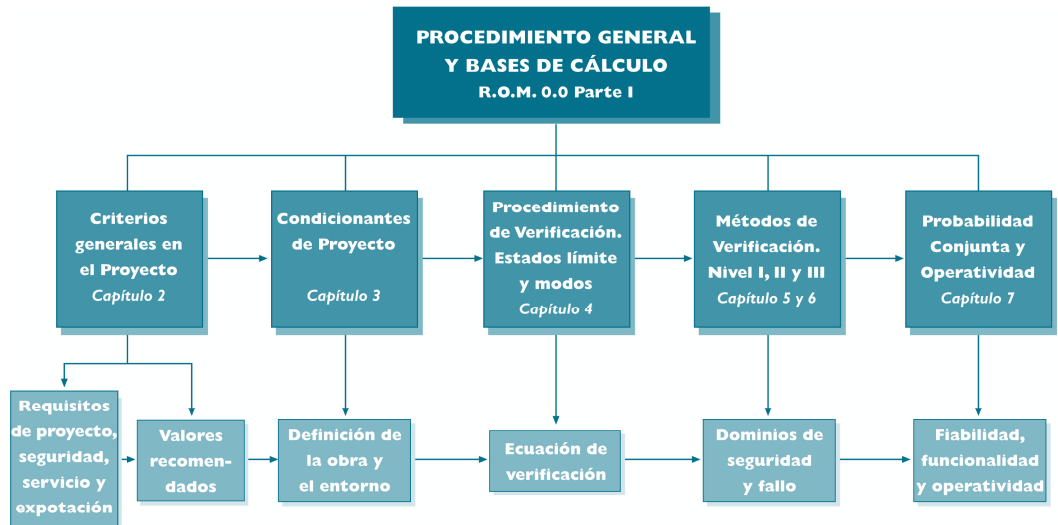


Figura 1.1:
Organización y capítulos de la ROM 0.0

Capítulo 2: Criterios generales de proyecto.

El objetivo principal del Proyecto es definir el tramo de obra y verificar que satisface unas determinadas funciones con la fiabilidad, la funcionalidad y la operatividad requeridas. Para ello se establece un procedimiento general de cálculo. Éste se inicia definiendo la obra o tramo en el tiempo y en el espacio desde el punto de vista de la seguridad, el servicio y el uso y la explotación. Para conseguir este objetivo se definen en el capítulo 2, entre otros, los siguientes conceptos: carácter, provisionalidad, fases de proyecto y su duración, método de verificación de la obra marítima y de sus elementos y las probabilidades frente a un modo y frente al conjunto de modos de fallo y parada. A partir de ellos se recomiendan, entre otros, la vida útil de la obra, la probabilidad conjunta de fallo frente a los modos de fallo principales adscritos a los estados límite últimos y de servicio, la operatividad mínima, el número medio de paradas operativas y la duración máxima.

Capítulo 3: Condicionantes de proyecto.

En este capítulo se define el tramo de la obra y del entorno los mediante factores de proyecto: parámetros, agentes y acciones. Los primeros permiten identificar y cuantificar propiedades del medio físico, del terreno y de la obra, en particular su geometría; los segundos, llamados agentes, sirven para definir quién, cómo y cuándo puede interferir con la obra y el entorno; las terceras, denominadas acciones, definen cómo, cuándo y cuánto interfieren los agentes con la obra y el entorno. A continuación, se ordenan y clasifican los factores de proyecto por su origen y función y por el tiempo de actuación, lo que permite establecer su simultaneidad. Por último, se proporcionan criterios para especificar los valores de dichos factores considerando su descripción determinista o aleatoria, y se ordenan estadísticamente por clases de valores que ayudan a definir su compatibilidad y los tipos de combinación de términos en la ecuación de verificación.

Capítulo 4: Procedimiento de verificación.

El proceso de verificación de la obra es complejo por lo que es necesario establecer un método de trabajo y de organización del mismo. En este capítulo se presenta y se desarrolla este proceso.

En primer lugar se definen los objetivos del cálculo y se desarrolla el método de trabajo denominado de los estados límite y los correspondientes modos de fallo y parada que describen la forma, causa, mecanismo, etc en la que se produce el fallo o la parada del tramo de obra. Se describen los estados relacionados con la seguridad y el servicio, mediante los estados límite últimos y de servicio y los relacionados con la operatividad a través de los estados límite de parada operativa. A continuación, se analiza la forma de la ecuación de verificación de cada uno de los modos y sus términos; después, se presentan los criterios para ordenar los factores de proyecto y los términos de la ecuación y, a partir de la ordenación, se especifican la simultaneidad de actuación y la compatibilidad de sus valores, teniendo en cuenta las condiciones de trabajo.

Por último, tras analizar los diferentes intervalos de tiempo en el cálculo de la probabilidad de presentación de uno y todos los modos, se proponen los métodos de verificación y cálculo en el Programa ROM.

Capítulo 5: Métodos de Nivel I.

En este capítulo se describe la aplicación de los métodos denominados de Nivel I, recomendados para verificar y evaluar la fiabilidad de la obra marítima frente a los modos de fallo y a los de parada operativa cuando el carácter general de la obra sea bajo o medio, tabla 4.5. Se consideran, el método del coeficiente de seguridad global y el método de los coeficientes parciales. Éstos se elaboran a la luz del procedimiento explicado en el capítulo 4, y, en particular, en lo relacionado con la ordenación de factores y términos, con su simultaneidad y su compatibilidad. Además, se especifica una secuencia lógica para determinar los coeficientes de ponderación y de compatibilidad que afectan a los términos de la ecuación de verificación escrita en el formato de margen de seguridad. De la aplicación de estos métodos no se obtiene la probabilidad de fallo de la obra frente al modo; a tal efecto, se debe proceder de forma aproximada.

Capítulo 6: Métodos de Nivel II y III.

En este capítulo se desarrollan los métodos de cálculo llamados de Nivel II y Nivel III para la verificación de los modos de fallo y de parada operativa adscritos a unos estados límite, y sometidos a unas condiciones de trabajo que pueden ocurrir durante un intervalo de tiempo. El resultado de la aplicación de uno de estos métodos es un número y la probabilidad asociada a ese número es una medida del nivel de seguridad, de servicio o de explotación que el tramo de obra tiene frente al modo, de fallo o parada, en el intervalo de tiempo.

El capítulo se inicia con el desarrollo del Nivel II, que se puede aplicar con varios órdenes de aproximación, siendo el más popular el que se deriva linealizando la ecuación de verificación en el entorno del punto de fallo, por lo que se conoce como aproximación de primer orden o lineal. A continuación, se presentan los métodos de Nivel III que incluyen los llamados de simulación; de estos últimos se presenta el método apoyado en el algoritmo de Monte Carlo.

Dado que la mayoría de las ecuaciones de verificación de los modos de fallo y de parada operativa se obtuvieron para su aplicación con los métodos de Nivel I, y, en general, con el método del

coeficiente de seguridad global, en este capítulo se proporcionan criterios para pasar de este formato a otro, por ejemplo al de los coeficientes parciales, sin reducción de los estándares de seguridad existentes.

Capítulo 7: Probabilidad conjunta y operatividad

La fiabilidad, funcionalidad y operatividad del tramo de obra evolucionan a lo largo del tiempo. En el capítulo 2 se recomiendan los valores máximos de la probabilidad conjunta de fallo del tramo frente a los modos adscritos a los estados límite últimos y de servicio y la operatividad mínima en la fase de proyecto servicio. En este capítulo se analiza la evolución temporal de la seguridad, del servicio y de la operatividad del tramo, y se proponen diferentes técnicas para determinar la probabilidad de ocurrencia en la vida útil a partir de la probabilidad de ocurrencia en un intervalo de tiempo unidad. Después, mediante los diagramas de modos, se extiende el cálculo a los modos principales de fallo y de parada que pueden ocurrir en la fase de proyecto. También se proporciona una secuencia simplificada para estudiar la probabilidad conjunta de fallo de obras cuyo carácter sea medio o bajo teniendo en cuenta algunos modos de fallo principales.

Se recomienda realizar estudios de optimización económica y de coste beneficio del tramo de obra. A partir de éstos se pueden obtener probabilidades de fallo diferentes a las recomendadas en las tablas 2.2, 2.3 y 2.4. Así mismo, se aconseja la redacción y la aplicación de un plan de inspección, auscultación e instrumentación, y el análisis a partir de la información recogida de la fiabilidad, funcionalidad y operatividad remanente del tramo hasta el final de su vida útil. Por último se especifican criterios para el desarrollo de estrategias de conservación y, en su caso, de reparación.

1.4 Summary

1.4.1 Aim and Scope of Application

The objective of ROM 0.0 is to provide a set of technical norms and criteria applicable to the design, construction, management, maintenance, repair and dismantling of all maritime and port works, whichever may be their class or purpose and materials, techniques and elements employed for their construction, management, maintenance and dismantling. In the same manner, the scope of application of this ROM 0.0 extends to all aspects related to port activity, management and maintenance of the littoral, management of marine resources, navigation, and interaction with natural environment.

Figure 1.1 summarises the organisation of this ROM. The following section defines the procedure for verification and calculation of maritime and port works from which all contents and organisation of these Recommendations are justified. The section ends with a brief description of each chapter.

1.4.2 Justification and Contents

The term "procedure" is understood as the sequence of activities that need to be undergone to reach a specific aim. In this case, the aim is the verification of calculation of maritime and port works. In the context of this ROM 0.0, the word calculation is used in its widest sense and inclu-

des the verification of the work against failure and technical breakdown modes, as well as the estimation of the overall probability of failure of the work section, during each one of the different stages of the project. Therefore, the procedure includes the application of a variety of methods which are applied sequentially and help to define whether an alternative project option can satisfy the safety, serviceability and use and exploitation requirements with the reliability, functionality and operativity recommended during all stages of the project.

The general procedure formulated in this Recommendation is laid out as a sequence of chapters to follow in the project of maritime and port works and are organised in the following manner:

- Project general criteria
- Design requirements
- Verification procedure
- Methods of level I, II and III
- Overall probability and operativity

Thereafter, a brief explanation on the objectives of each of these activities is given as a presentation and justification of the contents of the different chapters of this ROM 0.0.

1.4.3

Chapter's contents

Chapter 2: Project general criteria

All maritime work is constructed to comply, during on interval of time, with specific functions, according to certain requirements of reliability, functionability and operativity. These functions allow or ease economic activities and thus redound socially and interfere with the environment. The main purpose of the project of a work is the verification of these objectives and requirements. The general procedure of calculation must begin by identifying the work or set of work in terms of safety, serviceability and management, in time and space.

Therefore, one of the various purposes which chapter 2 pretends to fulfil is to define the following concepts: the intrinsic nature, the provisionality, the stages and duration of the project, the limit states and working conditions of the maritime structure and its elements and the probabilities against one mode and all the failure and breakdown modes. These definitions give rise to various recommendations, some of which are the useful life of the work, the overall probability of failure against modes failure linked to ultimate and serviceability limit states, the minimum operativity, the average number of admissible technical breakdowns and their maximum duration.

Chapter 3: Design requirements

This chapter is dedicated to define the work and the environment through the following project factors: parameters, agents and actions. The parameters allow identifying and quantifying the properties of the physical environment, the field and the work, in particular its geometry. The second factors called agents serve to define who, how and when can interfere with the work and the environment. The last factors, the actions, determine how, when and to which extent the agents interfere with the work and the environment. Thereafter, the project factors are organised and classified according to their origin and function which may help to establish their simultaneity. Finally, the criteria are set to specify the values of these factors, taking into consideration their deterministic and random description, which are then organised statistically by class of values, to help define the compatibility and type of combination of terms in the verification equation.

Chapter 4: Verification procedure

The general procedure of calculation should help in the verification of a section of maritime work, and each one of its structural elements, at all the stages of the project and under all working conditions. Given the complexity of the verification, it is necessary to establish a methodology and organisation of the process of verification. This chapter will present and show the development of this methodology.

Firstly, the objectives of the calculation are set followed by the development of the so-called limit states method and the corresponding failure and breakdown modes that describe the form, the cause, the mechanism, etc. in which the failure or the breakdown of the work section occurs. A description of the states related to safety, through the ultimate and serviceability states, as well as the states related to use and exploitation, through the states of technical breakdown, will then be given. Further on, the form of the verification equation of each mode will be analysed, including the analysis of their terms. After this, the criteria to organise the project factors and terms of the equation will be presented; next the simultaneity of action and the compatibility of their values will be specified.

Finally, after carrying out the analysis of the different intervals of time in the calculation of the probability of presentation of every mode, the verification and calculation methods to be applied in the ROM Programme are offered.

Chapter 5: Methods of Level I

This chapter contains the detailed application of the methods called of Level I, which have been recommended to check and evaluate the reliability of the maritime work against failure and technical breakdown modes when the general intrinsic nature of the work is low or medium. We take into consideration the overall safety coefficient method and the method of partial coefficients. These methods are developed according to the general procedure elaborated in chapter 4, and, in particular, to the section related to the organisation of factors and terms, their simultaneity and compatibility. Moreover, a logical sequence to determine the weighting and compatibility coefficients that affect the terms of the verification equation expressed in the safety margin format is given. These methods do not provide the failure probability of the work against the mode. That is the reason why, to that effect, it is necessary to proceed in an approximate way.

Chapter 6: Methods of Level II and III

Chapter 6 focuses on the development of calculation methods called of Level II and Level III to verify the failure and technical breakdown modes linked to limit states and under working conditions that can occur during a time interval. The result of the application of one of those methods to a verification equation is a number, and the probability associated to that number, is a measurement of safety, serviceability or exploitation level of the work against the failure or technical breakdown mode during the time interval.

The chapter begins with an introduction on probability evaluation methods. It then goes on with the development of Level II. This method can be applied with several levels of approximation. The most common one is derived by linearising the verification equation around the failure point. This method is known as first class or linear approximation FORM. Further on, Level III methods are described including the so-called simulation methods. One of these is the method based on the algorithm of Monte Carlo.

Given that most of the failure and technical breakdown modes verification equations are obtained to be applied with Level I methods, generally the overall safety coefficient method, criteria are provided to transfer from this format to another, and in particular to that of partial coefficients with no reduction of existing safety standards.

Chapter 7: Overall probability and operativity

The reliability, functionability and operativity of a set of work evolve through out time. In chapter 2, maximum values of the overall probability of failure of the set against the modes linked to the ultimate limit states and serviceability, as well as the minimum operativity during the useful life are recommended. This chapter offers an analysis of the temporal evolution of safety, serviceability and exploitation of the section and proposes different techniques to evaluate the occurrence probability within a unit interval of time. Thereafter, using the modes diagrams, the calculation is extended to all the failure and breakdown modes that can occur in the useful life. Criteria to study the overall failure of work probability which intrinsic nature is medium or low are given taking into account some of the main failure modes.

Economic optimisation and cost-benefit studies of the set of work is recommended although those studies may provide different failure probabilities to those recommended in Tables 2.3, 2.4 and 2.5. On the other hand, the elaboration and execution of an inspection and monitoring plan is recommended data should be used to analyse the remaining reliability, functionability and operativity of the set until the end of the work's useful life. Criteria for the development of maintenance and, if necessary, repair strategies are also provided.