

DISSENY I IMPLEMENTACIÓ D'UN  
SISTEMA EXPERT PER A  
L'AVALUACIÓ  
DEL DANY PRODUÏT PER  
CATÀSTROFES NATURALS

IMEDEA  
SSIGT-UIB

## 1. INTRODUCCIÓ

---

El present projecte s'orienta al desenvolupament d'un treball d'investigació aplicada al camp de les tecnologies de la informació geogràfica en l'anàlisi dels riscos territorials i a l'estudi dels efectes de les catàstrofes naturals sobre el patrimoni territorial.

Els resultats de la investigació s'inclouen en l'àmbit dels projecte Interreg IIIb DAMAGE “Développement d'Actions pour le Marketing et la Gestion post-événements”, que coordina la Direcció General d'Emergències de la Conselleria d'Interior.

Una catàstrofe és un esdeveniment ubicat en un moment temporal i espacial —la seva incidència pot ser immediata o progressiva— que trenca el desenvolupament normal de les activitats de tota o una part de la comunitat sobre la qual impacta i produeix danys reparables o irreparables al patrimoni territorial i a la població. Es tracta de la combinació d'un agent productor (natural, tecnològic, terrorisme, etc.) i un àmbit territorial vulnerable.

L'avaluació dels danys produïts per les catàstrofes naturals (inundacions, terratrèmols, esllavissaments, etc.) o tecnològiques (abocaments, explosions, emissions radioactives, etc.) sobre el patrimoni territorial (infraestructures, espais naturals, patrimoni arquitectònic, etc.) i sobre les persones és una difícil i complexa tasca que implica la consideració de nombroses variables ambientals, socials i econòmiques. De fet, les conseqüències de les catàstrofes tenen un marcat caràcter holístic, és a dir, els seus efectes són sempre globalment més grans que la suma dels impactes sobre cadascun dels factors considerats.

En l'actualitat no existeix una metodologia homologada, unificada per a qualsevol tipus de sinistre i global a nivell europeu o nacional, per a l'avaluació de danys produïts per les catàstrofes. Normalment es proporcionen valoracions del dany mitjançant l'ús d'indicadors específics del tipus nombre de morts, de ferits, nombre d'hectàrees cremades/contaminades, nombre d'edificis enrunats. Malgrat això, aquests indicadors no aporten una visió suficientment precisa sobre la magnitud dels danys de l'incident catastròfic. En aquest sentit, és important que la informació obtinguda sobre l'efecte de les catàstrofes sigui contrastada a una escala geogràfica municipal regional i/o nacional i permeti conèixer amb precisió la vertadera importància de l'esdeveniment.

La declaració de zona catastròfica a nivell regional, nacional o europeu és una decisió política amb una gran transcendència econòmica i sempre requereix una sòlida argumentació tècnica. Les zones declarades catastròfiques rebran fons econòmics per a la recuperació del seu patrimoni territorial (infraestructura, medi ambient, etc.), així com per al restabliment de la seva activitat socioeconòmica. Malgrat la transcendència del procés de decisió, no existeix una metodologia objectiva unificada i validada a nivell europeu per a l'avaluació de danys que racionalitzi l'accés a fons econòmics de compensació de danys.

Les tasques d'avaluació de danys han de ser de ràpida execució i han de ser realitzades de forma immediata una vegada s'ha produït la catàstrofe amb l'objecte d'analitzar la incidència dels seus efectes i iniciar de forma ràpida accions de reconstrucció. En aquest

sentit, l'avaluació és necessària per poder jerarquitzar les accions per a la mitigació del dany i per al restabliment de les condicions originals del patrimoni afectat.

El projecte DAMAGE va néixer de la necessitat detectada per diversos serveis de protecció civil europeus de comptar amb una metodologia comuna en l'avaluació dels danys produïts després d'un episodi catastròfic.

El present projecte, "Disseny i implementació d'un sistema expert per a l'avaluació del dany produït per catàstrofes naturals", s'emmarca en l'àmbit del projecte DAMAGE i proposa la construcció d'un instrument informàtic d'aplicació pràctica i immediata per les agències de protecció civil i els governs locals, regionals i nacionals per a l'avaluació de danys postcatàstrofe des d'una perspectiva multidimensional.

Es proposa enfocar el procés d'avaluació de danys a partir del coneixement del patrimoni territorial, l'anàlisi dels riscos i les vulnerabilitats existents.

El principal objectiu del projecte és el disseny i la construcció d'una solució informàtica de gestió, anàlisi i simulació dels elements relacionats amb l'avaluació dels danys postcatàstrofe. El sistema permetrà avaluar el danys produïts per una catàstrofe hipotètica o real i d'aquesta manera fomentar el desenvolupament de mesures de prevenció territorial i costanera.

La Universitat de les Illes Balears (UIB), a través del seu Servei de Sistemes d'Informació Geogràfica i Teledetecció (SSIGT) i del seu Institut d'Estudis Avançats (IMEDEA), té una notable experiència en l'anàlisi territorial i costanera, així com en l'anàlisi dels riscos naturals. Així mateix, la UIB disposa dels recursos tecnològics i del personal precís per desenvolupar el present projecte. Hem de destacar la recent participació del SSIGT de la UIB en el projecte europeu Interreg IIIB QUATER —Qualité dans le territoire—, que constitueix un dels principals antecedents del projecte DAMAGE.

## **2. RESUM DEL PROJECTE**

---

El sistema expert que s'ha de desenvolupar s'orientarà a l'estudi dels danys provocats per tres tipus de catàstrofes: incendis forestals, inundació i contaminació litoral. Les tasques per realitzar inclouen, a més del disseny i la implementació de l'aplicació informàtica, la construcció de les bases de dades territorials que hauran de servir de base al programa. En aquest sentit i amb l'objecte de proporcionar continuïtat a l'aplicació, es proposaran procediments d'actualització de la informació territorial i costanera continguda a les bases de dades.

El projecte es desenvoluparà de forma coordinada amb les diverses línies de treball del projecte DAMAGE, en concret amb les tasques de (1) Establiment de la base conceptual del dany i (3) Disseny de formularis de recollida d'informació *in situ* del dany.

L'aplicació per desenvolupar serà independent de l'àmbit geogràfic sobre el qual hagi de ser operativa, amb l'objecte d'assegurar-ne l'aplicació als diferents escenaris dels socis del projecte DAMAGE. En aquest sentit, es proposarà un model conceptual de base de dades DAMAGE que haurà de ser adoptat per tots els socis del projecte per així concretar la funcionalitat de l'aplicació en tots els àmbits geogràfics.

Amb l'objecte de simplificar l'aplicació, tal com proposa el projecte DAMAGE, se seleccionarà una zona pilot, que podrà correspondre a municipis o altres entitats supramunicipals, sobre la qual es desenvoluparan simulacions de l'aplicació. Per al cas de les Balears es proposa l'aplicació del model sobre un àmbit geogràfic corresponent a un municipi o àrea geogràfica que serà establerta a les primeres etapes del projecte. Malgrat això, sempre serà possible la realització de simulacions sobre qualsevol altre àmbit geogràfic si es disposa de la informació geogràfica necessària.

Els principals resultats que es pretenen obtenir com a resultat de la realització del projecte són els següents:

1. Generació d'un model conceptual de base de dades territorials per a l'anàlisi i la gestió del dany postcatàstrofe

Inclourà:

- a) Un model conceptual de base de dades del patrimoni territorial
- b) Un model conceptual de base de dades del risc i la vulnerabilitat
- c) Un model conceptual de base de dades de dany postcatàstrofe

2. Bases de dades espacials dels àmbits geogràfics seleccionats. (Les dades de base seran proporcionades per la Direcció General d'Emergències de la Conselleria d'Interior del Govern Balear a l'equip de treball de la UIB.)

- a) Base de dades SIG del patrimoni territorial
- b) Base de dades SIG del risc i la vulnerabilitat
- c) Base de dades SIG del dany (contindrà només els resultats de les simulacions realitzades)

3. Protocols per a l'actualització de la informació a les bases de dades

4. Aplicació informàtica. Que constarà de:

- a) Un servei per a la consulta d'informació
- b) Un servei per a la gestió d'informació
- c) Un servei per a l'anàlisi i la simulació

Per a la implementació de l'aplicació es proposa fomentar la utilització d'instruments informàtics de codi obert sempre que sigui possible: per a la base de dades (PostGIS, MySQL-spatial, etc.); per al servidor cartogràfic (Minnesota Map Server); per al servidor d'Internet (Apache), etc. Aquest fet suposarà un major cost a la implementació però un benefici en la reducció dels costos en la compra i el manteniment dels productes.

En qualsevol cas, la selecció de la tecnologia informàtica utilitzada per al desenvolupament de l'aplicació estarà subjecta a les prescripcions que pugui establir la Conselleria d'Interior

en funció de les decisions que es puguin prendre en aquest aspecte a les reunions de coordinació del projecte DAMAGE.

### **3. OBJECTIUS**

---

#### **OBJECTIUS GENERALS**

1. Contribuir al coneixement del patrimoni territorial (ambiental, cultural i econòmic) i dels riscos naturals i antròpics als quals es troba sotmès el territori.
2. Fomentar la col·laboració entre les administracions públiques en el procés d'avaluació dels danys provocats per catàstrofes.
3. Construir un instrument metodològic que racionalitzi la presa de decisions relatives a l'avaluació del dany provocat per catàstrofes naturals o antròpiques i que en faciliti així la mitigació.

#### **OBJECTIUS ESPECÍFICS**

1. Analitzar el patrimoni territorial que es pot veure afectat per una catàstrofe natural i/o antròpica: construir una base de dades SIG del patrimoni territorial.
2. Realitzar una avaluació econòmica del cost de restauració del patrimoni territorial postcatàstrofe: incorporació al SIG de patrimoni territorial d'informació referida al valor econòmic del patrimoni i el cost de restauració per a diversos graus de destrucció.
3. Analitzar els riscos territorials existents i detectar la vulnerabilitat ambiental, social i econòmica del patrimoni territorial enfront dels riscos: construir una base de dades SIG dels riscos territorials i avaluar la vulnerabilitat del patrimoni territorial.
4. Dissenyar i implementar un instrument informàtic de consulta inter/intranet del patrimoni territorial, dels riscos i la vulnerabilitat: dissenyar una aplicació informàtica sobre un servidor cartogràfic per a la consulta d'informació de les bases de dades de SIG de patrimoni territorial i riscos.
5. Construir una base de dades SIG del dany territorial. Establiment d'un model de dades SIG per a l'emmagatzemament de les dades relatives a un esdeveniment catastròfic.
6. Dissenyar i implementar un instrument informàtic per facilitar l'anàlisi i/o la simulació del dany (econòmic, ambiental, etc. ) sobre el patrimoni territorial.
7. Explotació científica i difusió dels resultats obtinguts. Es proposa comunicar els resultats obtinguts al llarg del projecte a la comunitat científica en forma d'articles a revistes, capítols de llibres i/o presentacions en congressos.

### **4. EQUIP DE TREBALL**

---

L'equip de treball que desenvoluparà el present projecte serà un grup multidisciplinari format per professionals de diverses disciplines (tecnologies de la informació geogràfica, física, enginyeria, geografia, arquitectura, etc.) sota la direcció científica del doctor Joaquim Tintoré, professor d'investigació de l'IMEDEA, i la direcció tècnica del senyor Maurici Ruiz, titulat superior especialitzat de l'IMEDEA i director del SSIGT de la UIB.

---

## **5. METODOLOGIA**

---

La metodologia utilitzada per a l'assoliment dels objectius establerts es presenta per a cadascun dels objectius específics proposats, així com s'especifiquen els resultats que es pretenen obtenir.

### **1. Analitzar el patrimoni territorial que es pot veure afectat per una catàstrofe natural i/o antròpica: construir una base de dades SIG del patrimoni territorial**

#### **Tasca 1.1**

S'establirà l'àmbit geogràfic objecte d'estudi.

Es realitzarà una anàlisi de les fonts d'informació geogràfica. S'avaluaran les fonts d'informació, variables existents, escales geogràfiques i característiques. Serà necessari promoure l'establiment de convenis entre la Direcció General d'Emergències de la Conselleria d'Interior del Govern balear amb diverses administracions públiques amb l'objecte de facilitar la utilització de la cartografia disponible per al desenvolupament del projecte DAMAGE (Conselleria d'Obres Públiques, Consells Insulars, Cadastre, SITIBSA, etc.).

#### **Tasca 1.2**

Es desenvoluparà un model conceptual de base de dades territorial. S'identificaran les variables implicades, se n'establiran les diferents categories i se seleccionarà una escala geogràfica d'anàlisi.

També s'establirà un sistema de gestió de la metainformació de la base de dades.

#### **Tasca 1.3**

Consistirà en la recollida d'informació de les fonts d'informació seleccionades i en la corresponent incorporació a la base de dades dissenyada. En determinats casos serà necessària la recollida d'informació al camp amb l'objecte de completar la base de dades.

#### **Tasca 1.4**

Es realitzarà una anàlisi de la informació alfanumèrica potencialment associada a la informació cartogràfica ja incorporada a la base de dades. En concret s'analitzaran aspectes referits a legislació urbanística, ambiental o de protecció del patrimoni artístic.

#### **Tasca 1.5**

Es realitzarà la cartografia analògica del conjunt d'informació recollida en la BD del SIG i es construirà un atlas del patrimoni territorial de l'àmbit geogràfic seleccionat.

#### **Resultat 1**

S'obindrà una base de dades geogràfica amb informació del patrimoni territorial costaner de l'àmbit geogràfic establert com a zona d'estudi i un atlas analògic amb la cartografia més significativa incorporada a la base de dades.

**2. Realitzar una avaluació econòmica del cost de restauració del patrimoni territorial postcatàstrofe: incorporació al SIG de patrimoni territorial d'informació referida al valor econòmic del patrimoni i el cost de restauració per a diversos graus de destrucció**

**Tasca 2.1**

Es realitzarà una estimació del cost/valor econòmic/ambiental/etc. dels elements del patrimoni territorial. Serà necessari decidir quins elements del patrimoni seran objecte de l'avaluació del dany (per ex., infraestructures, edificacions, etc.). Seran necessàries la consulta a fonts bibliogràfiques i la construcció de panells d'experts per validar les estimacions realitzades.

**Tasca 2.2**

Una vegada realitzades les corresponents estimacions, s'habilitarà un procediment per actualitzar la base de dades del patrimoni territorial, amb l'actualització dels atributs corresponents a costos/valors del patrimoni.

**Tasca 2.3**

Es farà la representació cartogràfica de la valoració econòmica dels elements del patrimoni territorial considerats.

**Resultat 2**

Informe tècnic. Base de dades amb la valoració econòmica del patrimoni territorial sobre la base de la seva potencial reconstrucció postcatàstrofe. Cartografia del valor del patrimoni.

**3. Analitzar els riscos territorials existents i detectar la vulnerabilitat ambiental, social i econòmica del patrimoni territorial enfront dels riscos: construir una base de dades SIG dels riscos territorials i avaluar la vulnerabilitat del patrimoni territorial**

**Tasca 3.1**

Es recollirà la informació geogràfica i alfanumèrica disponible quant a riscos territorials existents. Es consultaran diverses fonts d'informació amb el suport de la Direcció General d'Emergències.

**Tasca 3.2**

S'establirà un model conceptual de base de dades del risc i la vulnerabilitat territorial. S'identificaran variables, categories, escales geogràfiques i informació associada.

**Tasca 3.3**

Es construirà una base de dades SIG del risc territorial a la qual s'incorporarà el conjunt d'informació recollida.

**Tasca 3.4**

Es desenvoluparan procediments analítics per al càlcul de la vulnerabilitat territorial. S'aplicaran instruments analítics de modelització cartogràfica que permetran la identificació d'elements patrimonials afectats per processos de risc.

### **Tasca 3.5**

Es realitzarà la cartografia analògica dels riscos territorials i les vulnerabilitats territorials existents.

### **Resultat 3**

S'obindrà una base de dades geogràfica (SIG) dels riscos territorials seleccionats i les vulnerabilitats del patrimoni territorial de l'àmbit geogràfic establert com a zona d'estudi. També es generarà un atlas analògic de les variables incorporades a la base de dades.

## **4. Dissenyar i implementar un instrument informàtic de consulta inter/intranet del patrimoni territorial, dels riscos i la vulnerabilitat: dissenyar una aplicació informàtica sobre un servidor cartogràfic per a la consulta d'informació de les bases de dades de SIG de patrimoni territorial i riscos**

### **Tasca 4.1**

Constitueix una fase d'anàlisi de requisits. Es realitzarà una anàlisi de necessitats de l'aplicació a partir de la consulta al conjunt d'usuaris finals. Per a això, s'elaborarà un formulari que hauran d'emplenar els diferents socis del projecte, així com els participants als grups de treballs establerts.

### **Tasca 4.2**

Fase de disseny. A partir de la definició dels requisits, s'analitzarà cadascuna de les funcionalitats previstes i s'establirà un esquema de capacitats de l'aplicació. A priori, es proposen funcions de consulta/visualització, generació de fitxes, obtenció de cartografia, visualització de documents vinculats, etc.

### **Tasca 4.3**

Fase d'implementació, que correspondrà a la codificació de l'aplicació.

### **Tasca 4.4**

Avaluació de l'aplicació mitjançant el desenvolupament d'un prototipus.

### **Tasca 4.5**

Redacció de manuals d'instal·lació i funcionament.

### **Resultat 4**

Aplicació informàtica per a la consulta i gestió del patrimoni territorial i els riscos del territori objecte d'estudi. Construcció d'un servidor cartogràfic per a l'accés Internet a les dades. Manual de funcionament.

## **5. Construir una base de dades SIG del dany territorial. Establiment d'un model de dades SIG per a l'emmagatzemament de les dades relatives a un esdeveniment catastròfic**



### **Tasca 5.1**

Desenvolupament d'un model de dades del dany territorial que inclourà variables espacials implicades en la descripció de l'esdeveniment catastròfic (tipus de catàstrofe, tipus de danys, localització, intensitat, patrimoni afectat, etc.).

### **Tasca 5.2**

Adaptació dels formularis d'avaluació dels danys elaborats pel grup de treball (3) del projecte DAMAGE per poder-los incorporar a l'aplicació desenvolupada.

### **Tasca 5.3**

Proposta de simbologia cartogràfica per a la representació cartogràfica del dany.

### **Resultat 5**

Estructura de dades per gestionar el dany territorial. Catàleg de simbologies per a la representació cartogràfica del dany.

## **6. Dissenyar i implementar un instrument informàtic per facilitar l'anàlisi i/o la simulació del dany (econòmic, ambiental, etc.) sobre el patrimoni territorial**

### **Tasca 6.1**

Fase d'anàlisi de requisits. Es realitzarà una anàlisi dels requisits de l'aplicació a partir de les necessitats del conjunt d'usuaris finals. S'elaborarà un formulari que hauran d'emplenar els futurs usuaris, així com els responsables del projecte DAMAGE. A partir d'aquest formulari s'establirà el conjunt de requisits de l'aplicació.

### **Tasca 6.2**

Fase de disseny. A partir de la definició de funcionalitats de l'aplicació establertes a la fase 6.1 es realitzarà una anàlisi en detall. Es desenvoluparan diagrames de flux i altres instruments UML per al disseny de l'aplicació. Se seleccionarà la tecnologia informàtica d'implementació.

### **Tasca 6.3**

Fase d'implementació. Es codificarà l'aplicació a partir de les eines informàtiques establertes.

### **Tasca 6.4**

Construcció prototipus de l'aplicació informàtica i avaluació de funcionalitats.

### **Tasca 6.5**

Redacció del manual d'ús i instal·lació.

### **Resultat 6**

Programa informàtic DAMAGE per a l'avaluació econòmica del dany provocat per catàstrofes naturals. Manual de funcionament.

**7. Explotació científica i difusió dels resultats obtinguts. Es proposa comunicar els resultats obtinguts al llarg del projecte a la comunitat científica en forma d'articles a revistes, capítols de llibres i/o presentacions en congressos**

#### **Tasca 7.1.**

Realització d'activitats de difusió científica i tecnològica dels resultats de la investigació

Inclourà la redacció d'articles científics, confecció de cartells, elaboració de tríptics, etc., que seran presentats en diversos seminaris i congressos especialitzats amb l'objecte de difondre els resultats de la investigació realitzada. La difusió de qualsevol resultat ha de tenir l'autorització del coordinador del projecte de la Conselleria d'Interior del Govern balear i sempre hi ha de constar la Direcció General d'Emergències de la Conselleria d'Interior com a propietària dels drets d'explotació dels resultats.

Per al desenvolupament del projecte, sempre que sigui possible es farà ús de productes informàtics de codi obert l'ús dels quals no suposi cap cost addicional a la Conselleria d'Interior del Govern balear. En concret es proposa fomentar l'ús dels productes següents:

Sistema gestor de bases de dades relacionals: PostgreSQL

Servidor cartogràfic: Minnesota Map Server

Llenguatges de programació: PHP, Javascript, jsp, Java

Biblioteques SIG: AlovMap

Servidor Internet: Apache /Tomcat

En qualsevol cas la selecció de la tecnologia informàtica utilitzada per al desenvolupament del programari estarà subjecta a les prescripcions que pugui establir la Conselleria d'Interior en funció de les decisions que es puguin prendre en aquest aspecte a les reunions de coordinació del projecte DAMAGE.

## **6. PLA DE TREBALL**

---

El projecte serà desenvolupat en un total de vint mesos. Les tasques es realitzaran de forma coordinada amb l'objecte d'optimitzar el calendari de realització i facilitar l'obtenció de resultats.



Amb l'objecte d'avaluar de forma contínua la realització del projecte es realitzarà un control mensual de les activitats realitzades i s'elaborarà un informe semestral dels treballs realitzats i dels resultats assolits.

### **Personal i tasques**

Per a la realització del projecte es comptarà amb l'assistència de personal especialitzat en l'ús de les tecnologies de la informació geogràfica, així com de personal tècnic de diverses disciplines (geografia, biologia, física, ciències ambientals, etc.) amb experiència en el camp dels riscos territorials.

Es crearà un grup tècnic de treball format per professors de la UIB i investigadors de l'IMEDEA que participaran en el disseny conceptual de la base de dades territorial i en l'avaluació econòmica del dany.

El treball es realitzarà de forma coordinada amb la Direcció General d'Emergències i serà coordinat pel senyor Pedro Max. Orfila Föster, cap del Departament d'Emergències. La direcció científica del treball anirà a càrrec del doctor Joaquim Tintoré i la direcció tècnica serà realitzada pel senyor Maurici Ruiz, especialista en tecnologies de la informació geogràfica de l'IMEDEA i director del SSIQT.

## 7. PRESSUPOST

---

CONCEPTE	EUROS
Personal	72.000,00 €
Inventariable	6.000,00 €
Fungible	3.000,00 €
Viatges i dietes	10.448,00 €
Direcció/coordiació	12.000,00 €
<b>Subtotal UIB</b>	<b>103.448,28 €</b>
Despeses d'amortització d'equipament i funcionament d'instal·lacions SSIGT/IMEDEA	25.862,07 €
<b>TOTAL</b>	<b>129.310,34 €</b>
<b>IVA</b>	<b>20.689,66 €</b>
<b>TOTAL + IVA</b>	<b>150.000,00 €</b>

Personal: S'inclou la contractació de personal tècnic, així com l'assistència tècnica de diversos professionals que col·laboraran en les distintes fases del projecte.

Inventariable: Despeses orientades a l'adquisició d'equipament informàtic necessari per al desenvolupament del projecte.

Fungible: Material informàtic i d'oficina.

Viatges i dietes: Partides per facilitar l'assistència a les reunions de coordinació del projecte DAMAGE i per a assistència a congressos i seminaris.

Direcció i difusió: Inclou despeses de direcció i coordinació del projecte.

Despeses d'amortització: Despeses de manteniment d'equips i instal·lacions, així com suport administratiu en la gestió del projecte.