



## **Model 3D geotermal de la Fossa de l'Empordà v1.0**

Especificacions tècniques

12.05.2023



## Índex

---

<b>1 Característiques principals .....</b>	<b>1</b>
1.1 Contingut.....	1
1.2 Objectius .....	1
1.3 Entitats responsables.....	1
1.4 Àmbit.....	1
1.5 Tipus d'informació geogràfica .....	1
1.6 Classificació PCC-INSPIRE .....	1
1.7 Sistema de referència .....	2
1.8 Drets d'ús .....	2
<b>2 Capes .....</b>	<b>3</b>
2.1 Topografia.....	3
2.2 Punts d'exploració.....	3
2.3 Estructures geològiques.....	3
2.4 Horitzons litològics .....	4
2.5 Unitats litològiques.....	4
2.6 Model de distribució de la temperatura .....	5
2.7 Model de potencial geotèrmic .....	5
<b>3 Distribució.....</b>	<b>7</b>
3.1 Canals i fitxers.....	7
3.1.1 Visualització i descàrrega – Web de l'ICGC.....	7
3.2 Metadades .....	7
3.3 Representació .....	7
<b>4 Elaboració .....</b>	<b>8</b>
<b>Annex A. Llista d'elements del model .....</b>	<b>9</b>
Topografia.....	9
Punts d'exploració.....	9
Estructures geològiques.....	9
Horitzons litològics .....	9
Unitats litològiques.....	9
Model geotermal .....	10
<b>Annex B. Sobre el projecte GeoERA HotLime .....</b>	<b>10</b>
<b>Annex C. Referències .....</b>	<b>10</b>



# 1 Característiques principals

---

## 1.1 Contingut

Model 3D geotermal de la Fossa de l'Empordà, desenvolupat en el marc del projecte GeoERA HotLime (*Mapping and Assessment of Geothermal Plays in Deep Carbonate Rocks – Cross-domain Implications and Impacts*, 2018-2021).

Més concretament, aquest model conté les unitats litològiques, les estructures geològiques principals, el model geotermal amb la distribució en 3D de la temperatura i del potencial geotèrmic de l'aqüífer GLF<sup>1</sup>, la ubicació de les perforacions d'exploració i la superfície topogràfica de l'àmbit del projecte.

## 1.2 Objectius

Els objectius d'aquesta geoinformació són:

- Impulsar la implementació i gestió de recursos geotèrmics profunds.
- Promoure el coneixement del subsol, divulgar el recurs geotèrmic profund disponible a Catalunya i facilitar la gestió i protecció de les aigües subterrànies com a recurs hídric i termal.
- Possibilitar la realització d'operacions i consultes d'anàlisi, amb la possibilitat de generar altres capes d'informació i informes.

## 1.3 Entitats responsables

Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (ICGC)

## 1.4 Àmbit

Fossa de l'Empordà i concretament la part sud de la conca on l'aqüífer carbonatat de l'Eocè conegut com la Formació de calcàries de Girona (*Girona Limestone Formation* – GLF) ja va ser objecte de diverses prospeccions per hidrocarburs i aigües termals entre les dècades de 1960 i 1980.

## 1.5 Tipus d'informació geogràfica

Malla 3D (*tin i grid*), i vector 3D en el cas de les perforacions.

## 1.6 Classificació PCC-INSPIRE

- Tema INSPIRE: Recursos energètics
- Conjunt PCC: Recursos energètics
- Acrònim semàntic de la geoinformació: model-3d-geotermia-emporda

---

<sup>1</sup> *Girona Limestone Formation* (Formació de calcàries de Girona)



## **1.7 Sistema de referència**

ETRS89 UTM 31 Nord, en l'ordre *Easting(X), Northing(Y)*, amb codi EPSG:25831.

Altituds ortomètriques referides al nivell mig del mar a Alacant.

## **1.8 Drets d'ús**

Model 3D geotermal de la Fossa de l'Empordà v1.0 (juliol 2022) de l'Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya sota una llicència CC BY 4.0.



## 2 Capes

A continuació es detallen les característiques de les capes que formen aquesta geoinformació.

### 2.1 Topografia

Capa formada per la superfície del terreny (relleu), derivada del Model d'elevacions del terreny de Catalunya de 5x5 m. Inclou els següents atributs:

#### Nom

Nom de l'element.

#### Cota terreny (Cota del terreny)

Altitud del terreny, en metres.

### 2.2 Punts d'exploració

Capa formada per la ubicació dels punts d'exploració, concretament:

- Pou d'exploració de gas-petroli de Bisbal-1
- Pou d'exploració de gas-petroli de Fellines-1
- Pou d'exploració de gas-petroli de Geot-2
- Pou d'exploració de gas-petroli de Girona-2
- Sondatge d'investigació geotermal de Jafre

Inclou els següents atributs:

#### Nom

Nom de l'element.

#### Descripció

Descripció del tipus de perforació de l'element.

### 2.3 Estructures geològiques

Capa formada per la superfície de les estructures geològiques corresponents, concretament:

- Superfície de la falla de Camós
- Superfície de la falla de Juià
- Superfície de la falla de Riuràs
- Superfície de la falla F\_01
- Superfície de la falla F\_02
- Superfície de la falla F\_03
- Superfície de la falla F\_04
- Superfície de la falla F\_05
- Superfície de la falla F\_06
- Superfície de la falla F\_07
- Superfície de la falla F\_08



- Superfície de la falla F\_09
- Superfície de l'encavalcament del Montgrí
- Superfície de l'encavalcament Frontal Sud-pirinenc

Inclou els següents atributs:

#### Nom

Nom de l'element.

#### Descripció

Descripció de l'element.

## 2.4 Horitzons litològics

Capa formada per la superfície dels horitzons litològics corresponents, concretament:

- Base de Ncsa
- Sostre de Emcx
- Sostre de Ec\_GLF
- Sostre de PEagc
- Sostre de Bas

Inclou els següents atributs:

#### Nom

Nom de l'element.

#### Descripció

Descripció de l'element.

## 2.5 Unitats litològiques

Capa formada pel cos de les unitats litològiques corresponents, concretament:

- Unitat Ncsa (Neogen)
- Unitat Egcl (Bartonià)
- Unitat Emcx (Lutecià mig-superior)
- Unitat Ec\_GLF (Lutecià inferior-mig)
- Unitat PEagc (Paleocè-Eocè)
- Unitat Cc (Mesozoic)
- Unitat Bas (Paleozoic)

Inclou els següents atributs:

#### Nom

Nom de l'element.



### Descripció

Descripció de l'element.

### Descripció de la unitat

Descripció litoestratigràfica de la unitat litològica.

### Litologia principal

Litologia principal de la unitat.

### Temperatura

Temperatura, en °C.

## 2.6 Model de distribució de la temperatura

Capa formada per la malla 3D de les cel·les o vòxels del model de distribució de les temperatures del subsol obtinguda amb la creació d'un model de tipus conductiu en règim estacionari.

Inclou els següents atributs:

### Nom

Nom de l'element.

### Descripció

Descripció de l'element.

### Temperatura

Temperatura, en °C.

## 2.7 Model de potencial geotèrmic

Capa formada per la malla 3D de les cel·les o vòxels del model de potencial geotèrmic profund (MJ/m<sup>3</sup>) de l'aqüífer de les calcàries de la Formació Girona (Ec\_GLF), calculat mitjançant el mètode volumètric USGS "Heat-In-Place" (HIP) a partir d'una aproximació estocàstica. Els resultats s'expressen amb tres probabilitats d'ocurrència: 10% de HIP (P10), 50% de HIP (P50) i 90% de HIP (P90).

Inclou els següents atributs:

### Nom

Nom de l'element.

### Descripció

Descripció de l'element.



**HIP(P10)[MJ/m3]**

Potencial geotèrmic amb probabilitat d'ocurrència del 10%.

**HIP(P50)[MJ/m3]**

Potencial geotèrmic amb probabilitat d'ocurrència del 50%.

**HIP(P90)[MJ/m3]**

Potencial geotèrmic amb probabilitat d'ocurrència del 90%.





## 3 Distribució

### 3.1 Canals i fitxers

#### 3.1.1 Visualització i descàrrega – [Web de l'ICGC](#)

Aquesta geoinformació es distribueix, si més no, en els següents formats:

- Format **GOCAD ASCII**: Fitxer ZIP que conté un directori per cada capa i, dins d'aquests, un fitxer (.ts, .pl, .so o .vo en funció de la geometria) per cada objecte amb la seva geometria i atributs.
- Format **VTK**: Fitxer ZIP que conté un directori per cada capa i, dins d'aquests, un fitxer (.vtk) per cada objecte amb la seva geometria i atributs.
- Format **SHP**: Fitxer ZIP que conté un directori per cada capa en el cas dels vectors lineals 3D i, dins d'aquests, un fitxer (.shp) per cada objecte amb la seva geometria i atributs.
- Format **Geopackage**: Fitxer ZIP que conté un directori per cada capa en el cas dels vectors lineals 3D i, dins d'aquests, un fitxer (.gpkg) per cada objecte amb la seva geometria i atributs.

### 3.2 Metadades

Les metadades d'aquesta geoinformació estan catalogades a la [IDEC](#).

Les metadades donen informació sobre les dades, el sistema de referència i les pròpies metadades. Per a la seva generació, s'utilitza el perfil IDEC de l'estàndard ISO 19115:2003 (Geographic information - Metadata) vigent en el moment de la seva generació.

### 3.3 Representació

Aquesta geoinformació es pot representar, tant en 3D com en 2D, segons alguns atributs com ara la temperatura o el potencial geotèrmic.



## 4 Elaboració

---

El model geotermal pel càlcul de potencial geotèrmic profund de l'aqüífer de la Formació de calcàries de Girona (GLF) s'ha desenvolupat a partir d'un model geològic en 3D ajustat mitjançant inversió geofísica de dades gravimètriques.

Un cop obtingudes les geometries finals de les diferents unitats litològiques i estructurals del model 3D, i utilitzant un voxel de malla regular, el potencial geotèrmic de l'aqüífer profund GLF s'ha calculat utilitzant l'eina 3DHIP-Calculator (Piris et al., 2020) que permet el càlcul estocàstic mitjançant el mètode volumètric o Heat In Place (HIP) (Muffler and Cataldi, 1977; Muffler, L.J.P., 1979) obtenint la funció de distribució del recurs disponible per diferents probabilitats (P10, P50 i P90).



## Annex A. Llista d'elements del model

### Topografia

Nom de l'element	Descripció de l'element
00_Topografia	Topografia de l'àmbit del projecte HOTLIME

### Punts d'exploració

Nom de l'element	Descripció de l'element
Bisbal-1	Pou d'exploració de gas-petrolí de Bisbal-1
Fellines-1	Pou d'exploració de gas-petrolí de Fellines-1
Geot-2	Pou d'exploració de gas-petrolí de Geot-2
Girona-2	Pou d'exploració de gas-petrolí de Girona-2
Jafre	Sondatge d'investigació geotermal de Jafre

### Estructures geològiques

Nom de l'element	Descripció de l'element
Falla de Camós	Superfície de la falla de Camós
Falla de Juià	Superfície de la falla de Juià
Falla de Riuràs	Superfície de la falla de Riuràs
Falla F_01	Superfície de la falla F_01
Falla F_02	Superfície de la falla F_02
Falla F_03	Superfície de la falla F_03
Falla F_04	Superfície de la falla F_04
Falla F_05	Superfície de la falla F_05
Falla F_06	Superfície de la falla F_06
Falla F_07	Superfície de la falla F_07
Falla F_08	Superfície de la falla F_08
Falla F_09	Superfície de la falla F_09
Encavalcament del Montgrí	Superfície de l'encavalcament del Montgrí
Encavalcament Frontal Sud-pirinenc	Superfície de l'encavalcament Frontal Sud-pirinenc

### Horitzons litològics

Nom de l'element	Descripció de l'element
01_Ncsa	Base de Ncsa
03_Emcx	Sostre de Emcx
04_Ec_GLF	Sostre de Ec_GLF
05_PEagc	Sostre de PEagc
07_Bas	Sostre de Bas

### Unitats litològiques

Nom de l'element	Descripció de l'element
01_Ncsa_vol	Unitat Ncsa (Neogen)
02_Egcl_vol	Unitat Egcl (Bartonià)
03_Emcx_vol	Unitat Emcx (Lutecià mig-superior)
04_Ec_GLF_vol	Unitat Ec_GLF (Lutecià inferior-mig)
05_PEagc_vol	Unitat PEagc (Paleocè-Eocè)



Nom de l'element	Descripció de l'element
06_Cc_vol	Unitat Cc (Mesozoic)
07_Bas_vol	Unitat Bas (Paleozoic)

## Model geotermal

Nom de l'element	Descripció de l'element
Distribució de la temperatura	Distribució de les temperatures del subsol obtinguda amb la creació d'un model de tipus conductiu en règim estacionari.
Potencial geotèrmic (HIP)	Potencial geotèrmic profund (MJ/m <sup>3</sup> ) de l'aqüífer de les calcàries de la Formació Girona (Ec_GLF), calculat mitjançant el mètode volumètric USGS "Heat-In-Place" (HIP) a partir d'una aproximació estocàstica. Els resultats s'expressen amb tres probabilitats d'ocurrència: 10% de HIP (P10), 50% de HIP (P50) i 90% de HIP (P90).

## Annex B. Sobre el projecte GeoERA HotLime

Aquest model es desenvolupa en el marc del projecte GeoERA HotLime (*Mapping and Assessment of Geothermal Plays in Deep Carbonate Rocks – Cross-domain Implications and Impacts, 2018-2021*)<sup>2</sup>, el qual té com a principals objectius: primer, desenvolupar i assajar metodologies d'avaluació, modelització i estimació del potencial geotèrmic en aqüífers carbonàtics profunds; i segon, aplicar les especificacions internacionals UNFC-2009 per a la classificació dels recursos geotèrmics així com traçar estratègies pel seu desenvolupament futur.

Els resultats generals i documents associats a les activitats realitzades pel consorci en el marc del projecte poden ser consultats i descarregats des del web oficial del projecte [GeoERA HotLIME](#).

## Annex C. Referències

- Muffler, L.J.P., and Cataldi, R. (1978). Methods for Regional Assessment of Geothermal Resources, *Geothermics*, 7, (1978), 53-89. [https://doi.org/10.1016/0375-6505\(78\)90002-0](https://doi.org/10.1016/0375-6505(78)90002-0)
- Muffler, L.J.P. (1979). Assessment of Geothermal Resources of the United States - 1978. Arlington, VA: U.S. Geological Survey. Report No.: Circular 790. <https://doi.org/10.3133/cir790>
- Piris, G., Herms, I., Griera, A., Gómez-Rivas, E., Colomer, M. (2020). 3DHIP-Calculator (v1.1) [Software]. ICGC, UAB. CC-BY 4.0.

<sup>2</sup> Projecte aprovat pel consorci GeoERA H2020 Era-Net (*Establishing the European Geological Surveys Research Area to deliver a Geological Service for Europe*).