

Índice general

Resumen.	II
Agradecimientos.	VI
1. Introducción general	1
1.1. ¿Por qué la incertidumbre?	1
1.2. Modelos estocásticos y condicionamiento	4
1.3. Tipología de la información	7
1.4. Propósitos y alcances de esta tesis	9
1.4.1. La información geofísica	9
1.4.2. Relaciones entre parámetros geofísicos e hidrogeológicos	10
1.4.3. Técnicas geoestadísticas para combinar información . .	10
1.4.4. Simulación multivariada por campos de probabilidad .	11
1.4.5. Simulación secuencial con restricciones lineales	11
1.4.6. Contribuciones	12
1.5. Organización de esta tesis	13
I Métodos geofísicos	15
2. Introducción	16
2.1. Geofísica e interpretación geofísica	16
2.2. Clasificación de métodos geofísicos	17
3. Descripción de métodos geofísicos	20
3.1. Alcances de esta revisión	20
3.2. Métodos gravimétricos	20
3.3. Métodos magnéticos	24
3.4. Métodos radiométricos	26
3.5. Métodos geotérmicos	28
3.6. Métodos eléctricos	31

3.6.1.	Métodos de la resistividad	33
3.6.2.	Método de polarización inducida	37
3.6.3.	Método del potencial espontáneo	39
3.6.4.	Método de las corrientes telúricas	43
3.7.	Métodos electromagnéticos	44
3.8.	Métodos sísmicos	46
3.8.1.	Método de refracción	51
3.8.2.	Método de reflexión	51
3.9.	Teledetección	52
3.10.	Métodos de registro en perforaciones	60
3.10.1.	Registro del potencial espontáneo	62
3.10.2.	Registros de resistividad	62
3.10.3.	Registros radiométricos	70
3.10.4.	Registros acústicos	73
3.10.5.	Registros de gravedad	75
3.10.6.	Registros de temperatura	76
3.10.7.	Registros magnéticos	77
3.10.8.	Registro sísmico vertical	77
3.10.9.	Tomografía	78

II Relación entre parámetros geofísicos e hidrogeológicos **85**

4.	Introducción	86
5.	Relación entre parámetros geoeléctricos e hidrogeológicos	88
5.1.	Estructura hidrogeológica y prospección geoeléctrica	88
5.2.	Relaciones	91
5.2.1.	Relaciones empíricas	91
5.2.2.	Relaciones analíticas	108
5.3.	Síntesis de las relaciones encontradas	115
5.4.	Hacia un modelo hidrogeofísico general	116
5.5.	Consideraciones finales	119
6.	Relación entre parámetros sísmicos e hidrogeológicos	127
6.1.	Principio y definición de parámetros sísmicos	127
6.2.	Relaciones	130
6.3.	Síntesis de las relaciones encontradas	152
6.4.	Consideraciones finales	154

III	Métodos geoestadísticos para la integración de información	156
7.	Introducción	157
7.1.	Interpolación en el espacio	157
7.2.	Clasificación de los algoritmos	160
8.	Algoritmos de interpolación	162
8.1.	Regresión tradicional	162
8.2.	Krigeado	163
8.2.1.	Krigeado simple	164
8.2.2.	Krigeado ordinario	165
8.2.3.	Krigeado universal	165
8.3.	Krigeado con deriva externa	166
8.4.	Cokrigeado	168
8.4.1.	Cokrigeado simple	169
8.4.2.	Cokrigeado ordinario	169
8.5.	Cokrigeado colocalizado	171
8.5.1.	Cokrigeado colocalizado bajo un modelo de Markov	172
8.6.	Krigeado indicador	173
8.7.	Cokrigeado indicador	176
8.7.1.	Cokrigeado indicador bajo un modelo de Markov-Bayes	177
8.8.	Estimación por campo de probabilidad	180
9.	Estimación: ejemplo de aplicación	182
9.1.	Descripción del ejercicio	182
9.2.	Análisis de los resultados	193
9.2.1.	Análisis visual	193
9.2.2.	Análisis univariado de los valores estimados	200
9.2.3.	Análisis univariado de los residuos	201
9.2.4.	Análisis bivariado de los valores de referencia y de los estimados	206
9.3.	Valoración final	206
10.	Algoritmos de representación estocástica	208
10.1.	Introducción	208
10.2.	Simulación secuencial	209
10.2.1.	Teoría	210
10.2.2.	Evaluación del algoritmo	218
10.2.3.	Conclusiones	225
10.3.	Simulación por recocido simulado (annealing)	225

10.4. Simulación por campos de probabilidad	228
10.5. Algoritmos booleanos	231
11. Simulación: ejemplo de aplicación	232
11.1. Descripción y análisis de la información	232
11.2. Algoritmos evaluados y metodología	241
11.3. Análisis de los resultados	245
11.3.1. Simulación gaussiana secuencial	245
11.3.2. Simulación gaussiana secuencial por cokrigado colocalizado bajo un modelo markoviano	245
11.3.3. Simulación indicadora secuencial	255
11.3.4. Simulación secuencial por cokrigado indicador con un modelo de Markov-Bayes	255
11.3.5. Simulación por campos de probabilidad	256
11.3.6. Simulación por recocido simulado	256
11.4. Conclusiones	256
12. Posibilidades de aplicación de los campos de probabilidad a la simulación multivariada	259
12.1. Introducción	259
12.2. Desarrollo del ejercicio	261
12.2.1. Obtención de los campos de probabilidad	261
12.2.2. Primera parte	264
12.2.3. Segunda parte	267
12.2.4. Tercera parte	278
12.3. Conclusiones	279
13. Simulación secuencial condicionada con restricciones lineales	281
13.1. Introducción	281
13.2. Teoría	282
13.2.1. Ejemplo numérico sencillo	285
13.3. Implementación	287
13.4. Ejemplos	291
13.4.1. Ejemplo 1	291
13.4.2. Ejemplo 2	300
13.5. Conclusiones	309
14. Sumario y líneas futuras de investigación	315
14.1. Sumario	315
14.2. Líneas futuras de investigación	319

A. El modelo de Markov	321
Bibliografía.	323

Índice de cuadros

2.1. Métodos geofísicos	19
5.1. Resumen de las relaciones entre la permeabilidad y algunos parámetros geoelectricos.	125
5.2. Resumen de las relaciones entre la transmisividad y algunos parámetros geoelectricos.	125
5.3. Resumen de las relaciones entre la conductividad hidráulica y algunos parámetros geoelectricos.	126
5.4. Resumen de las relaciones entre la porosidad y algunos parámetros geoelectricos.	126
6.1. Resumen de las relaciones entre parámetros hidrogeológicos y sísmicos.	153
9.1. Parámetros del modelo de correogionalización para la base de datos de Walker Lake.	188
9.2. Parámetros de los modelos ajustados a los variogramas indicadores experimentales en función del umbral para la base de datos de Walker Lake.	192
9.3. Comparación de las distribuciones de valores verdaderos y estimados para los 8 métodos de estimación utilizados.	202
9.4. Cuantiles para cada uno de los campos obtenidos por los distintos métodos de estimación.	202
9.5. Comparación de las distribuciones de los residuos para los 8 métodos de estimación utilizados.	203
11.1. Parámetros del modelo de correogionalización para el conjunto de datos de calibración del ejercicio de simulación.	240
11.2. Parámetros de los modelos ajustados a los variogramas indicadores experimentales en función del umbral para el ejercicio de simulación.	241

12.1. Coeficientes de correlación lineal punto a punto entre los campos de probabilidad de la variable 1 y los campos de probabilidad de la variable 2.	267
---	-----