

Índice general

1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	1
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 LOS ORÍGENES	3
1.3 ANÁLISIS DEL SECTOR	7
1.3.1 Introducción	7
1.3.2 Sector cementero	8
1.3.3 Áridos	10
1.3.4 Hormigón	11
1.4 OBJETIVOS	12
1.5 METODOLOGÍA Y ESTRUCTURA DE LA TESIS	14
2 ESTADO DEL CONOCIMIENTO	17
2.1 INTRODUCCIÓN	17
2.2 COMPONENTES DEL HORMIGÓN	17
2.2.1 Cemento como conglomerante hidráulico	17
2.2.2 Los áridos y su influencia en las características del hormigón	24
2.2.3 El agua y su papel en el hormigón	32
2.2.4 Aditivos	39
2.2.5 Hormigones con fibras	44
2.3 PROCESOS INDUSTRIALES DE PRODUCCIÓN DE HORMIGÓN	50
2.3.1 Introducción	50
2.3.2 Almacenamiento de los componentes	51
2.3.3 Instalaciones de dosificación	51
2.3.4 Equipos de mezclado	53
2.3.5 Control de la consistencia y dosificación en agua del hormigón	57

2.3.6 Efectos de los parámetros de mezclado	61
2.4 METODOLOGÍAS DE DOSIFICACIÓN	63
2.5 REOLOGÍA DE HORMIGONES	75
2.5.1 Aspectos reológicos de hormigones	75
2.5.2 Factores que modifican el comportamiento reológico	77
2.5.3 Determinación de la consistencia del hormigón	80
2.5.4 Otros ensayos para medir la trabajabilidad del hormigón	83
2.5.5 Reómetros de hormigón	88
2.5.6 Medición de la trabajabilidad del hormigón en los camiones hormigonera	93
2.6 INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA EN LAS PROPIEDADES DEL HORMIGÓN.	96
2.7 RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN	102
2.8 EVOLUCIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN CON EL TIEMPO.	107
2.9 MODELOS PREDICTIVOS: APLICACIONES DE LAS REDES NEURONALES ARTIFICIALES.	111
3 MATERIALES, NORMATIVA, PROCEDIMIENTOS, INSTALACIONES Y ENSAYOS	119
3.1 INTRODUCCIÓN	119
3.2 MATERIALES UTILIZADOS	120
3.2.1 Cementos.	120
3.2.2 Áridos.	122
3.2.3 Arena normalizada	125
3.2.4 Agua	125
3.2.5 Aditivos Plastificantes/Superplastificantes.	125
3.2.6 Fibras.	128
3.3 NORMATIVAS HORMIGÓN.	129
3.4 ENSAYOS REALIZADOS PARA LA CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES	137
3.4.1 Ensayos caracterización de cementos	137
3.4.2 Ensayos caracterización de áridos	138
3.4.3 Ensayos caracterización de aditivos	141
3.5 PROCEDIMIENTO INDUSTRIAL PARA LA FABRICACIÓN DE HORMIGONES DE PLANTA	141
3.5.1 Introducción	141
3.5.2 Almacenamiento	142

3.5.3 Dosificación	145
3.5.4 Mezclado	146
3.5.5 Verificación de la trabajabilidad del hormigón en los camiones hormigonera	147
3.6 ENSAYOS REALIZADOS PARA LA CARACTERIZACIÓN DE LOS HORMIGONES.	150
3.6.1 Fabricación, curado y preparación de probetas	150
3.6.2 Determinación de la consistencia del hormigón	152
3.6.3 Determinación de la densidad del hormigón	153
3.6.4 Determinación de la resistencia a compresión del hormigón	153
3.7 ENSAYOS INTERLABORATORIOS	155
4 RESULTADOS DE ENSAYOS Y BASES DE DATOS	159
4.1 INTRODUCCIÓN	159
4.2 HORMIGÓN	159
4.3 CEMENTOS	162
4.4 ADITIVOS	169
4.5 ÁRIDOS	171
4.5.1 Granulometrías y módulos granulométricos	171
4.5.2 Resumen valores de los ensayos de caracterización de los áridos	175
5 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	181
5.1 INTRODUCCIÓN	181
5.2 METODOLOGÍAS EMPLEADAS EN LA DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES DE PLANTA	182
5.3 CÁLCULO DEL AGUA PARA HORMIGONES DE PLANTA PRODUCIDOS INDUSTRIALMENTE.	190
5.4 ESTUDIO ESTADÍSTICO CLÁSICO	194
5.4.1 Introducción	194
5.4.2 Resistencia a compresión del hormigón. Influencia de diferentes variables y modelos estadísticos.	196
5.4.3 Influencia de la temperatura en la resistencia a compresión del hormigón.	209
5.4.4 Evolución de la resistencia a compresión con el tiempo.	215
5.4.5 Influencia de la relación cemento/agua en la resistencia a compresión del hormigón	221
5.4.6 Análisis estadístico descriptivo de la resistencia a compresión.	225
5.4.7 Análisis de varianza	228
5.4.8 Análisis multivariante	238

5.5 FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LAS REDES NEURONALES ARTIFICIALES (RNA)	243
5.5.1 Introducción	243
5.5.2 Funcionamiento RNA	244
5.5.3 Tipos de redes neuronales artificiales	246
5.5.4 Número de neuronas de la capa oculta	247
5.5.5 Aprendizaje de la red neuronal	248
5.5.6 Sobreaprendizaje de la red	250
5.5.7 Datos de entrenamiento, validación y test	250
5.5.8 Estandarización de los datos	251
5.5.9 Evaluación del desempeño de la RNA	252
5.6 APLICACIÓN DE LAS REDES NEURONALES ARTIFICIALES	252
5.6.1 Elaboración de las redes neuronales artificiales	252
5.6.2 Resumen de la aplicación de las redes neuronales artificiales.	283
6 CONCLUSIONES DEL ESTUDIO Y FUTURAS LINEAS DE INVESTIGACIÓN	287
6.1 CONCLUSIONES GENERALES	287
6.2 CONCLUSIONES ESPECÍFICAS.	288
6.3 FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN	290
Bibliografía y normativa	293
A BASES DE DATOS	329
B COMPARACIONES MÚLTIPLES	339