

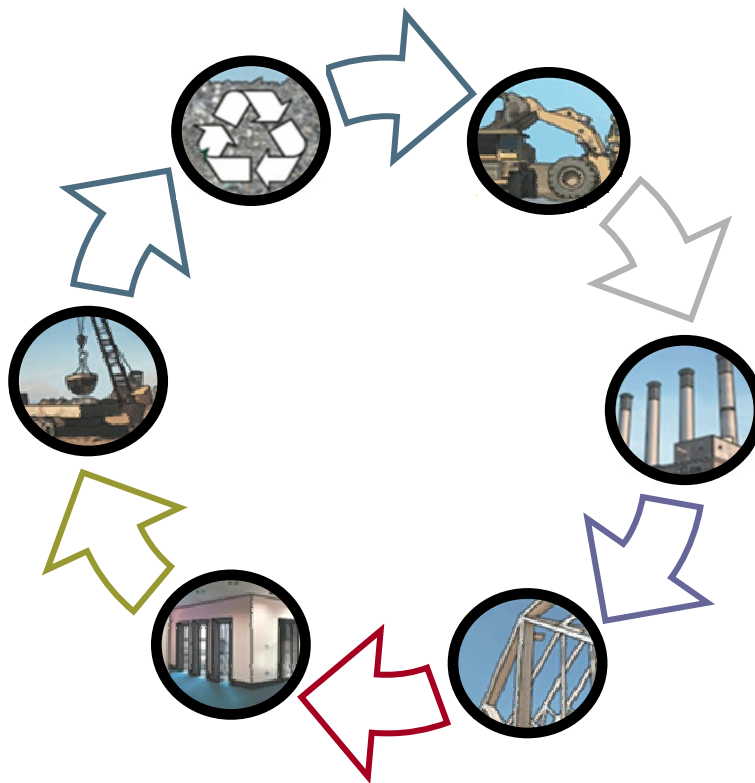


Escola Tècnica Superior d'Enginyers  
de Camins, Canals i Ports de Barcelona

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

# Normativa ambiental aplicable a productos de la construcción. Estado del arte.

Codi: 706-TRE-OP-4308



**Autor: Alberto Pacheco Belzunces**

**Tutora: Patricia Pardo Tràfach**

**Octubre 2009**



## **Agradecimientos**

Durante el proceso de preparación y elaboración de este proyecto he contado con el apoyo y colaboración de diversas personas que, con sus conocimientos y experiencia, han ayudado a completar el presente estudio.

Mis primeros agradecimientos van dirigidos a la Dra. Patricia Pardo Tràfach, por aceptar ser mi tutora del proyecto y principal artífice de que en estos momentos tenga el placer de poder estar escribiendo estas líneas.

A mis amigos, y en especial a Iván Masip, que aunque ya no esté con nosotros, nunca le voy a olvidar.

Y por último a Íngrid, cuyo apoyo prestado durante todos estos años no se puede expresar con palabras.

A todos muchísimas gracias.

## Índice

<b>AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>I</b>
<b>ÍNDICE.....</b>	<b>II</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>IV</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>V</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS .....</b>	<b>VI</b>
<b>LISTADO DE ACRÓNIMOS .....</b>	<b>VI</b>
<b>1 CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>IX</b>
1.1. CONSIDERACIONES GENERALES .....	11
1.2. OBJETIVOS .....	11
1.3. ESTRUCTURA DE LA MEMORIA.....	12
<b>2 CAPÍTULO 2 MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>15</b>
2.1. EL CICLO DE VIDA DE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN.....	15
2.1.1. <i>Consideraciones generales</i> .....	15
2.1.2. <i>Etapas del ciclo de vida de un material de construcción</i> .....	17
2.1.3. <i>Análisis del ciclo de vida</i> .....	20
2.2. ESTRUCTURA LEGISLATIVA.....	22
2.2.1. <i>Introducción</i> .....	22
2.2.2. <i>Desarrollo y elementos de una directiva</i> .....	24
2.2.2.1. Organismos .....	24
2.2.2.2. Documentos.....	27
2.2.2.3. Disposiciones .....	30
<b>3 CAPÍTULO 3 MARCO LEGISLATIVO VIGENTE.....</b>	<b>31</b>
3.1. LA DIRECTIVA DE LOS PRODUCTOS DE LA CONSTRUCCIÓN (CPD).....	31
3.1.1. <i>Descripción de la CPD</i> .....	31
3.1.2. <i>Descripción de sistemas nacionales</i> .....	36
3.1.2.1. Países con una extensa regulación técnica .....	37
3.1.2.2. Países con reglamentos.....	40
3.1.2.3. Países con normas basadas en sistemas de certificación .....	41
3.1.2.4. Países con otro tipo de sistemas .....	44
3.1.3. <i>Reglamento para los productos de la construcción</i> .....	45
3.2. LA DIRECTIVA DE RESIDUOS .....	48
3.2.1. <i>Directivas que dan lugar a la Directiva vigente</i> .....	49
3.2.2. <i>La directiva vigente</i> .....	50

3.2.2.1. Admisión y vertido de residuos.....	50
3.2.2.2. Gestión, recuperación y correcta eliminación de los residuos.....	51
3.2.3. <i>La futura directiva de residuos</i> .....	52
3.3. NORMAS PARA LA EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO AMBIENTAL.....	53
3.3.1. <i>Jerarquización de ensayos para la valoración ambiental</i> .....	53
3.3.2. <i>Introducción a los procesos de lixiviación</i> .....	55
3.3.3. <i>Conceptos generales sobre ensayos de lixiviación</i> .....	58
3.3.4. <i>Tipos de ensayos de lixiviación</i> .....	60
3.3.4.1. Ensayos de disponibilidad.....	60
3.3.4.2. Ensayos de caracterización.....	61
3.3.4.3. Ensayos de cumplimiento.....	64
<b>4 CAPÍTULO 4 DESARROLLO DE HERRAMIENTAS PARA LA</b>	
<b>ORGANIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN.....</b>	<b>65</b>
4.1. APLICACIÓN <i>CALC-LEACH</i> PARA EL TRATAMIENTO DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE	
LIXIVIACIÓN.....	65
4.1.1. <i>A quién va dirigido el programa</i> .....	65
4.1.2. <i>Contenido</i> .....	65
4.1.3. <i>Manual de Calc-Leach</i> .....	66
4.1.4. <i>Validación del programa Calc-Leach</i> .....	67
4.1.4.1. Ensayo de Disponibilidad.....	67
4.1.4.2. Test pHh-Stat .....	70
4.1.4.3. Test Monolítico .....	70
4.1.4.4. Ensayos granulares.....	72
4.1.4.4.1. Test L/S=2 y L/S=10.....	72
4.1.4.4.2. Test de columna.....	73
4.1.4.5. Conclusiones.....	77
4.2. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA PÁGINA WEB.....	77
<b>5 CAPÍTULO 5 CONCLUSIONES .....</b>	<b>81</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>83</b>
<b>ANEJO 1: VALORES LÍMITE PARA LA ADMISIÓN DE RESIDUOS EN</b>	
<b>VERTEDEROS.....</b>	<b>83</b>
<b>ANEJO 2: VALORES LÍMITE PARA MATERIALES MONOLÍTICOS SEGÚN</b>	
<b>LA BMD .....</b>	<b>83</b>
<b>ANEJO 3: NORMAS ESTANDARIZADAS DE LIXIVIACIÓN .....</b>	<b>92</b>

## **Resumen**

### **Título:**

**NORMATIVA AMBIENTAL APLICABLE A PRODUCTOS DE LA  
CONSTRUCCIÓN. ESTADO DEL ARTE.**

### **Autor:**

Alberto Pacheco Belzunces

### **Tutora:**

Patricia Pardo Tráfach

El trabajo que se presenta a continuación, describe las tareas realizadas para la recopilación y organización de la normativa ambiental vigente aplicable a los productos de la construcción en el ámbito de la Unión Europea, así como el desarrollo de herramientas que estructuran y facilitan el acceso a dicha información.

El primer paso consiste en la descripción del marco teórico en el que se inscribe el trabajo, prestando especial atención al ciclo de vida de los materiales de construcción y a la estructura legislativa en la que se articulan las directivas de la Unión Europea, así como las normativas que de ella emanan. Seguidamente se analiza la normativa vigente en relación al impacto ambiental de los productos de la construcción a lo largo de su ciclo de vida. De este análisis surge la necesidad de desarrollar herramientas con el fin de facilitar la organización de la información legislativa extensa y confusa recogida en los apartados anteriores. Para ello se han diseñado una Página Web y un programa informático (*Calc-Leach*). Este último permite el tratamiento de los resultados obtenidos a partir de la aplicación de diferentes ensayos de laboratorio para la estimación de la emisión de contaminantes, así como la comparación de estos resultados con las normativas vigentes. Esta aplicación ha sido validada a partir de datos experimentales pertenecientes a estudios de valorización de diferentes materiales.

## **Abstract**

### **Title:**

**ENVIRONMENTAL REGULATIONS FOR CONSTRUCTION MATERIALS.  
STATE OF THE ART.**

### **Author:**

Alberto Pacheco Belzunces

### **Tutor:**

Patricia Pardo Tráfach

This work presents the state of the art related to current environmental regulations applicable to construction products at European Union level and the development of tools to organize, structure and facilitate access to this information.

Firstly, a description of the theoretical framework of the work is carried out, paying particular attention to the life cycle of building materials and the legislative structure in which European Union Directives and regulations that stem from it are articulated. Secondly, the current regulations regarding the environmental impact of construction products throughout their life cycle are analysed. From this analysis, the need to develop tools to facilitate the organization of extensive and confusing legislative information emerges. For this reason, it has been designed a website and a computer program (*Calc-Leach*). The latter allows processing of the results obtained from the application of different laboratory tests for estimating pollutant emissions, and comparing these results with current legislation. This application has been validated with experimental data from previous studies carried out in the Materials Section of the Department of Construction Engineering.

## Índice de figuras y tablas

### TABLAS:

#### **CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO**

Tabla 1. DATOS DEL SECTOR EUROPEO DE LOS ÁRIDOS [1].....	116
Tabla 2. HERRAMIENTAS PARA LA GESTIÓN AMBIENTAL .....	20
Tabla 3. LISTADO DE NORMAS NACIONALES Y ORGANISMOS NACIONALES DE NORMALIZACIÓN DE LA UNIÓN EUROPEA [4] .....	25

#### **CAPÍTULO 3: MARCO LEGISLATIVO TEÓRICO**

Tabla 4. LISTADO DE ORGANISMOS NACIONALES DE LA UNIÓN EUROPEA PARA LA ELABORACIÓN DE LOS DITE [4].....	34
Tabla 5. PRINCIPALES FACTORES QUÍMICOS, FÍSICOS Y AMBIENTALES QUE AFECTAN LA LIXIVIACIÓN .....	57
Tabla 6. CARACTERÍSTICAS DE LA SERIE EN 12457/1-4 .....	64

#### **CAPÍTULO 4: DESARROLLO DE HERRAMIENTAS PARA LA ORGANIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN**

Tabla 7. DATOS DE ENTRADA PARA LA VALIDACIÓN DEL ENSAYO DE DISPONIBILIDAD .	67
Tabla 8. RESULTADOS PARA LA VALIDACIÓN DEL ENSAYO DE DISPONIBILIDAD .....	67
Tabla 9. DATOS DE ENTRADA PARA LA VALIDACIÓN DEL ENSAYO PH-STAT .....	68
Tabla 10. RESULTADOS PARA LA VALIDACIÓN DEL ENSAYO PH-STAT .....	68
Tabla 11. DATOS DE ENTRADA PARA LA VALIDACIÓN DEL ENSAYO MONOLÍTICO .....	70
Tabla 12. RESULTADOS DE LAS EMISIONES DEL ENSAYO MONOLÍTICO .....	70
Tabla 13. RESULTADOS DE LOS COEFICIENTES DE DIFUSIÓN DEL ENSAYO MONOLÍTICO	71
Tabla 14. DATOS DE ENTRADA PARA LA VALIDACIÓN DEL ENSAYO GRANULAR .....	72
Tabla 15. RESULTADOS DEL ENSAYO GRANULAR.....	72
Tabla 16. DATOS DE ENTRADA PARA LA VALIDACIÓN DEL ENSAYO DE COLUMNA .....	73
Tabla 17. RESULTADOS PARA LA VALIDACIÓN DEL ENSAYO DE COLUMNA .....	74
Tabla 18. RESULTADOS DEL ENSAYO DE COLUMNA DEL COMPONENTE BARIO .....	75
Tabla 19. RESULTADOS DEL ENSAYO DE COLUMNA DEL COMPONENTE ESTAÑO .....	76



---

## FIGURAS:

### **CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO**

Figura 1. CICLO DE VIDA DE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN (ELABORACIÓN PROPIA) .....	11
Figura 2. MARCO DEL ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA (ISO 14040) .....	21
Figura 3. MARCADO CE .....	23

### **CAPÍTULO 3: MARCO LEGISLATIVO TEÓRICO**

Figura 4. CLASIFICACIÓN DE SISTEMAS NACIONALES .....	37
Figura 5. MARCADO ALEMÁN Ü .....	11
Figura 6. CÓDIGO DE LA CONSTRUCCIÓN Y LA VIVIENDA FRANCÉS .....	41
Figura 7. CANTIDAD DE RESIDUOS POR PERSONA Y AÑO EN CADA PAÍS MIEMBRO DE LA UNIÓN EUROPEA [8] .....	49
Figura 8. RESULTADOS PARA EL ZINC EN LA APLICACIÓN DE LOS ENSAYOS DE DEPENDENCIA DE PH Y DIFUSIÓN A VARIOS MORTEROS DE CEMENTOS [13] .....	54
Figura 9. ORGANIZACIÓN JERÁRQUICA DE LOS DIFERENTES ENSAYOS .....	55
Figura 10. VISUALIZACIÓN DE LOS TRES NIVELES A TENER EN CUENTA EN EL ESTUDIO DE LA LIXIVIACIÓN [11] .....	56
Figura 11. PRINCIPALES FACTORES QUÍMICOS, FÍSICOS Y AMBIENTALES QUE AFECTAN LA LIXIVIACIÓN DE MATERIALES MONOLÍTICOS [1] .....	58
Figura 12. PRINCIPALES FACTORES QUÍMICOS, FÍSICOS Y AMBIENTALES QUE AFECTAN LA LIXIVIACIÓN DE MATERIALES GRANULARES [1] .....	58
Figura 13. CARACTERÍSTICAS DE UN ENSAYO DE DISPONIBILIDAD .....	60
Figura 14. REALIZACIÓN DE UN ENSAYO NEN 7341 .....	60
Figura 15. CARACTERÍSTICAS DE UN ENSAYO DE DEPENDENCIA DEL PH. ....	11
Figura 16. CARACTERÍSTICAS DE UN ENSAYO DE PERCOLACIÓN O COLUMNA .....	62
Figura 17. ENSAYO DE COLUMNA .....	62
Figura 18. ENSAYO MONOLÍTICO .....	63
Figura 19. CARACTERÍSTICAS DE UN ENSAYO DE DIFUSIÓN O MONOLÍTICO .....	63
Figura 20. EJECUCIÓN DE UNO DE ESTOS ENSAYOS .....	64

### **CAPÍTULO 4: DESARROLLO DE HERRAMIENTAS PARA LA ORGANIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN**

Figura 21. CONTENIDO DEL PROGRAMA .....	66
---	----

Figura 22. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL RESULTADO ANALÍTICO Y EL RESULTADO DEL PROGRAMA PARA EL ENSAYO DE DISPONIBILIDAD.....	68
Figura 23. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL RESULTADO ANALÍTICO Y EL RESULTADO DEL PROGRAMA PARA EL ENSAYO PH-STAT .....	69
Figura 24. RESULTADO GRÁFICO DE CALC-LEACH.....	69
Figura 25. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL RESULTADO ANALÍTICO Y EL RESULTADO DEL PROGRAMA PARA EL ENSAYO MONOLÍTICO (EMISIONES).....	71
Figura 26. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL RESULTADO ANALÍTICO Y EL RESULTADO DEL PROGRAMA PARA EL ENSAYO MONOLÍTICO (COEFICIENTES DE DIFUSIÓN).....	72
Figura 27. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL RESULTADO ANALÍTICO Y EL RESULTADO DEL PROGRAMA PARA EL ENSAYO GRANULAR.....	73
Figura 28. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL RESULTADO ANALÍTICO Y EL RESULTADO DEL PROGRAMA PARA EL ENSAYO DE COLUMNA.....	75
Figura 29. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL RESULTADO ANALÍTICO Y EL RESULTADO DEL PROGRAMA PARA EL ENSAYO DE COLUMNA PARA EL COMPONENTE BARIO.....	76
Figura 30. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL RESULTADO ANALÍTICO Y EL RESULTADO DEL PROGRAMA PARA EL ENSAYO DE COLUMNA PARA EL COMPONENTE ESTAÑO.....	77
Figura 31. UNA DE LAS SECCIONES DE LA PÁGINA WEB DISEÑADA.....	78
Figura 32. MAPA WEB DE LA PÁGINA DISEÑADA .....	78

## **Listado de acrónimos**

**AENOR:** Asociación Española de Normalización, organismo designado en el Real Decreto 2200/1997 como organismo nacional de normalización en España.

**BMD:** Building Material Decree

**CE:** Símbolo del mercado CE.

**CEN:** Comité Europeo de Normalización. Es un organismo facultado para la elaboración de las normas europeas EN, formado por los organismos nacionales de normalización de los Estados miembros de la Unión Europea y de la Asociación Europea de Libre Comercio.

**CEN/TC:** Siglas del Comité Técnico de Normalización del CEN

**CPC:** Siglas del Comité Permanente de la Directiva de Construcción en Bruselas.

**CPD:** Siglas de la Directiva de Productos de la Construcción.

**DOCE/DOUE:** Diario Oficial de la Comunidad Europea o Diario Oficial de la Unión Europea.

**DITE:** Siglas del Documento de Idoneidad Técnica Europeo.

**EOTA:** Organización Europea para la Idoneidad Técnica (siglas en inglés: European Organization for Technical Approval) a la que se refiere la Directiva 89/106/CEE de productos de construcción, que tiene como fin elaborar las normas comunes de procedimiento y las guías para la concesión de los documentos de idoneidad técnica europeos (DITE) y que reúne a los organismos nacionales notificados por los Estados miembros para esta tarea.

**hEN:** Siglas de norma europea armonizada.

**UE:** Abreviatura de la Unión Europea

## **Capítulo 1**

### **INTRODUCCIÓN**

#### ***1.1. CONSIDERACIONES GENERALES***

En los últimos años, ha crecido la preocupación por el impacto que tienen las diversas actividades humanas sobre el medio. Dado el relevante papel que juega la industria de la construcción en el crecimiento y progreso de las sociedades actuales, el desarrollo de estrategias de sostenibilidad adquiere especial importancia en este ámbito.

Desde la Unión Europea se ha realizado en este sentido un esfuerzo notable para desarrollar normativas y tratar de armonizar las ya existentes en los diferentes países, a fin de establecer un marco regulatorio común en el que se inscriben las acciones a llevar a cabo para garantizar un impacto mínimo y controlado sobre el medio, tanto en las etapas de obtención de materias primas y fabricación de productos de la construcción, como en las de su vida útil y su destino final (como residuos o en un posible reciclaje).

La implementación de la Directiva de Productos de la Construcción (CPD) ha permitido establecer un marco operativo al que se encuentran sujetos los productos de la construcción en sus etapas de vida en servicio, mientras que la Directiva de Residuos concierne la etapa de tratamiento como residuo.

Desafortunadamente, la complejidad y el alcance de estas dos directivas hacen que la información relativa a normativas de carácter ambiental que afectan a los productos de construcción sea en ocasiones dispersa y desestructurada, dificultando así su correcta aplicación.

#### ***1.2. OBJETIVOS***

El objetivo principal de este trabajo es la recopilación y organización de la normativa ambiental vigente aplicable a los productos de la construcción en el ámbito de la Unión Europea. Para ello, se ha procedido a estudiar el marco legislativo desarrollado por la Directiva de Productos de la Construcción y la Directiva de Residuos. Asimismo, se han

analizado las diferencias en la aplicación de la CPD en diferentes países de la Unión Europea.

Dado que es comúnmente aceptado que, por lo que se refiere a los productos de la construcción y desde el punto de vista medioambiental, la mayor amenaza está constituida por la potencial emisión de contaminantes desde los materiales hacia los suelos, aguas superficiales y aguas subterráneas, este trabajo se ha acotado a aquellos apartados de las directivas anteriormente mencionadas concernientes al estudio y regulación de estos fenómenos.

El análisis de la información obtenida ha permitido la identificación de la necesidad de disponer de herramientas que estructuren y faciliten el acceso a dicha información, por lo que a tal efecto se ha llevado a cabo el desarrollo de una página web y un programa informático (*Calc-Leach*).

### ***1.3. ESTRUCTURA DE LA MEMORIA***

En el Capítulo 2 de esta memoria se describe el marco teórico en el que se realiza el trabajo, prestando especial atención al ciclo de vida de los materiales de construcción y a la estructura legislativa en la que se desarrollan las directivas de la Unión Europea, así como las normativas que de ella emanan.

En el Capítulo 3 se analiza la normativa vigente en relación al impacto ambiental de los productos de la construcción a lo largo de su ciclo de vida. Para ello, en primer lugar se describe brevemente la estructura de la Directiva de Productos de la Construcción. A continuación se centra el análisis en los requisitos esenciales que deberán cumplir los productos para garantizar su mercado CE y en los documentos relacionados con su implementación. Puesto que la aplicación de esta Directiva presenta algunas características diferenciales en distintos países de la Unión Europea, se lleva a cabo una comparativa de algunos sistemas nacionales. Seguidamente, se presenta el Reglamento para Productos de Construcción, el cual se encuentra en fase de aprobación por el Parlamento Europeo y que en su día sustituirá a la Directiva 86/106/CE. Por último, se estudia la Directiva de Residuos, aplicable a los productos de la construcción en su fase

final de deshecho y reciclado. En este caso también se encuentra en fase de ser aprobada una nueva Directiva que derogará a las anteriores. El capítulo finaliza con la revisión de las normas estandarizadas concernientes a la valoración ambiental de materiales de construcción, prestando especial atención a la aproximación metodológica que articula la relación entre los diferentes procedimientos.

En el Capítulo 4 se presentan las herramientas desarrolladas para facilitar la organización de la información recogida en el capítulo anterior. Para ello se desarrolló la aplicación *Calc-Leach*, que permite el tratamiento de los resultados obtenidos a partir de los diferentes métodos de estimación de emisión de contaminantes, así como la comparación de estos resultados con las normativas vigentes. La aplicación fue validada a partir de datos experimentales pertenecientes a estudios de valorización de diferentes materiales. Por otro lado, se diseñó una página web que ordena y estructura la información relativa a la normativa ambiental para materiales de construcción.

Finalmente, en el Capítulo 5 se recogen las conclusiones obtenidas a lo largo de la realización del trabajo.



## **Capítulo 2**

### **MARCO TEÒRICO**

#### ***2.1. EL CICLO DE VIDA DE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN***

##### **2.1.1. Consideraciones generales**

Durante décadas se ha mantenido la convicción de considerar los recursos naturales inagotables. En el peor de los casos, el ingenio y la técnica encontrarían nuevos recursos una vez los antiguos se agotaran. Es a partir de la Crisis del Petróleo en los años 70 del siglo XX cuando se desarrolla una corriente de preocupación por los problemas ambientales, que adquieren suficiente relevancia como para poner en peligro la supervivencia de la propia especie humana.

Los problemas ambientales se enfocaban hasta mediados del siglo XX desde una escala local, como la contaminación acústica, contaminación del aire local u olores. Sin embargo, el enfoque actual se dirige al análisis de los problemas a una escala global como los cambios climatológicos o la destrucción de la capa de ozono.

El sector de la construcción y de la obra civil es uno de los que más ha contribuido al desarrollo de la sociedad actual. Al mismo tiempo, la producción de materiales es una de las actividades que más impacto tiene sobre el entorno; costes energéticos (de transporte y producción), agotamiento de recursos naturales, modificación del medio ambiente, etc. [1]

Para tener una idea de la magnitud de este sector, a continuación se muestran datos sobre la industria extractiva de áridos. Esta industria cuenta con cerca de 32.000 explotaciones en Europa y su producción anual es de unos 3.310 millones de toneladas, lo que supone un consumo anual por habitante de 7,1 toneladas. El número de empresas del sector se sitúa en unas 15.500, las cuales dan empleo a 425.000 trabajadores [2].



Tabla 1. Datos del sector europeo de los áridos. [2]

DATOS DEL SECTOR EUROPEO DE LOS ÁRIDOS 2006											
	EMPRESAS	EXPLORACIONES	EMPLEO (EN AMARILLO CON EMPLEO INDIRECTO)	PRODUCCIÓN MILLONES DE TONELADAS					TONELADAS POR HABITANTE	PRODUCCIÓN POR EXPLORACIÓN MILLAS DE TONELADAS	
				ARENA Y GRAVA	ROCA TRITURADA	ÁRIDOS RE-CICLADOS Y ARTIFICIALES	TOTAL	%			
ALEMANIA	1.800	5.396	92.625	277	186,5	78,4	541,9	16,4	6,6	100,4	
AUSTRIA	950	1.280	21.400	68	32	3,5	101,5	3,1	12,4	80,6	
BÉLGICA	183	267	1.830	13,9	38	12	63,9	1,9	6,1	239,3	
CROACIA	150	200	7.000	35	25	1	61	1,8	13,6	305,0	
DINAMARCA	400	400	3.000	58	0,3	1	59,3	1,8	11,0	148,3	
ESLOVAQUIA	175	213	3.700	8,9	16,9	0,2	26	0,8	4,8	122,1	
ESPAÑA	1.625	1.950	86.000	170	314	1,5	485,5	14,7	10,8	249,0	
FINLANDIA	400	3.350	3.000	54	46	0,5	100,5	3,0	19,3	30,0	
FRANCIA	1.760	2.680	17.200	168	232	25	425	12,8	7,0	158,6	
IRLANDA	350	450	5.100	54	79	1	134	4,0	33,5	287,8	
ITALIA	1.796	2.460	14.000	225	145	7,5	377,5	11,4	6,5	153,5	
NORUEGA	740	4.600	2.600	15	38	0,2	53,2	1,6	11,3	11,6	
PAÍSES BAJOS	135	185	4.200	44,5	50	25	119,5	3,6	7,3	645,9	
POLONIA	3.450	2.550	53.500	115	43	8,8	166,8	5,0	4,3	65,4	
PORTUGAL	331	367	4.081	15	82		97	2,9	9,2	271,7	
SUECIA	120	2.440	3.500	23	62	2	87	2,6	9,7	35,7	
SUIZA	329	500	3.500	46,5	5,3	5,3	57,1	1,7	7,8	114,2	
REINO UNIDO	350	1.300	88.000	124	85	66	265	8,0	4,4	203,8	
REPÚBLICA CHECA	220	607	3.391	25,5	38	3,4	66,9	2,0	6,6	110,2	
RUMANÍA	350	440	11.600	15,5	6,5	1	23	0,7	1,0	52,3	
TOTAL	15.514	31.605	424.227	1.553,80	1.524,50	233,30	3.311,60	100	7,1	105	
%				46,9	46,0	7,0					

Según datos de la Asociación Española de Fabricantes de Áridos (ANEFA), la producción de áridos supone más del 85% del total de la minería española, en toneladas. Aunque actualmente el sector ha sufrido un ligero retroceso a causa de la situación económica internacional, según las mismas fuentes, en los últimos 15 años el consumo de áridos para la construcción ha crecido cerca del 110 % en España.

A fin de poder establecer el impacto que la producción de los materiales de construcción tienen sobre el medio ambiente, es necesario considerar todas las fases de su ciclo de vida, desde la extracción y procesado de materias primas, hasta su tratamiento como residuo, pasando por las fases de producción o fabricación del material y por la del empleo o uso racional de estos materiales.

Una manera de acercarse a una correcta definición de lo que significa el Ciclo de Vida de un producto sería la que lo define como “conjunto de etapas consecutivas e interrelacionadas del sistema del producto desde la adquisición de las materias primas, o generación de recursos naturales, hasta su eliminación final.” [ISO 14040].

### 2.1.2. Etapas del ciclo de vida de un material de construcción

Las diferentes etapas del ciclo de vida de un material de construcción se esquematizan en la figura siguiente:

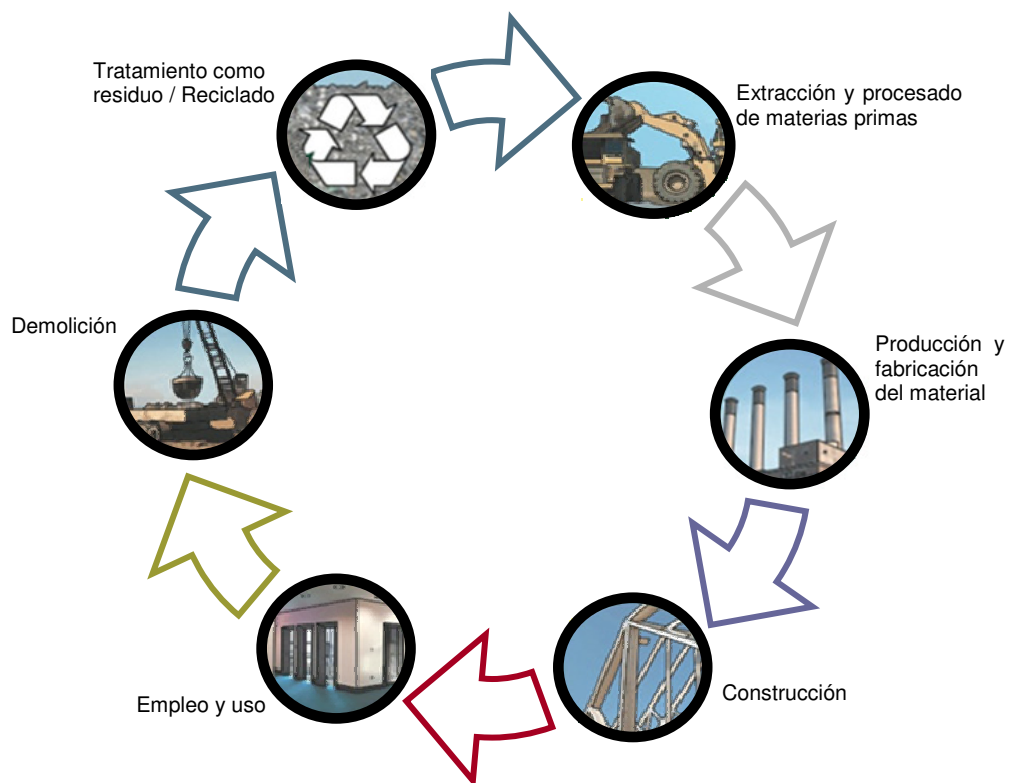


Figura 1. Ciclo de vida de los materiales de construcción (Elaboración propia).

#### **A. Extracción y procesamiento de materias primas**

Se trata de la primera etapa del ciclo de vida de un material de construcción. Consiste en la obtención y el posterior tratamiento de materias primas. Se conoce como materias primas a los materiales extraídos de la naturaleza que sirven para transformar la misma y construir bienes de consumo.

Los mayores impactos medioambientales asociados a las actividades de extracción de materiales son típicamente el agotamiento de los recursos naturales, los desechos generados por la propia actividad y el consumo de energía [3].

### **B. Producción y fabricación del material**

En esta fase se elabora el material en sí y se ajusta para la obtención de un producto. Se entiende por producto todo aquello que es capaz de satisfacer una necesidad. La fase de producción o fabricación de los materiales de construcción representa igualmente otra etapa de su ciclo de vida con abundantes repercusiones medioambientales. Esto viene asociado al consumo de energía, a emisiones a la atmósfera de CO<sub>2</sub>, polvo en suspensión, ruidos y vibraciones, vertidos líquidos al agua, residuos y el exceso de consumo energético.

### **C. Construcción**

Llegado a este punto del ciclo, el material es empleado en la construcción para la cual ha sido diseñado. Se trata de una de las etapas más importantes del ciclo ya que es la culminación de las fases anteriores. En ella se utilizan muchos materiales distintos, por tanto, en la construcción confluyen las diversas normativas de los materiales en sí y las normativas del uso de los materiales de construcción en cada caso en particular. Ello da lugar a un extenso y complejo entramado normativo.

### **D. Empleo y uso**

En esta fase, las consideraciones relativas al impacto ambiental están relacionadas con la emisión de sustancias nocivas tanto en interior (afectando a la salud), como al exterior (afectando a la calidad de aire, agua y suelo).

### **E. Demolición**

Demolición es lo contrario de construcción, es decir, la destrucción de aquello existente. Los impactos ambientales más importantes que se generan durante esta etapa son la formación de polvo y la producción de residuos. Se conocen habitualmente como escombros, la gran mayoría de los cuales no son contaminantes; sin embargo, algunos residuos con proporciones de amianto, fibras minerales o disolventes y aditivos de hormigón pueden ser perjudiciales para la salud.

### **F. Tratamiento como Residuos / Reciclaje**

Por último, la fase final del ciclo de vida de los materiales de construcción coincide con su tratamiento como residuo. Además de provenir de la demolición de obras al final de

su vida útil, también pueden originarse como materiales de rechazo de obras de nueva planta o de reformas.

Una vez llegado a este punto, el ciclo de vida de una material de construcción volvería a empezar. Los productos obtenidos a través del reciclaje se incorporarían a la primera etapa del ciclo sustituyendo parcialmente a las materias primas naturales.

No cabe ninguna duda y está totalmente asumido que la correcta evaluación del comportamiento medioambiental de un producto debe de hacerse teniendo en consideración todo su ciclo de vida. Por otro lado, el ciclo de vida completo de los productos de la construcción es de una gran complejidad, ya que está compuesto por varios subsistemas conectados entre sí en forma de flujo progresivo, los cuales se inician con la adquisición de las materias primas, pasando por otros subprocesos intermedios, hasta llegar al final de su vida útil cuando son llevados a vertederos. El proceso completo del ciclo de vida tal como se ha descrito suele denominarse “desde la cuna a la tumba”. La posibilidad de la existencia de posteriores etapas de reutilización y reciclado puede modificar este ciclo.

A lo largo del ciclo de vida, se producen continuas interrelaciones entre el entorno, los flujos de material y energía, y los productos y emisiones ubicados dentro o fuera de los límites del sistema considerado. La necesidad de estudiar, desde el punto de vista medioambiental, todas estas interrelaciones exigen el empleo de métodos fiables que valoren y cuantifiquen sus efectos.

Entre los parámetros cuantificables para el estudio están incluidos los relacionados con el consumo de materias primas, consumo de agua y energía, emisiones de efluentes líquidos, emisiones de gases a la atmósfera, residuos sólidos, generación de coproductos, etc. Actualmente existen varias herramientas para la gestión en términos ambientales de los sistemas en estudio. Entre ellos cabe destacar los que se muestran en la Tabla 2 [4].

Tabla 2. Herramientas para la gestión ambiental. [4]

<b>RA</b>	<b>Risk Assessment</b>	<i>Análisis de riesgo ambientales</i>
<b>EIA</b>	<i>Environmental Impact Assessment</i>	<i>Estudio del impacto ambiental</i>
<b>E Au</b>	<i>Environmental Auditing</i>	<i>Auditoria ambiental</i>
<b>EPE</b>	<i>Environmental Performance Evaluation</i>	<i>Evaluación del comportamiento ambiental</i>
<b>SFA</b>	<i>Substance Flow Analysis</i>	<i>Análisis del flujo de sustancia</i>
<b>EMA</b>	<i>Energy and Material Analysis</i>	<i>Análisis de material y energía</i>
<b>ISCM</b>	<i>Substance Chain Management</i>	<i>Gestión integral de sustancia</i>
<b>PLA</b>	<i>Product Line Analysis</i>	<i>Análisis de línea de producto</i>
<b>LCA</b>	<i>Life Cycle Assessment</i>	<i>Análisis del ciclo de vida</i>

En el apartado siguiente y a modo de ejemplo, se describen los principios básicos de la metodología denominada Análisis de Ciclo de Vida.

### 2.1.3. Análisis del ciclo de vida

El Análisis del Ciclo de Vida, *Life-Cycle Assessment* en inglés (de ahora en adelante, LCA), es un proceso objetivo para identificar, graduar y evaluar los impactos ambientales en todas las partes del ciclo de vida de un producto, un proceso o una actividad. Según la norma ISO 14040, el LCA se define como “*una técnica para determinar los aspectos ambientales e impactos potenciales asociados a un producto (o servicio) mediante un inventario de las entradas y salidas relevantes del sistema, una evaluación de los impactos ambientales potenciales asociados a esas entradas y salidas y una interpretación de los resultados de las fases de inventario e impacto en términos de los objetivos del estudio*”.

Hasta finales de los años 80, el Análisis del Ciclo de Vida consistió principalmente en estimaciones de emisiones y se usó más frecuentemente en la evaluación interna de alternativas de embalaje. Es en los 90 cuando su aplicación se amplía a campos como los de materiales de construcción, productos químicos, coches o industrias de electrónica.

Con la variedad creciente de aplicaciones, surgió la necesidad de estandarizar procedimientos a fin de explorar los modos para mejorar y ampliar las capacidades del

LCA. La Organización Internacional de Estandarización (ISO) comenzó a desarrollar tales estándares. En el año 1997 se publicó la *Norma ISO 14040 - Norma sobre Gestión Ambiental – Análisis de Ciclo de Vida – Principios y estructura*. En 2006, la ISO publicó una segunda edición de los estándares del Análisis del Ciclo de Vida: la *Norma ISO 14040 – Dirección Ambiental – Evaluación del Ciclo de Vida – Principio y marco* junto con la *Norma ISO 14044 – Dirección Ambiental – Evaluación del Ciclo de Vida – Exigencias y Pautas*. Estas normas anulan y sustituyen a la anterior y proporcionan la guía para la evaluación de impacto y las fases de interpretación del Análisis del Ciclo de Vida. La figura siguiente muestra las etapas que debe cumplir la realización de un LCA:

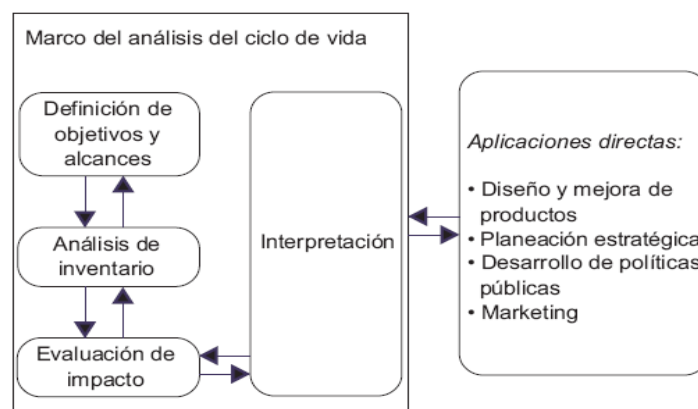


Figura 2. Marco del Análisis del Ciclo de Vida (ISO 14040).

### **Definición de objetivos y alcances**

Se realiza con el fin de programar correctamente el estudio. Tiene como objetivo agrupar dos tipos de informaciones. En primer lugar, trata de esclarecer cuáles son las metas del estudio, y en segundo lugar, establece los límites de carácter temporal y geográfico para el estudio.

### **Análisis del inventario**

En esta fase, se identifican y cuantifican los aspectos o cargas medioambientales a lo largo del ciclo de vida del producto. En definitiva, se trata de inventariar las emisiones al aire, agua y suelo, así como el consumo de recursos en todas y cada una de las etapas del ciclo.

### **Evaluación de impacto**

Cada una de las distintas cargas ambientales cuantificadas en el Inventario del Ciclo de Vida son causa de uno o varios impactos ambientales. Esta fase consiste en la identificación y evaluación de estos impactos generados en el ciclo de vida del producto. El fruto final de esta fase es una cuantificación de impactos por categorías.

### **Interpretación**

En esta última fase del LCA, los resultados anteriores deben ser reunidos, estructurados y analizados. Con ellos se genera un informe con las conclusiones que puedan dar respuestas a las cuestiones que anticipadamente fueron definidas en los objetivos y alcance del estudio.

Es importante tener en cuenta que la gravedad de un determinado impacto o categoría de impactos puede ser muy diferente de unas regiones a otras, en función de la situación socioeconómica, de las condiciones ambientales o los recursos naturales.

## ***2.2. ESTRUCTURA LEGISLATIVA***

### **2.2.1. Introducción**

La Unión Europea pretende, en último término, el establecimiento de un mercado único en el cual los productos puedan circular con la garantía de cumplir unas especificaciones independientemente del lugar de origen. Esto toma cuerpo en el mercado CE.

El mercado CE es un logotipo, creado por la Comunidad Europea, que se aplica sobre un producto dando la conformidad de que el fabricante del producto se ha asegurado de que satisface las disposiciones de la legislación correspondiente. Es muy importante remarcar que el mercado CE es obligatorio y que, en ningún caso, se podría considerar el mercado como una marca de origen de la Unión Europea, ni una marca de calidad, ya que estas son voluntarias y deben responder además de los requerimientos de la legislación, a otros adicionales establecidos por la Entidad de Certificación.

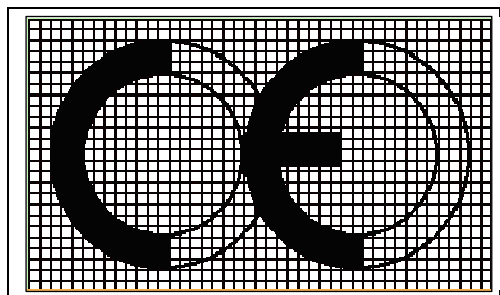


Figura 3. Marcado CE.

Los fabricantes que no ponen el Marcado CE a sus productos deben saber que asumen un riesgo de responsabilidad penal en caso de accidente, al no tener acreditado el cumplimiento de los requisitos esenciales de seguridad de sus productos. Además van a perder la oportunidad de negocio al ser rechazados como proveedores por sus clientes.

Por tanto, el marcado CE es un requisito indispensable para comercializar un producto en cualquier país de la UE, y cuando se coloca sobre él indica que éste es conforme con los requisitos esenciales de la legislación comunitaria, la cual varía en función del producto. En el ámbito técnico, los instrumentos legislativos son las directivas y los reglamentos.

Los Reglamentos son disposiciones de obligado cumplimiento, tanto en sus objetivos como en los medios utilizados para alcanzarlos, y directamente aplicables en los Estados Miembros, siendo su eficacia inmediata una vez publicado en el DOCE (Diario Oficial de la Comunidad Europea). Las directivas europeas son documentos legislativos, emitidos por el Parlamento Europeo y el Consejo de la Unión Europea, que establecen requisitos esenciales para los productos, con objeto de garantizar la seguridad y el bienestar de los ciudadanos europeos. Los estados que pertenecen a la Unión Europea deben adaptar su legislación nacional a las directivas, de tal forma que se facilita el libre comercio en un mercado único, donde exista un reconocimiento mutuo de capacidad técnica entre los estados y se armonicen criterios y especificaciones.

La armonización legislativa en la Unión Europea se fundamenta en el establecimiento de una serie de requisitos, específicos en cada directiva, que se consideran esenciales. La conformidad de los productos con los requisitos esenciales se consigue mediante el



cumplimiento de una serie de normas armonizadas o de unas especificaciones técnicas comunes.

A continuación, se procederá a la descripción detallada del funcionamiento de una directiva en si, para posteriormente poderla aplicar a la Directiva de Productos de la Construcción y la Directiva de Residuos.

### **2.2.2. Desarrollo y elementos de una directiva**

El objetivo de una directiva es poner el marcado CE en un producto, para ello se requiere un seguido de organismos intermediarios, a la vez que distintos documentos, los cuales son necesarios para la aplicación del marcado. En este apartado se pretende enfatizar en estos organismos, como también en los documentos necesarios para que los productos cumplan los requisitos mínimos esenciales para la libre circulación en la Unión Europea.

#### **2.2.2.1. Organismos**

##### El Comité Europeo De Normalización (CEN)

Con el objetivo de facilitar la evaluación de la conformidad del producto y también para establecer unas bases comunes de capacidad técnica entre los estados, la Comisión Europea impulsa el desarrollo de normas europeas y otras especificaciones técnicas. Éstas son elaboradas por un organismo llamado Comité Europeo de Normalización (CEN). El comité está formado por los 30 Organismos Nacionales de Normalización de los diferentes Estados de la Unión Europea y por la Asociación Europea de Libre Comercio, los cuales trabajan juntos para desarrollar Normas Europeas (EN).

El CEN dispone de un Comité Técnico de Normalización (CEN/TC) especializado en cada tema, quien sopesa las normas existentes establecidas y contesta con argumentos a posibles cambios o mejoras. Los Comités Técnicos se basan en la recopilación de normas existentes que estaban reguladas en algún Estado miembro de la Unión Europea, para la realización de las nuevas normas. Sin embargo, en algunos casos, el trabajo empieza desde cero al no existir precedentes.

Una vez realizadas y aprobadas las normas realizadas por los Comités Técnicos de Normalización, los Estados disponen de 9 meses para adaptar dichas normas a través de los distintos Organismos Nacionales de Normalización. La tabla 3 muestra la norma y el Organismo de actuación en cada Estado miembro de la Unión Europea.

Tabla 3. Listado de Normas Nacionales y Organismos Nacionales de Normalización de la Unión Europea. [5]

ESTADO	NORMA	ORGANISMO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN
 Alemania	DIN	DIN Deutsches Institut für Normung (DIN)
 Austria	ÖNorm	Österreichisches Normungsinstitut (ON)
 Bélgica	NBN	Bureau De Normalisation (NBN)
 Bulgaria	BIS	Bulgarian Institute for Standardization (BDS)
 Chipre	CYS	Cyprus Organization for Standardization (CYS)
 Dinamarca	DS	Dansk Standard (DS)
 Eslovaquia	STN	Slovak Standards Institute (SUTN)
 Eslovenia	SIST	Slovenian Institute for Standardization (SIST)
 España	UNE	Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR)
 Estonia	EVS	Eesti Standardikeskus (EVS)
 Finlandia	SFS	Finnish Standards Association SFS (SFS)
 Francia	NF	Association française de normalisation (AFNOR)
 Grecia	ELOT	Hellenic Organization for Standardization (ELOT)
 Holanda	NEN	Nederlands Normalisatie-instituut (NEN)
 Hungría	MSZ	Magyar Szabványügyi Testület (MSZT)
 Irlanda	IS	National Standards Authority of Ireland (NSAI)
 Islandia	IST	Icelandic Standards (IST)
 Italia	UNI	Ente Nazionale Italiano di Unificazione (UNI)
 Letonia	LVS	Latvian Standard (LVS)
 Lituania	LST	Lithuanian Standards Board (LST)

	Luxemburgo	DIN	Service de l'Energie de l'Etat (SEE)
	Malta	MSA	Malta Standards Authority (MSA)
	Noruega	NS	Standards Norway (SN)
	Polonia	PN	Polish Committee for Standardization (PKN)
	Portugal	IPQ	Instituto Português da Qualidade (IPQ)
	Rumania	SR	Asociatia de Standardizare din România (ASRO)
	República Checa	CSN	Czech Standards Institute (CNI)
	Suecia	SS	Swedish Standards Institute (SIS)
	Suiza	SNV	Schweizerische Normen-Vereinigung (SNV)
	Reino Unido	BS	British Standards Institution (BSI)

---

### Organismos notificados

Los organismos notificados son unos agentes de vital importancia para la puesta en práctica de las Directivas europeas. Se trata de organismos, fundamentalmente de carácter privado, aunque también pueden ser públicos, a los que se les asignan las obligaciones que tradicionalmente habían desarrollado las Administraciones públicas. Su función es comprobar que los fabricantes de los distintos sectores industriales se encarguen de realizar las certificaciones, inspecciones, controles de vigilancia, ensayos, etc., que se establecen obligatoriamente por las Directivas europeas, sustituyendo los reglamentos anteriores. Son las Administraciones públicas de los distintos Estados quienes notifican a estos organismos a medida que se van poniendo en vigor las Directivas en los distintos sectores industriales.

Una vez la Directiva entra en vigor requiere la intervención de los organismos para que realicen las tres tareas para demostrar que el producto cumple los requisitos o especificaciones técnicas y pueden llevar, por tanto, el marcado CE. Estas tareas son las de: certificación, inspección y ensayos. La certificación es necesaria para efectuar la conformidad de acuerdo con normas de procedimiento y de gestión establecidas. La inspección lleva a cabo, de acuerdo con criterios específicos, tareas como la evaluación, aceptación e inspección de las operaciones de control de calidad del fabricante, la selección y evaluación de los productos. Por último, los ensayos se realizan en

laboratorios que miden, examinan, prueban, calibran o determinan por otros medios las características o el rendimiento de los materiales o de los productos.

#### **2.2.2.2. Documentos**

##### Documentos interpretativos

Las directivas establecen una serie de requisitos esenciales para los productos, unos generales y otros particulares de diseño y fabricación. Los requisitos esenciales generales básicamente establecen tres exigencias:

- Los productos deben diseñarse y fabricarse de forma que su utilización no comprometa la salud o la seguridad de los seres humanos. Para ello deben eliminarse o reducirse hasta niveles tolerables los riesgos asociados con su uso, e informar y proteger de los riesgos que no puedan eliminarse.
- Los productos deben presentar las prestaciones declaradas por el fabricante.
- Los productos deben mantener las prestaciones declaradas durante su periodo de validez y en las condiciones previstas de utilización o almacenamiento.

Una vez establecidos y aprobados los "Documentos Interpretativos" en una Directiva por la Comisión Europea, el desarrollo de la Directiva se continúa a través de los "Mandatos", y la elaboración de "normas armonizadas" por el CEN junto con otros documentos llamados "Documentos Guía", con carácter orientativo para el desarrollo de la Directiva.

##### Mandatos

Un Mandato recoge la suma de todos los reglamentos, normas, ensayos, etc., que estaban regulados en todos los Estados miembros de la UE, para cada una de las familias de productos.

Una vez establecido el Mandato, se le encarga al Comité Europeo de Normalización (CEN) que prepare la correspondiente norma, recogiendo todas aquellas características

que se consideraban necesarias para cumplir con los “requisitos esenciales” de la Directiva y ser declaradas en el mercado CE por los fabricantes. Así van surgiendo los mandatos para las diferentes familias de productos.

### Normas Europeas Armonizadas

Las Normas Europeas Armonizadas son aquel conjunto de normas realizadas por un Comité Técnico del CEN, en base a un mandato asociado a una familia de productos. Cada Estado miembro de la UE se encargará de traducir las normas a su idioma a través de su Organismo de Normalización, para convertirse en las llamadas “normas nacionales, transposición de norma armonizada” y que serán las que los fabricantes tendrán que conocer bien para adaptar sus productos y poder declarar el mercado CE en ellos.

En resumen, una norma armonizada es una norma europea que cumple con los requisitos esenciales de seguridad, salud, medioambiente, etc. de la Directiva, pues ha sido aceptada por la Comisión Europea al haber cumplido e incluido las características del mandato.

Es muy importante decir que estas normas, al igual que cualquier otra norma europea, contienen los capítulos y apartados habituales, pero tiene una diferencia fundamental y es que, al final de cada una, existe un anexo especial, el “Anexo ZA”. Se trata de un anexo especial en el que se incluyen todos los detalles que han de ser considerados para el mercado CE. Cualquier norma europea existente sobre cualquier producto no será armonizada ni podrá utilizarse para el mercado CE si no lleva el anexo ZA, el cual es imprescindible.

### Otras normas

Además de las normas armonizadas que establecen las características de los productos, también se está desarrollando un amplísimo cuerpo normativo constituido por todas aquellas normas europeas, fundamentalmente de ensayos, que se citan en las normas armonizadas y que en el argot de la Directiva se conocen como normas de “apoyo”.

### La Declaración de Conformidad CE

Otro documento de especial importancia para el mercado CE y que deben de conocer y tener muy en cuenta los fabricantes es la llamada “Declaración de conformidad CE”. Una vez realizadas las tareas establecidas en el anexo ZA de la correspondiente norma armonizada, anteriormente comentado, el fabricante puede empezar a poner el marcado CE en el producto. El fabricante se ve obligado a realizar un documento con el que se responsabiliza de haber colocado el marcado CE de forma correcta cumpliendo con la especificación de la norma y que ha aplicado correctamente el sistema de evaluación que le ha tocado. Como se ha dicho antes, el Anexo ZA indica cual debe ser el contenido de la declaración. Ésta será redactada en el idioma oficial del Estado en el que se va a comercializar el producto, y en ningún caso en un idioma autonómico, aunque estos siempre podrán ser añadidos voluntariamente.

### Evaluación de la Conformidad

En el caso de la evaluación de la conformidad, y al igual que con los mandatos, los productos se agrupan en diferentes familias, donde cada una de ellas tiene un sistema de comprobación o valoración de la conformidad con las especificaciones técnicas que se consideraban más adecuadas para garantizar mejor el cumplimiento de los requisitos esenciales de la Directiva.

Son documentos muy simples en los que en unas tablas se indica el producto, el uso previsto y el número del sistema de evaluación a aplicar (1+.1, 2+, 2, 3 ó 4). A continuación se muestran las características de cada sistema de evaluación de la conformidad:

#### Sistemas 1+ ó 1

Se tendrá que acudir a un organismo de certificación para obtener el “*certificado de conformidad*” del producto, pero sabiendo que en el proceso puede intervenir también un organismo de inspección (del control de producción) y un laboratorio de ensayo (ensayos).

### Sistema 2+

Se deberá acudir también a un organismo de inspección, que vigilará periódicamente el control de producción para obtener de igual forma el “*certificado de conformidad*”, se tendrán que hacer los ensayos iniciales de tipo bajo la responsabilidad del fabricante.

### Sistema 2

Es el mismo caso del sistema 2+ con la diferencia de que sólo se le realizará una única inspección inicial del control de producción en fábrica.

### Sistema 3

Se solicitará los servicios de un laboratorio de ensayo, que le realice los ensayos iniciales de tipo, requeridos por el producto y también en este caso corre por cuenta del fabricante el tener un control de producción en fábrica.

### Sistema 4

Basta con tener el control de producción implantado y realizar los ensayos iniciales de tipo en el laboratorio propio o subcontratado

### **2.2.2.3. Disposiciones**

Una vez conocido el sistema de evaluación de la conformidad que va a afectar al producto (publicado en la correspondiente Decisión del DOUE), y cuando el CEN ya tiene disponible y aprobada la correspondiente norma armonizada, la Comisión publica un acto administrativo en su Diario Oficial que oficializa en el ámbito europeo las fechas significativas del mercado CE. Ningún país puede modificar las fechas de entrada en vigor establecidas.

## Capítulo 3

### MARCO LEGISLATIVO VIGENTE

#### **3.1. LA DIRECTIVA DE LOS PRODUCTOS DE LA CONSTRUCCIÓN (CPD)**

Si nos centramos en el tema de estudio de los materiales de construcción, el punto de referencia normativo es la Directiva de Productos de la Construcción (CPD). Esta normativa afecta no sólo a los fabricantes de los materiales de construcción, sino también a todos los agentes que intervienen en el proceso constructivo (arquitectos, ingenieros, aparejadores, constructores...). Es indispensable comentar que la directiva está limitada en la vida en servicio de los materiales, y no las etapas posteriores.

Con esta Directiva se pretendió eliminar aquellas dificultades técnicas que imposibilitaban la libre circulación de los productos, armonizando de esta forma una serie de características y ensayos divergentes entre los diferentes estados de la Unión Europea. La existencia de especificaciones técnicas, pruebas, ensayos, etc., diferentes en cada estado para un mismo producto, generaba una serie de problemas que impedían la libre circulación de los productos. Además, si un fabricante quería circular su producto tenía que satisfacer unas características y normas diferentes a las de su estado, por lo tanto existía una gran dificultad de introducirse en otros mercados. Así pues, esta directiva pretende eludir aquellas barreras técnicas existentes en el campo de la construcción.

##### **3.1.1. Descripción de la CPD**

El 21 de diciembre de 1988 se aprueba la Directiva 89/106/CEE relativa a la aproximación de las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas de los Estados Miembros sobre los productos de construcción. Tres meses más tarde, el 11 de febrero de 1989, fue publicada. [6]

A los efectos de la presente Directiva se entiende por producto de construcción como: “cualquier producto fabricado para su incorporación con carácter permanente a las obras de construcción, incluyendo tanto las de edificación como las de ingeniería civil”.



Los productos de construcción únicamente se podrán comercializar si son idóneos para el uso al que se destinan. Para ello deberán cumplir una serie de requisitos esenciales para cumplir su finalidad prevista, lo cual conduce a que los productos deberán garantizar, con su marcado CE, que una vez incorporados a las obras, éstas los satisfacen. Estos requisitos se concretan en la CPD en seis Documentos Interpretativos:

1. Estabilidad y resistencia mecánica: Las cargas a que sea sometida la obra durante su construcción y utilización no deben producir resultados como:

- Caída de toda o parte de la obra.
- Deformaciones importantes y deterioro de otras partes de la obra.
- Daño por accidente de consecuencias desproporcionadas respecto a la causa principal.

2. Seguridad en caso de incendio: Deben reunir las condiciones precisas para que, en caso de incendio:

- Se mantenga la capacidad de sustentación durante un tiempo determinado.
- Se limite la aparición y propagación del fuego y del humo.
- Se limite la propagación del fuego a obras vecinas.
- Los ocupantes tengan tiempo de abandonar la obra o ser evacuados.
- Se mantenga la seguridad de los equipos de rescate.

3. Higiene, salud y medioambiente: No deben suponer una amenaza para la higiene y la salud de los ocupantes o vecinos, ante determinadas circunstancias:

- Las fugas de gas tóxico.
- La emisión de radiaciones peligrosas.
- La contaminación del agua o del suelo.
- Los problemas de evacuación de aguas, de humos o de residuos.
- La presencia de humedad.

4. Seguridad de utilización: No debe de existir riesgo de peligro o daño en su utilización a consecuencia de:

- Resbalones.
- Caídas.
- Colisiones.

- Quemaduras o electrocución.
- Explosiones.

5. Protección contra el ruido: No se deben percibir los ruidos de forma que su nivel altere en los ocupantes:

- El sueño.
- El descanso.
- El trabajo.

6. Ahorro de energía y aislamiento térmico: Las características de la obra deben permitir:

- Que las condiciones climáticas externas no incidan, especialmente, en sus ocupantes.
- Que las instalaciones de calefacción, refrigeración y ventilación no tengan un consumo excesivo de energía.

Es importante destacar que en la Directiva los requisitos esenciales los deben cumplir las obras, mientras que las características que cumplirán los productos son las que garantizan que al final las obras cumplan con los requisitos esenciales. Así, los Documentos Interpretativos constituyen el nexo de unión entre los requisitos de las obras y las especificaciones que deberán cumplir los productos.

Una vez establecidos estos documentos interpretativos que forman parte de la Directiva, se desarrollan los requisitos esenciales en forma de especificaciones técnicas, que en este caso pueden ser de dos formas:

- a) Normas armonizadas europeas realizadas por Comités Técnicos del CEN con arreglo a mandatos de la Comisión Europea.
- b) Documentos de Idoneidad Técnica Europea (DITE) que valoran la adecuación de un producto para su uso.

En el apartado 2.2.2. (tabla 3) se enumeran los Organismos de actuación en cada Estado miembro de la Unión Europea, los cuales se encargan de adaptar las normas








armonizadas, como también la información referente a las Normas Armonizadas Europeas, las cuales son aplicables a la Directiva de Productos de la Construcción.

Los DITE se aplican en los casos para los cuales no existen ninguna norma armonizada, una norma nacional reconocida o un mandato de norma europea y, que no se puede, o que todavía no se puede, elaborar una norma.

La Organización Europea para la Idoneidad Técnica, (*European Organization for Technical Approval*, EOTA) nace de la Directiva 89/106/CEE de productos de construcción, y tiene como fin elaborar estos Documentos de Idoneidad Técnica Europea. A continuación se muestran los diferentes organismos nacionales notificados por los Estados para realizar esta tarea.

Tabla 4. Listado de Organismos Nacionales de la Unión Europea para la elaboración de los DITE. [5]

ESTADO	ORGANISMO NACIONAL NOTIFICADO
 Alemania	Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt)
 Austria	Österreichisches Institut für Bautechnik (OIB)
 Bélgica	BUtgb-Bouw-Goedkeuring en Voorschriften (BOCOVA)
 Chipre	Central Laboratory - Public Works Department
 Dinamarca	ETA-Danmark A/S
 Eslovaquia	Technicky a Skúšobný Ústav Stavebný (TSUS)
 Eslovenia	Zavod ZA Gradbeništvo Slovenije (ZAG)
 España	Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (IETcc) Institut de Tecnologia de la Construccio de Catalunya (ITeC)
 Estonia	Tallinn University of Technology (TUT)
 Finlandia	VTT Technical Research Centre of Finland
 Francia	Centre Scientifique et Technique du Batiment (CSTB) Service d'études sur les transports, les routes et leurs aménagements (SETRA)
 Grecia	Hellenic Organization for Standardisation (ELOT)

		Stichting Bouwkwaliiteit (SBK)
		INTRON Certificatie BV
	Holanda	Stichting Keuringsbureau Hout (SKH)
		IKOB-BKB BV
		Certificatie Instelling Stichting BMC
		Stichting Kwaliteit Gevelbouw (SKG)
		KIWA N.V., Certification and Inspection
		TNO Bouw en Ondergrond
		TNO Certification BV
	Hungría	ÉPÍTÉSÜGYI MINOSÉGELLENORZO INNOVÁCIÓS KHT (ÉMI Kht)
	Irlanda	Irish Agrément Board (IAB)
		National Standards Authority of Ireland
	Islandia	Innovation Centre Iceland (NMI)
	Italia	Servizio Tecnico Centrale della Presidenza del Consiglio Superiore LL. PP.(STC)
		Centro Studi ed Esperienze Antincendi dell Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco (CSEA)
		Istituto per le Tecnologie della Costruzione (ITC)
	Letonia	ETA-Latvia
		Building Department of the Ministry of Economics
	Lituania	Statybos Produkcijos Sertifikavimo Centras (SPSC)
		SE Certification Centre of Building Products
	Luxemburgo	Laboratoire des Ponts et Chaussées
	Noruega	SINTEF Building and Infrastructure (SINTEF)
	Polonia	Instytut Techniki Budowlanej (ITB)
	Portugal	Laboratorio Nacional de Engenharia Civil (LNEC)
	República Checa	Technical and Test Institute for Construction (TZUS)

		Centrum stavebního inženýrství a.s. (CSI) The Centre of Building Construction
	Suecia	Swedish Institute for Technical Approval in Construction (SITAC)
	Suiza	Swiss Federal Laboratories for Materials Testing and Research (Empa)
		British Board of Agrément (BBA)
		BRE Certification Ltd., Inc. BRE Certification, LPCB & WIMLAS
	Reino Unido	UK Cares
		BM Trada Certification Limited
		Warrington Certification Limited
		FM Approvals Limited

---

Además de las Normas Armonizadas y los Documentos de Idoneidad Técnica que establecen las características de los productos, también se está desarrollando un amplísimo cuerpo normativo constituido por todas aquellas normas europeas, fundamentalmente de ensayos, que se citan en las normas armonizadas y que en el argot de la Directiva se conocen como normas de “apoyo”. Un caso de este tipo de normas son los Eurocódigos. Se componen por un conjunto de normas europeas que establecen los aspectos de cálculo y diseño de los elementos estructurales y que quedarán citados en todas aquellas normas armonizadas de productos con una función resistente.

Los Eurocódigos establecen métodos que permiten proyectar y verificar la estabilidad de las obras de construcción o de partes de las mismas, así como dar a los productos de construcción estructurales las dimensiones necesarias.

### **3.1.2. Descripción de sistemas nacionales**

A continuación se muestra el análisis de varios sistemas nacionales acerca de la aprobación de los productos de la construcción en Europa. Los países seleccionados son Alemania, República Checa, Polonia, Francia, Bélgica, Países Bajos, Suecia, Reino Unido y España. Con estos países se puede observar un panorama representativo de los actuales sistemas de autorización europeos. [6]

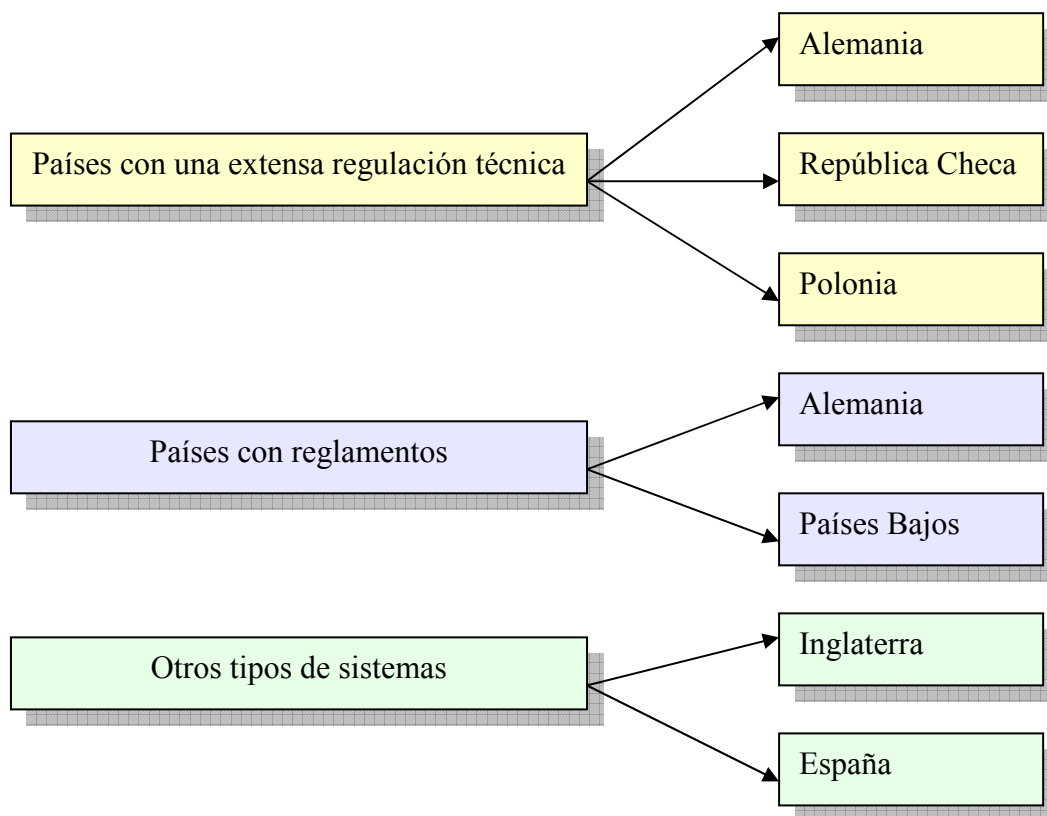


Figura 4. Clasificación de sistemas nacionales.

### 3.1.2.1. Países con una extensa regulación técnica

Entre los países representativos con una extensiva regulación técnica encontramos a Alemania, Polonia y la República Checa. Se trata de países, los cuales poseen un extenso reglamento técnico relativo a los productos de construcción. En estos países el sistema de regulación nacional dificulta la adaptación a la CPD. Sin embargo, la existencia de un mercado nacional diferente abarcaría productos no cubiertos por el mercado CE.

En el caso de Alemania hay que tener en cuenta que se trata de una federación de dieciséis estados llamados *Länder* (país o estado en alemán) o, de forma no oficial, *Bundesländer* (estado federado). Todos ellos surgidos de más de una treintena de reinos y principados. Cada uno de los dieciséis estados federados tiene su propio gobierno y parlamento (*Landtag*). A diferencia del sistema español de Comunidades Autónomas, todos los estados federados alemanes tienen los mismos poderes y competencias. Así pues, los reglamentos de construcción varían de estado a estado, y se establecen en el Código de Construcción de los Estados (*Landesbauordnungen*). El

*Landesbauordnungen* emite la Lista de normas técnicas para las obras (*Liste der Technische Baubestimmungen*). Esta lista contiene las normas técnicas, con referencia a las normas DIN, para la planificación, diseño y elaboración de obras de construcción. El Instituto Alemán para Técnica de Construcción (*DIBt, Deutsches Institut für Bautechnik*), tiene la tarea de hacer esta lista en nombre de los Estados federados. Por otro lado, las normas alemanas DIN cuentan con un estatuto oficial y se hacen obligatorias para la construcción de proyectos y en la elaboración de los productos de la construcción, la fabricación de elementos y sistemas constructivos.

La Directiva de los Productos de Construcción se incorporó en la legislación alemana el año 1992, por medio de la Ley sobre Productos de Construcción (*Bauprodukten-gesetz*) en el Código de la Construcción (*Musterbauordnung*) mediante una lista llamada B (*Bauregelliste B*) dejando en la lista A los demás productos. En la primera se incorporan todos aquellos productos que, de acuerdo con las disposiciones de los Estados miembros de la Unión Europea, pueden comercializarse en el mercado con el marcado CE. Esta lista B se subdivide en dos partes:

- Lista B1: productos puestos en el mercado cubiertos por las normas hEN, ETA o ETAGs.
- Lista B2: productos puestos en el mercado con marcado CE sobre la base de otras directivas, y que no cumplan todos los requisitos esenciales bajo la CPD (son necesarias las comprobaciones oportunas para la aplicabilidad del producto).

En Alemania se exige que todos los productos de construcción (regulados y no regulados), que se aplican para un uso determinado, tengan el marcado Ü (*Ü-Zeichen*) o el marcado CE. El marcado Ü puede ser una declaración de conformidad del fabricante (UH), una declaración de conformidad del fabricante con un ensayo de tipo inicial (UHP) o un certificado de conformidad expedido por un organismo de certificación (UZ).

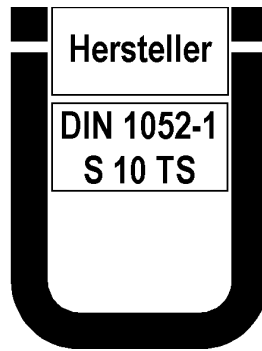


Figura 5. Marcado alemán Ü.

La industria alemana afirma que las características de los productos de construcción alemanes son tradicionalmente mejores que las impuestas por las normas europeas. El alto nivel de calidad, seguridad y compatibilidad con el medio ambiente que las normas DIN alemanas representan, junto con el extenso sistema alemán de calidad y las declaraciones de un alto grado de aplicación de las normas DIN, implican una calidad en los productos superior.

La aplicación de la CPD ha influido mucho en la estructura de las normas alemanas. El sistema de la industria de la construcción alemana es muy bueno pero no encaja bien con el mercado europeo. No es de extrañar que los arquitectos y contratistas alemanes se encuentran entre los más fuertes críticos del sistema de la CPD.

Al igual que en Alemania, en la República Checa existe una marca nacional para indicar la conformidad de aptitud de un producto para un determinado uso en la construcción. Esta marca se denomina CZZ, y es obligatoria para comercializar productos no cubiertos por la marca CE.

Los productos originarios de la UE señalizados con el marcado CE se pueden distribuir en República Checa, sin embargo, el uso de la ZCC puede ser solicitado por fabricantes, importadores o distribuidores si lo consideran ventajoso para sus negocios. Ambas marcas no pueden utilizarse en el mismo producto, por la cual cosa el fabricante elegirá la opción que más le convenga en cada producto determinado.



En Polonia se utiliza, al igual que en Alemania y la República Checa, un mercado diferente, el mercado B. Este mercado es similar al *Ü-Zeichen* alemán y el checo CCZ, en que muestra el cumplimiento de las especificaciones técnicas nacionales. El mercado se denomina B porque es la primera letra de la palabra *bezpieczeństwo* (seguridad).

La Ley de Construcción Polaca requiere el mercado CE o B. El mercado B es obligatorio para los productos que aún no se han desarrollado especificaciones técnicas armonizadas europeas y para los que el mercado CE aún no es obligatorio.

### **3.1.2.2. Países con reglamentos**

Tanto los Países Bajos como Suecia, son representativos por tener reglamentos basados en el nivel de la construcción (en términos de rendimiento). En estos países no hay tradición de regular los productos de la construcción sino que lo que se regula es la construcción en si. Hay un control sobre el plan de trabajo y la ejecución. En estos casos el mercado CE aparece conjuntamente con documentos que vinculan las características del producto con la reglamentación de construcción.

En el caso de Holanda sus reglamentos de construcción a nivel nacional se unifican en el Decreto de construcción de 2003 (*Bouwbesluit de 2003*) y en la *Building Materials Decree* (BMD). Los reglamentos de construcción dan los requisitos sobre el nivel de la construcción, y no en el nivel de construcción de los productos (no hay tradición de regular los productos de construcción en los Países Bajos).

A diferencia de Alemania, que tiene un estricto control de los productos y los constructores, los Países Bajos tienen un estricto control de los planes de trabajo y para los inspectores de la construcción. El solicitante de un permiso de construcción tiene que demostrar en detalle que el plan cumplan los reglamentos de construcción técnica.

El mercado CE es aceptado como una “declaración de calidad” si va acompañado de un documento vinculado que hace de conexión entre las características del producto y los requisitos de los reglamentos de construcción.

En Suecia, desde 1985, el permiso de construcción sólo abarca aspectos de planificación y no tiene los requisitos técnicos en cuenta. El propietario es responsable de cumplir las exigencias de la reglamentación técnica. Además del marcado CE, el mercado sueco ofrece certificados voluntarios con el marcado P. La marca P cubre, además de las características del marcado CE, otras características, sin embargo, no es reconocida por el gobierno.

### 3.1.2.3. Países con normas basadas en sistemas de certificación

Entre el grupo de países que basan sus normas en riesgos, sistemas de seguridad y certificación, encontramos a Francia y Bélgica. En ellos se elaboran normas impulsadas para la aprobación de sistemas de trabajo. Normas y guías determinadas por organismos públicos además del reglamento oficial (en caso de haberlo). Se incorporan como normas nacionales. Tanto en el caso francés como en el belga la certificación voluntaria compone un elemento esencial en la aplicación de la normativa.

En el sistema francés el Código de la Construcción y la Vivienda (*Code de la Construction et de l'Habitation, CCS*) comprende las normas legislativas y reglamentos referentes a la construcción.

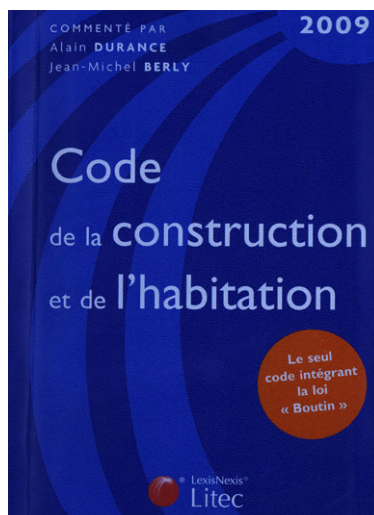


Figura 6. Código de la Construcción y la Vivienda francés.

Es importante decir, que una parte considerable de los requisitos técnicos en Francia no está establecido en el reglamento oficial público, sino que las normas y guías están determinadas por organismos públicos. Las más importantes son:

- Las normas francesas (*Normes Francaises*), publicadas por la organización nacional de normalización AFNOR. En ellas se definen las características de los productos como pruebas de rendimiento, métodos de construcción, entre otras.
- Los DTU's, Documentos Técnicos Unificados. No son una simple compilación de recomendaciones, sino que supone la recopilación de las reglas del arte unánimemente admitidas en un momento dado.

La CPD se aplica mediante los Eurocódigos en el sistema regulador francés a través de las normas de la Unión Europea, que están siendo incorporadas como nuevas *Normes Francais*. Este es un proceso lento, sobre todo cuando las normas europeas se consideran inferiores a las normas francesas, al igual que ocurre en Alemania.

En 2004, las autoridades francesas, CSTB, AFNOR y ocho organizaciones profesionales (FFB, CAPEB, FNPC, *Unión Sociale pour l'habitat*, COPREC, UNSFA, *Syntec Ingénierie*, MCIC) firmaron un acuerdo, conocido como el "Plan Europa", para promover y acompañar la aplicación de la CPD. El Plan de Europa consta de una serie de acciones como estas:

- Producción de "euro-compatible" DTU's, para cada familia de productos de construcción.
- Redacción de guías profesionales y documentos de las autoridades contratantes y los contratistas principales.
- Elaboración de guías para facilitar la aplicación de los Eurocódigos y la simplificación de los métodos de cálculo.
- Establecimiento de una "lista permanente de productos de construcción" (*Repertoire Permanent des Products de Construction*, RPPC). El propósito de esta guía es que los diseñadores e ingenieros puedan elegir los productos, para simplificar las especificaciones de las relaciones entre los actores del proceso de construcción, y proporcionar información sobre aspectos de seguros (la patología, los accidentes, etc) por la cual la seguridad de las obras puede ser evaluada.

AIMCC (la asociación francesa de fabricantes de productos de construcción) y las organizaciones profesionales francesas de la industria de la construcción son conscientes de que el mercado CE tiene un impacto en la construcción. Por lo tanto, como representantes de la industria, definirán las normas que constituirán una base técnica para la evaluación de los riesgos. Estas organizaciones se suman al proyecto el "Plan Europa'

Es posible que el Plan Europa sea un medio para eliminar obstáculos al comercio de los fabricantes franceses que quieren exportar a otros países europeos, pero no por ello es más fácil para los productores que deseen vender productos en Francia.

Existen muchas leyes que se refieren a la edificación y la construcción en Bélgica, pero no hay reglamentos de construcción como tal. Actualmente están en vigor las normas NBN, las cuales son emitidas por el Instituto Belga de Normalización (BIN), y las Prescripciones Técnicas (PTV's), documentos elaborados por un instituto técnico.

Los productos de construcción que cumplan con una norma NBN (con o sin una PTV) pueden obtener el mercado belga BENOR, y puede mostrar aptitud para el uso en la construcción.

La directiva se adaptó a la legislación belga el de 25 de marzo de 1996. La aplicación de las especificaciones europeas en la construcción nacional es un proceso lento y complejo.

En Bélgica no se ha producido el desarrollo que ha tenido lugar en muchos otros países europeos, donde los reglamentos de construcción han sido reescritos en los últimos años para adoptar la forma de requisitos de rendimiento o funcionales declaraciones.

A diferencia de otros países, Bélgica no tiene un conjunto de reglamentos de construcción, y la mayoría de los requisitos y las normas están escritos en una forma prescriptiva. La aplicación de las especificaciones técnicas europeas en la normativa belga será un proceso lento, y se realiza principalmente mediante la revisión de las normas nacionales NB.

Al igual que en Francia, la certificación voluntaria desempeñará un papel muy importante en la satisfacción de las necesidades de construcción de control de calidad.

#### **3.1.2.4. Países con otro tipo de sistemas**

Un caso que debería considerarse a parte es el del Reino Unido, el cual es un país con mucha confianza en el mercado voluntario de los sistemas impulsados y sin muchas normas escritas.

La directiva se aplicó en el Reino Unido en el año 1991. En el Reino Unido los reglamentos de construcción se encuentran bajo una ley, El Reglamento de construcción (*The Building Regulations*). El Departamento de Comunidades y Gobierno Local (DCLG) es responsable en el Reino Unido para la aplicación de la DPC.

La directiva se ha aplicado en el Reino Unido por la ley sobre productos de construcción, que entró en vigor el 1 de enero de 1995. Estos reglamentos establecen los requisitos para los productos de construcción para estar legalmente en el mercado del Reino Unido, y las condiciones para los productos que llevarán el mercado CE. No hay vigilancia de los mercados de mercado CE de por sí, pero el comercio de las normas oficiales en Inglaterra, Gales y Escocia y los funcionarios de salud ambiental en Irlanda del Norte hacer controles aleatorios si se piensa que un producto es peligroso. En caso afirmativo puede exigir que el producto sea modificado o retirado, y si es necesario enjuiciar a los directores de la empresa.

El mercado CE no es obligatorio en el Reino Unido para los productos de construcción, y hasta ahora pocos fabricantes ponen el mercado CE en sus productos en el mercado británico. Sin embargo esto está empezando a cambiar.

El Reino Unido no tiene un sistema de normas, ni códigos, como puede ser el caso del sistema alemán, por otro lado, también carece de documentos técnicos y de idoneidad técnica como pueden ser los del sistema francés.

La certificación de productos es siempre voluntaria, y se utiliza principalmente para fines de marketing para los productos. Desde el mercado CE no tiene ningún valor comercial, es hasta ahora sólo utilizadas por los fabricantes a vender continental Europa, y no es en absoluto necesaria la construcción de las autoridades de control.

Otro país a destacar sería España, en el cual los materiales y la construcción se basan en los reglamentos. La Directiva de Productos de la Construcción se transpone en la legislación española como el Real Decreto 1630/1992 por el que se dictan disposiciones para la libre circulación de productos de construcción.

La Directiva y su transposición en España expresa que la responsabilidad del mercado CE y su correcta tramitación y colocación recae en el fabricante (o su representante legal establecido en la Unión Europea). Esto significa que aunque el fabricante se haya apoyado en un organismo notificado, la responsabilidad ante las autoridades correspondientes es suya, y si hubiera habido alguna irregularidad del organismo, eso tendría que ser demostrado posteriormente. Entonces, desde la fecha final del período de coexistencia, que equivale a decir la fecha de entrada en vigor del mercado CE, que veremos publicada para cada norma armonizada primero en el DOUE y después en el BOE, el fabricante debe poner el mercado CE en sus productos. [5]

Los Organismos autorizados para la concesión de los Documentos de Idoneidad Técnica Europea y a los que los fabricantes deben acudir para la obtención del mismo, en la medida en que se va estableciendo la entrada en vigor del mercado CE son el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (IETcc) y el Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya (ITeC). Por otro lado, existe la Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR). Esta entidad, como organismo nacional de normalización, es el responsable de la traducción y publicación de las diferentes normas armonizadas que vayan apareciendo para el mercado CE de los productos. [6]

### **3.1.3. Reglamento para los productos de la construcción**

Como se ha comentado anteriormente, el objetivo de la Directiva de Productos de la Construcción 89/106/CEE es garantizar la libre circulación y utilización de los productos de construcción en el mercado interior.

En octubre de 2005, la Comisión lanzó un programa permanente de simplificación y mejora de la legislación existente. El objetivo de esta estrategia es conseguir que la legislación sea menos gravosa, más fácil de aplicar y, por tanto, más efectiva. La simplificación de la Directiva de Productos de la Construcción 86/106/CE es una de las iniciativas de esta estrategia. Para ello se ha recurrido a la realización de un Reglamento para Productos de Construcción (*Construction Products Reglament, CPR*), el cual se encuentra en fase de aprobación por el Parlamento Europeo y que en su día sustituirá a la Directiva 86/106/CE.

Según el propio Reglamento, su finalidad es: *“aportar claridad y al mismo tiempo reducir la carga administrativa, en especial para las pequeñas y medianas empresas (PYME), gracias a una mayor flexibilidad en la formulación y el uso de especificaciones técnicas, a unas normas de certificación menos estrictas y a la eliminación de los obstáculos en la aplicación de la normativa que han venido dificultando la creación de un auténtico mercado interior de los productos de construcción”*.

Así pues, para mejorar el funcionamiento del mercado interior de los productos de construcción, la Comisión Europea ha propuesto la sustitución de la Directiva de Productos de la Construcción 89/106/CEE por un nuevo Reglamento que pretende eliminar los últimos obstáculos reglamentarios y técnicos a la libre circulación de los productos de construcción en el Espacio Económico Europeo (EEE).

Los productos de construcción se unifican en diferentes grupos, como pueden ser cementos, aislantes térmicos o puertas. La propuesta aspira a introducir un «lenguaje técnico común» para expresar el rendimiento de todos estos productos, aportando así más simplificación y claridad en comparación con la situación actual. También aclara los procedimientos que conducen al mercado CE, a fin de reducir costes para los fabricantes garantizando al mismo tiempo que la declaración de rendimiento que acompaña al producto sea exacta y fiable. Asimismo, se introducen medidas específicas para facilitar la vida a las microempresas.

El objetivo es garantizar una información fiable y exacta sobre el rendimiento de los productos de construcción, mejorando la credibilidad de las normas, pero también introduciendo criterios nuevos y más estrictos para los organismos notificados y consolidando la vigilancia del mercado.

La propuesta contiene reglas precisas para determinar las obligaciones de todos los agentes económicos. En especial, se definen claramente las situaciones en que los fabricantes han de realizar una declaración de rendimiento. Esto ofrecerá a los fabricantes la opción de declarar el rendimiento de sus productos rebasando los requisitos mínimos vigentes.

Los principales cambios con relación a la situación actual son los siguientes [7]:

- 1. Claridad:** el significado específico del marcado CE para los productos de construcción se determina con claridad, y establece con precisión las obligaciones de los fabricantes y de los importadores.
- 2. Simplificación:** la propuesta incluye un gran número de medidas concebidas para simplificar el camino hacia el mercado CE, reduciendo de esta manera la carga administrativa para las empresas, particularmente para las microempresas.
- 3. Credibilidad del sistema:** La propuesta introduce criterios nuevos y más estrictos para la notificación de los organismos que intervienen en el proceso de evaluación y verificación de la legislación.

Tal y como se ha mencionado en el apartado anterior, los Reglamentos son disposiciones de obligado cumplimiento, tanto en sus objetivos como en los medios utilizados para alcanzarlos, y directamente aplicables en los Estados Miembros, siendo su eficacia inmediata una vez publicado en el DOCE. La Directiva, a diferencia del Reglamento, no pretende la unificación del derecho, sino la armonización de las legislaciones nacionales.

Mientras que una regulación directamente se aplica, una directiva tiene que ser transportada en leyes nacionales en el plazo señalado en la misma. Así pues, la ventaja



de una regulación sobre una directiva consiste en que todos los aspectos de una regulación tienen ser puesto en práctica en la misma manera a través de todos los Estados Miembros, así reduciendo el potencial para diferenciar interpretaciones.

### **3.2. LA DIRECTIVA DE RESIDUOS**

La construcción origina un volumen importante de residuos. Tanto en trabajos previos al inicio de una obra como durante su ejecución, es frecuente tener que derribar, reformar o rehabilitar una gran cantidad de ellas, lo cual genera una importante cantidad de materiales de deshecho.

Hasta los años ochenta los residuos se eliminaban de forma incontrolada en cualquier rincón de nuestra geografía. A día de hoy, existe una legislación que hace especial hincapié, por un lado, en la necesidad de que los Estados miembros de la Unión Europea adopten medidas preventivas que minimicen la generación de residuos y, por otro, en la regulación de la eliminación de los mismos, debiéndose procurar el máximo aprovechamiento de los residuos, así como la minimización de su impacto final sobre el medio.

En el gráfico siguiente se puede apreciar la evolución, en un periodo de once años, de la cantidad de residuos por persona y año en cada país miembro de la Unión Europea. En ella se constata que los países han aumentado la cantidad de residuos a lo largo de este tiempo. Por el contrario, también hay países que han reducido la cantidad. Entre ellos destaca el caso de Eslovenia y Bulgaria, los cuales son países que durante este periodo de tiempo han entrado a formar parte de Unión Europea y es comprensible la necesidad de reducir estas cuantías de residuos. Otro hecho podría ser por la consecuencia de distintos ritmos de aplicación de las directrices medioambientales, o bien por las distintas condiciones socioeconómicas de cada país.

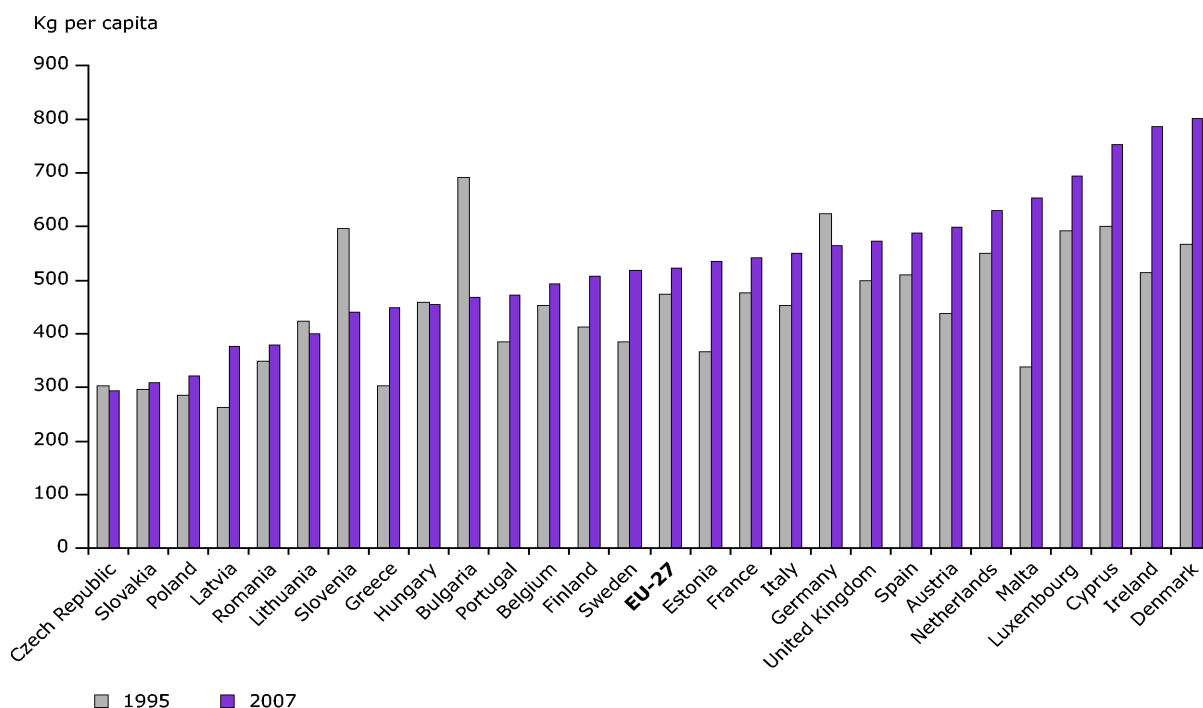


Figura 7. Cantidad de residuos por persona y año en cada país miembro de la Unión Europea. [8]

En vista del aumento cuantitativo de residuos en los distintos países de la Unión Europea, hecho que se evidencia en la grafica, desde la Comisión de la Unión Europea se desarrollan distintas directivas en relación a la elaboración de medidas preventivas que minimicen la generación de residuos, a la vez que se regula su eliminación. Estas Directivas han ido evolucionando y cambiando conjuntamente con la transformación y progreso de los modos de vida de los distintos países.

### 3.2.1. Directivas que dan lugar a la Directiva vigente

En el siguiente apartado se pretende enfatizar en las distintas directivas, todas ellas relacionadas con la elaboración de productos, y que se han ido modificando a lo largo del tiempo para adaptarse mejor a las distintas necesidades en cada momento concreto. Por ello se pretende dar a conocer las directivas Europeas que se han ido aplicando hasta llegar a la directiva vigente hoy en día, como también comentar la directiva que se espera que entre en vigor alrededor del 2010. [9] Con ello se quiere mostrar cómo las directivas están en constante cambio y evolución.

Para poder entender de una forma más clara los contenidos de estas directivas seguidamente se muestran una serie de conceptos, que se ha creído necesario definir, según la terminología utilizada por la Unión Europea [5].

- **Residuo:** cualquier sustancia u objeto del cual su poseedor se desprenda o tenga la intención o la obligación de desprenderse.
- **Gestión de residuos:** la recogida, el transporte, la valorización y la eliminación de los residuos, incluida la vigilancia de estas operaciones, así como el mantenimiento posterior al cierre de los vertederos, incluidas las actuaciones realizadas en calidad de negociante o agente.
- **Prevención:** medidas adoptadas antes de que una sustancia, material o producto se haya convertido en residuo.
- **Valorización:** cualquier operación cuyo resultado principal es que el residuo sirva a una finalidad útil.
- **Reciclado:** toda operación de valorización mediante la cual los materiales de residuos son transformados de nuevo en productos, materiales o sustancias, tanto si es con la finalidad original como con cualquier otra finalidad.

### **3.2.2. La directiva vigente**

Si nos centramos en las directivas vigentes en relación a los residuos de productos de construcción, éstas se dividen en dos tipos de normativas. Las primeras establecen unos requisitos técnicos estrictos para los residuos y los vertidos con el objeto de prevenir o reducir los efectos ambientales negativos del vertido de residuos. Las segundas constituyen un marco normativo para la gestión, recuperación y correcta eliminación de los residuos. [10]

#### **3.2.2.1. Admisión y vertido de residuos**

Actualmente existen dos normativas que hacen referencia a la admisión y vertido de residuos. Por un lado la Directiva 99/31/CE del Consejo de 26 de abril 1999 relativa al vertido de residuos y por otro, la Decisión 2003/33/CE del Consejo de 19 de diciembre de 2002 por la que se establecen los criterios y procedimientos de admisión de residuos en los vertederos con arreglo al artículo 16 y al anexo II de la Directiva 1999/31/CEE.

La Directiva 99/31/CE tiene por objeto prevenir o reducir los efectos ambientales negativos del vertido de residuos, y en particular por lo que respecta a las aguas de superficie, las aguas subterráneas, el suelo, el aire y la salud humana. Enumera las distintas categorías de residuos (residuos municipales, peligrosos, no peligrosos, inertes) y se aplica a todos los vertederos, definidos como emplazamientos de eliminación de los residuos mediante el depósito de los residuos en la superficie o bajo tierra.

La Decisión del Consejo de Europa 2003/33/CE - Admisión a vertedero establece la aplicación de los criterios y procedimientos de admisión de residuos en vertederos. Por medio de esta normativa se establecen los límites a los que han de ajustarse determinadas sustancias que deben ser analizadas tanto en el lixiviado como en el propio residuo, y que son relevantes a efectos de la gestión en vertedero. La normativa insta procedimientos de operación, entre los que se incluyen:

- Caracterización básica del residuo, en la que se deberán realizar una serie de pruebas para conocer su composición, grado de homogeneidad, comportamiento de la lixiviación, etc.
- Pruebas de conformidad en las que se comprueba, en los flujos regulares del residuo, si el residuo vertido se ajusta a los resultados de la caracterización básica y cumple los criterios de admisión pertinentes.
- Inspección visual antes y después de su descarga, a fin de comprobar que el residuo es el mismo sometido a caracterización básica y a las pruebas de conformidad.
- Examen de la documentación reglamentaria donde figura descrito el residuo.

#### **3.2.2.2. Gestión, recuperación y correcta eliminación de los residuos**

En este caso coexisten dos directivas, la Directiva 91/689/CEE del Consejo, de 12 de diciembre de 1991, relativa a los residuos peligrosos, y la Directiva 2006/12/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 5 de abril de 2006 relativa a los residuos. La primera de ellas establece disposiciones para los residuos peligrosos. Estas disposiciones complementan la Directiva 2006/12/CE, que introduce un marco para la gestión de los residuos.

Por lo que se refiere a la Directiva relativa a los residuos peligrosos, éstos se clasifican en anexos en varias listas según sus categorías, constituyentes, características o propiedades que presentan. Los Estados deben velar por que los residuos peligrosos sean identificados e inventariados y no se mezclen ni entre ellos ni con residuos no peligrosos, a menos que se hayan tomado las medidas necesarias para salvaguardar la salud pública y el medio ambiente.

Por otra parte, el principal objetivo de la última Directiva es conseguir una regulación coherente de la gestión y de la valorización de los residuos y alcanzar así un alto nivel de protección del medio ambiente. Para ello, los Estados miembros, deben adoptar medidas encaminadas a limitar la producción de residuos y deben elaborar planes de gestión de residuos para poder alcanzar estos objetivos. La Directiva 2006/12/CE excluye de su ámbito a los efluentes gaseosos y otras tipologías de residuos que ya están contemplados por una reglamentación específica (residuos radiactivos, residuos minerales, residuos de origen animal, residuos agrarios, aguas residuales y explosivos desclasificados).

### **3.2.3. La futura directiva de residuos**

Siguiendo la línea de actuación de los últimos años, la política europea pretende evitar que los Estados miembros se encaminen hacia una gestión de residuos finalista, basada en un crecimiento desmesurado de los residuos, en los que posteriormente hay que invertir elevadas cantidades de dinero para una gestión “adecuada” de los mismos. El 2007 el Parlamento Europeo, propuso por parte de la Comisión Europea, crear una nueva directiva siendo sus objetivos principales promover el reciclaje y reducir la producción de residuos. El 19 de Noviembre de 2008 se aprobó la nueva Directiva de Residuos (Directiva 2008/98/CE). Esta Directiva debe ser puesta en práctica antes del 12 de diciembre de 2010, fecha en la que deroga las Directivas anteriores. Los objetivos de la nueva normativa se pueden resumir en [9]:

- Otorgar un mayor claridad y legibilidad que las antiguas Directivas.
- Implantar una política de prevención más efectiva y ambiciosa, fijando nuevos objetivos de reciclado para el año 2020.
- Establecimiento de una jerarquía: prevención, reutilización, reciclaje, recuperación y eliminación controlada.

- Centrar los esfuerzos en disminuir el impacto en el medio ambiente de la generación y gestión de residuos, reforzando así el valor económico de los residuos.

### **3.3. NORMAS PARA LA EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO AMBIENTAL**

En este apartado se estudia la normativa que se ocupa del establecimiento de procedimientos para la evaluación del comportamiento ambiental de los materiales de construcción.

Está comúnmente aceptado el hecho de que desde el punto de vista medioambiental y por lo que se refiere a los productos de la construcción, la mayor amenaza está constituida por la potencial emisión de contaminantes desde los materiales hacia los suelos, aguas superficiales y aguas subterráneas [11]. Por esta razón, se ha considerado oportuno llevar a cabo la recopilación de los diferentes procedimientos estandarizados a nivel europeo que evalúan este fenómeno. Antes de ello, se describe brevemente cómo a partir del Mandato 366 y el desarrollo del Documento Interpretativo nº3 (Higiene, Salud y Medioambiente) se organizan los diferentes procedimientos en el marco de la valoración ambiental global de un material.

#### **3.3.1. Jerarquización de ensayos para la valoración ambiental**

A principios de 2005 la Comisión Europea dirigió el Mandato 366 a la CEN con la finalidad de preparar los métodos de ensayo con los que evaluar la potencial emisión por parte de los productos de la construcción de sustancias peligrosas a suelos, aguas superficiales y aguas subterráneas. Esta acción tenía el objetivo de desarrollar el documento interpretativo nº 3 de la CPD. [12]

Como resultado de la labor desarrollada por los Comités Técnicos de CEN involucrados en esta labor, surge un enfoque horizontal para la evaluación ambiental de una gran variedad de materiales a partir de su caracterización.

La figura 8 muestra los resultados para el Zn en la aplicación de dos ensayos de lixiviación (dependencia de pH y difusión) a varios morteros de cementos, tanto pórtland como con adiciones. El hecho de que las curvas obtenidas sean tan similares para distintos morteros indica que los mecanismos dominantes en el proceso son los mismos.

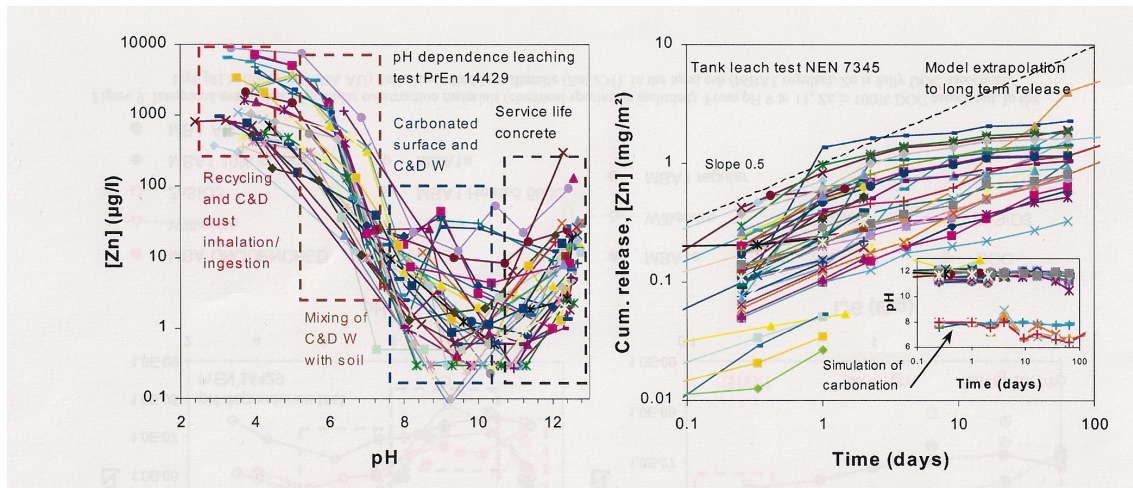


Figura 8. Resultados para el Zinc en la aplicación de los ensayos de dependencia de pH y difusión a varios morteros de cementos. [13]

Así, y puesto que los mecanismos de lixiviación subyacentes en una amplia variedad de materiales son limitados y similares, el enfoque adoptado parte de una caracterización que permita poner de manifiesto estos mecanismos para grupos o familias de materiales [14]. Una vez se ha establecido la caracterización básica de un grupo o una familia de productos de la construcción, los ensayos de cumplimiento son suficientes para demostrar que el producto o material en cuestión cumple con los valores límite establecidos en la normativa.

En la figura 9 se esquematiza el enfoque establecido por esta aproximación, que da lugar a un sistema en el que los diferentes ensayos de lixiviación se organizan en una jerarquización según su función en el marco general del estudio del material.

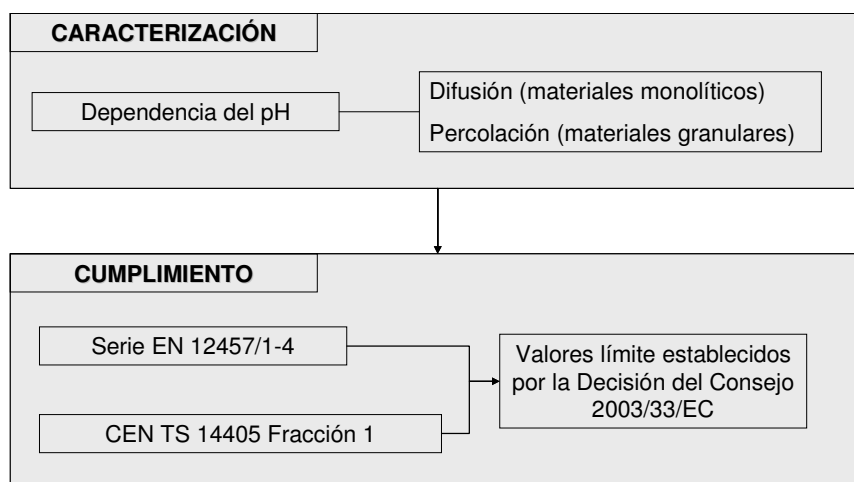


Figura 9. Organización jerárquica de los diferentes ensayos.

Así, en una primera etapa se lleva a cabo la caracterización del comportamiento ambiental y el establecimiento de los mecanismos dominantes de lixiviación para un producto o una familia de productos. En una segunda etapa, los ensayos de cumplimiento tienen como principal objetivo el asegurar que un producto determinado se atiene al comportamiento esperado según lo establecido en la etapa anterior. La realización de los ensayos de cumplimiento comporta la simplificación en las tareas de evaluación, que se limitan de esta manera a la monitorización del material o producto, con el consiguiente ahorro de tiempo y trabajo.

Esta simplificación puede llevarse a cabo de varias maneras [15]:

- Limitar el número de etapas de un test.
- Reducción del número de parámetros a analizar.
- Reducción en la frecuencia de ensayo.

### 3.3.2. Introducción a los procesos de lixiviación

Lixiviación es el proceso por el cual algunos componentes de un material sólido se disuelven de manera total o parcial en un líquido (normalmente agua) con el cual el material ha entrado en contacto.



Evaluar los compuestos lixiviables de un material es fundamental para poder determinar el impacto ambiental que tendrá el uso, el vertido o el reciclaje del material en cuestión. Para ello es necesario conocer no sólo el contenido total en el material de la sustancia contaminante, sino también cuál será la fracción lixiviable en determinadas condiciones. Un elemento tóxico puede ser menos peligroso, desde el punto de vista medioambiental, si se encuentra fijado a la matriz del material que otro que se encuentre en menor cantidad pero que tenga una gran movilidad, es decir, una gran capacidad para pasar del material al medio.

La figura 10 muestra los tres niveles a tener en cuenta cuando se estudia la lixiviación de una especie. Por una parte, está la concentración total de la especie en el material. Por otra parte, la fracción movilizable. La diferencia entre la concentración total y la fracción movilizable debe atribuirse a la fracción de la especie en cuestión que se encuentra inmovilizada por la matriz mineralógica del material. Finalmente, hay que considerar cuál será la fracción realmente lixiviable en un escenario y una aplicación determinados, bajo unas condiciones específicas.

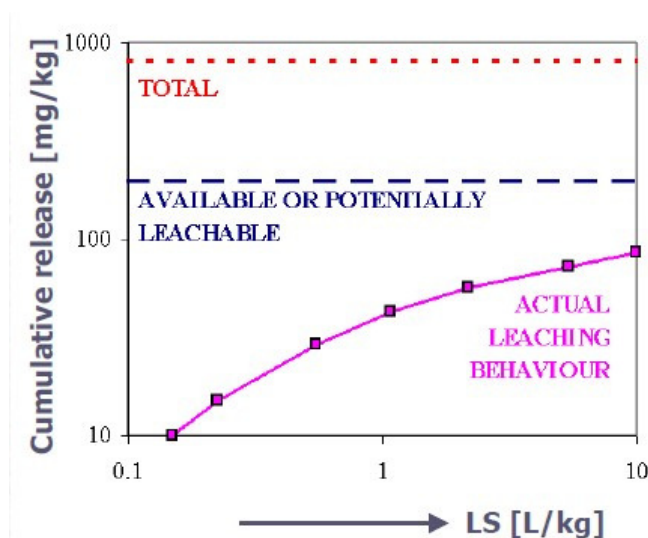


Figura 10. Visualización de los tres niveles a tener en cuenta en el estudio de la lixiviación, [11]

La cantidad de contaminante que un material emite al medio se encuentra determinada por los mecanismos químicos y físicos que dominan la lixiviación en un escenario específico.

Los mecanismos químicos que controlan la lixiviación de una especie son:

- a) La disolución o solubilización de una fase.
- b) Los procesos de adsorción/desorción.
- c) En el caso de especies altamente solubles, la disponibilidad o el contenido total de dicha especie.

Por otro lado, los principales mecanismos físicos o de transporte que juegan un papel importante en la lixiviación son:

- a) Transporte advectivo, o percolación del líquido lixivante a través del material.
- b) Transporte en ausencia de flujo, o difusión.
- c) Lavado superficial.

La tabla 5 muestra, de manera resumida, los principales factores químicos, físicos y ambientales que afectan la lixiviación.

Tabla 5. Principales factores químicos, físicos y ambientales que afectan la lixiviación.

<b>Factores químicos</b>	<b>Factores físicos</b>	<b>Factores ambientales</b>
pH y capacidad neutralizadora	Tamaño de partícula	Resistencia a la erosión
Potencial redox	Porosidad	Intrusión de sales
Materia orgánica	Permeabilidad	Régimen de precipitaciones
Fuerza iónica del lixivante	Tortuosidad	Temperatura
	Geometría	Tiempo de contacto entre el material y el lixivante
		Ciclos humedad/sequedad

Se pueden distinguir dos grandes grupos de materiales en relación al comportamiento de lixiviación, los monolíticos y los granulares. Las figuras 11 y 12 muestran esquemáticamente cuáles son los mecanismos y factores dominantes en cada uno de estos grupos.

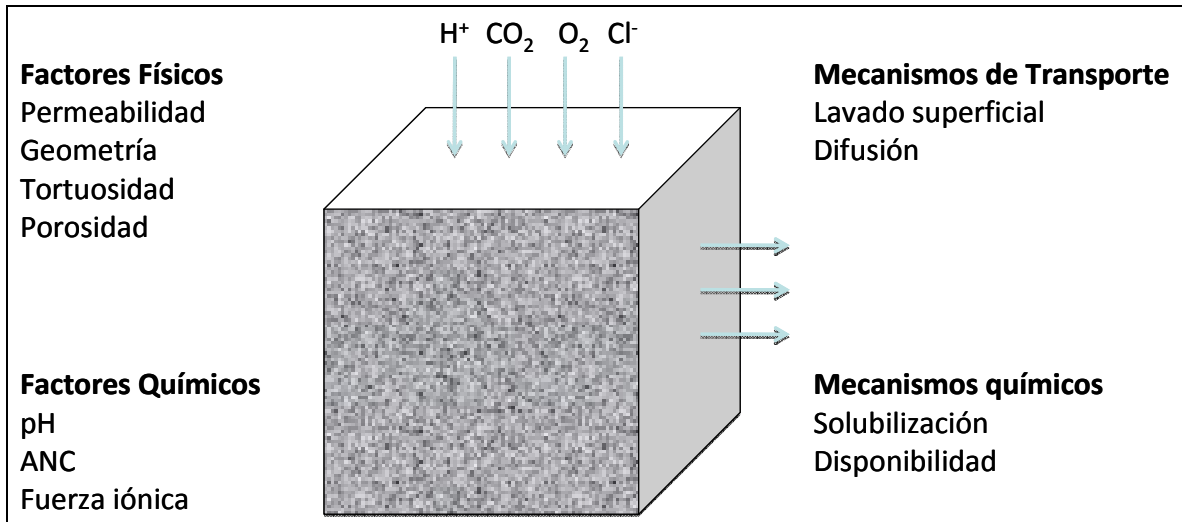


Figura 11. Principales factores químicos, físicos y ambientales que afectan la lixiviación de materiales monolíticos. [11]

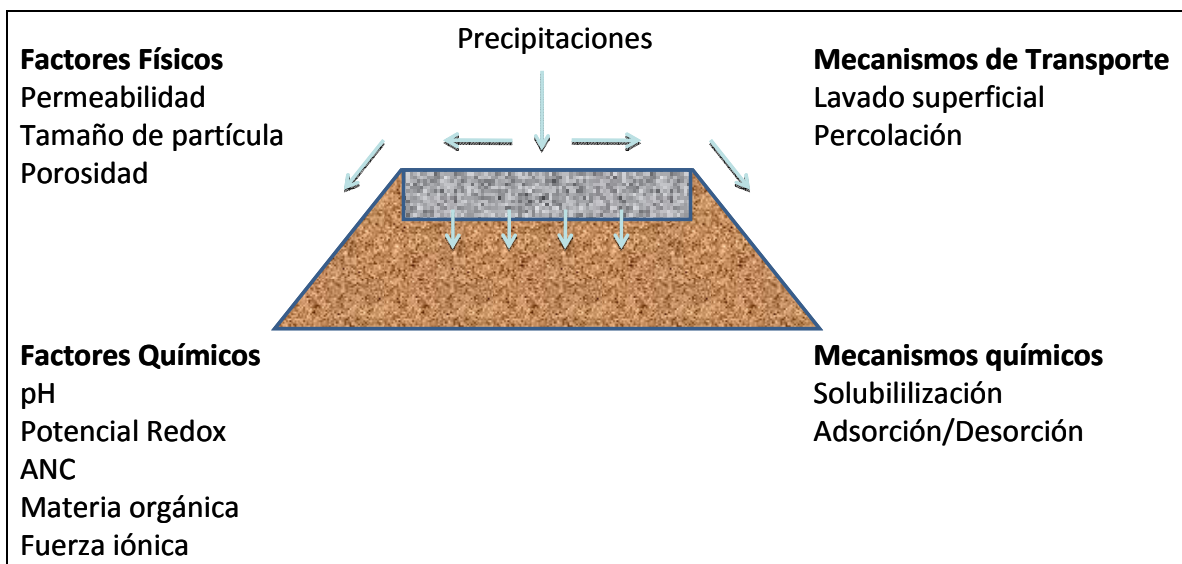


Figura 12. Principales factores químicos, físicos y ambientales que afectan la lixiviación de materiales granulares. [11]

### 3.3.3. Conceptos generales sobre ensayos de lixiviación

Es fundamental destacar que las concentraciones determinadas en un lixiviado que se ha obtenido mediante un ensayo de lixiviación, en general no se pueden relacionar directamente con el impacto que dicho material tiene en el suelo, en las aguas superficiales o en las aguas subterráneas. El lixiviado en un ensayo de lixiviación refleja la emisión de contaminantes bajo las condiciones impuestas por el ensayo. La

extrapolación de los resultados obtenidos en un ensayo de lixiviación a un escenario específico o a una escala temporal determinada se realiza mediante la aplicación de modelos hidrogeológicos más o menos complejos.

Los parámetros que definen un ensayo de lixiviación, es decir, que tienen incidencia en el resultado obtenido, son:

- pH de lixiviación, que es combinación del pH del lixivante y la capacidad neutralizadora del material.
- Tamaño de partícula o área expuesta al contacto con el líquido lixivante.
- Composición del lixivante.
- Relación entre el volumen de lixivante y la masa de material (L/S, expresada normalmente en l/kg).
- Tiempo de contacto entre el líquido y el sólido.

Por otro lado, el modo de operación puede ser en continuo (el líquido fluye constantemente a través del sólido o del recipiente que lo contiene) o en discontinuo (*batch*, el líquido y el sólido permanecen en contacto un tiempo determinado en un sistema cerrado).

Asimismo, la relación líquido/sólido final se puede alcanzar en una o varias etapas, siendo en este caso la cantidad lixiviada total la suma acumulativa de la cantidad lixiviada en cada una de las etapas.

Dependiendo de los parámetros y del modo de operación, los ensayos se pueden clasificar en dos categorías:

- Ensayos en los que se alcanza la condición de equilibrio químico. Miden la lixiviación asociada a unas condiciones químicas específicas.
- Ensayos en los que no se alcanza la condición de equilibrio. En este caso la velocidad de transferencia de masa domina la lixiviación. Ésta depende de las características químicas y físicas intrínsecas del material.

### 3.3.4. Tipos de ensayos de lixiviación

#### 3.3.4.1. Ensayos de disponibilidad

La finalidad de los ensayos de disponibilidad es evaluar la cantidad máxima que puede lixiviarse de un componente en un material determinado (que correspondería al nivel *available or potentially leachable* de la figura 10. Para ello, se seleccionan las condiciones de ensayo que maximicen la emisión: tamaño de partícula pequeño, relaciones L/S elevadas, agitación para favorecer el contacto entre el líquido y el sólido. El pH del líquido lixivante se ajusta para aumentar la lixiviación (inferior a 4 para cationes y alrededor de 7 para oxoaniones), y algunas veces se utilizan reactivos complejantes (EDTA, citrato). [16]

Un ejemplo de ensayo de disponibilidad es el que se describe en la norma holandesa NEN 7341, cuyas características se resumen a continuación:

2 etapas consecutivas: 1ª extracción pH = $4,0 \pm 0,2$ 2ª extracción pH = $7,0 \pm 0,2$ Tamaño de partícula $< 125\mu\text{m}$ Peso de muestra 16 g Tiempo de contacto 3h +3h L/S (total) 100 l/kg Agitación
--

Figura 13. Características de un ensayo de disponibilidad.

En la figura 14 se muestra la realización de un ensayo NEN 7341.

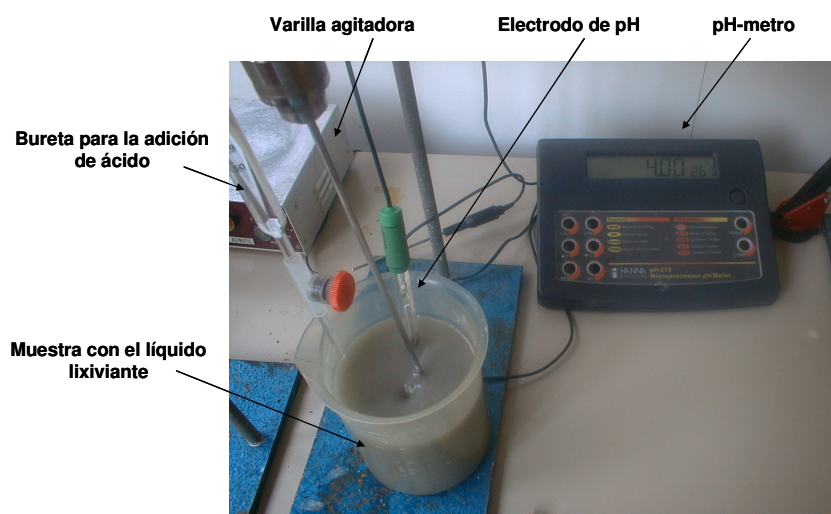


Figura 14. Realización de un ensayo NEN 7341.

### 3.3.4.2. Ensayos de caracterización

El objetivo de este tipo de ensayos es la caracterización básica de del comportamiento de lixiviación del material. Los datos obtenidos permiten la identificación de los mecanismos dominantes y la determinación del rango esperado de lixiviación en escenarios específicos. Esto posibilita la definición de categorías de materiales en los que los mecanismos que controlan la lixiviación son comunes.

A partir del trabajo de armonización desarrollado por el Comité Técnico de caracterización de residuos de la Unión Europea (CEN/TC 292), se establecen tres tipos de ensayos de caracterización:

#### Ensayos de dependencia del pH

Estos ensayos son fundamentales para la comprensión del comportamiento químico del contaminante, permitiendo además la evaluación de su comportamiento en condiciones de exposición distintas a las impuestas por el material. Asimismo, estos ensayos permiten la determinación de la capacidad neutralizadora del material. Las características de estos ensayos se resumen a continuación.

8 muestras paralelas a 8 valores de pH (entre 4 y 12)  
 Tamaño de partícula < 1 mm  
 Peso de muestra 15, 30 o 60 g  
 Tiempo de contacto 48 horas (es necesario verificar la condición de equilibrio con una medida a las 44 horas)  
 L/S (total) 10 l/kg  
 Agitación  
 Es necesario llevar a cabo una valoración previa de la cantidad de ácido (HNO<sub>3</sub>) o de base (NaOH) necesarios para alcanzar un pH determinado, cosa que permite el cálculo de la capacidad neutralizadora del material. (càlcul ANC)

Figura 15. Características de un ensayo de dependencia del pH.

Existen dos modos de operación para estos ensayos, con adición inicial de ácido o base (CEN/TS 14429:2005), o con control continuo del pH (CEN/TS 14997:2006).

### **Ensayo de percolación o de columna**

En este ensayo un flujo ascendente se hace pasar a través de un material granular empaquetado en una columna. La lixiviación se lleva a cabo con agua desionizada a su pH natural (entre 5 y 7,5) de manera que el material impone su pH a la solución lixiviada. Se recogen siete fracciones hasta una L/S total de 10 l/kg.

7 etapas a relaciones L/S (acumuladas) = 0,1; 0,2; 0,5; 1; 2; 5; 10  
Tamaño de partícula < 4 mm  
Peso de muestra depende de su densidad  
Tiempo de ensayo 21 días aproximadamente  
L/S (total) 10 l/kg

Figura 16. Características de un ensayo de percolación o columna.

La figura 17 muestra el dispositivo experimental para llevar a cabo un ensayo de columna.

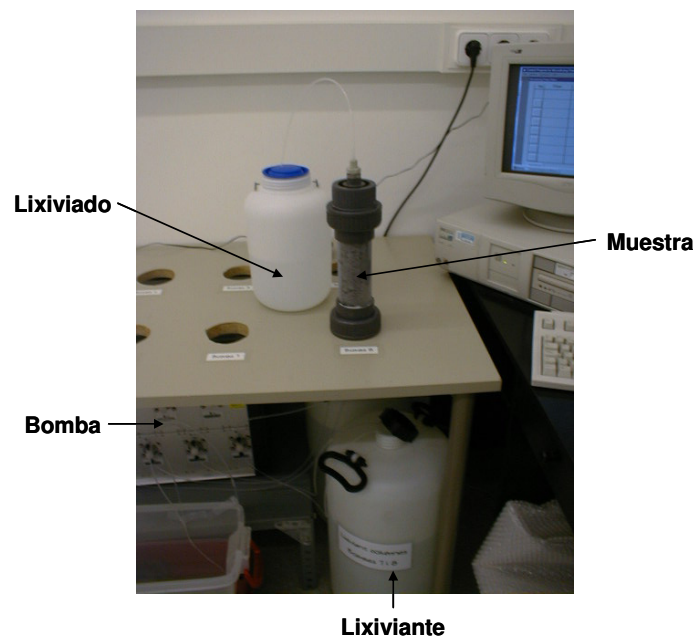


Figura 17. Ensayo de columna.

Ensayos de columna se encuentran descritos en la norma holandesa NEN 7343 y la norma europea CEN/TS 14405:2004.

### Ensayo de difusión o monolítico

Existen varios ensayos de difusión que se encuentran sujetos a aprobación para el próximo 2010 que guardan muchas similitudes con el descrito por la normativa holandesa NEN 7345. En ellos, un material monolítico se sumerge en el líquido lixivante, como muestra la figura 18. A intervalos específicos de tiempo se renueva y analiza el lixivante.

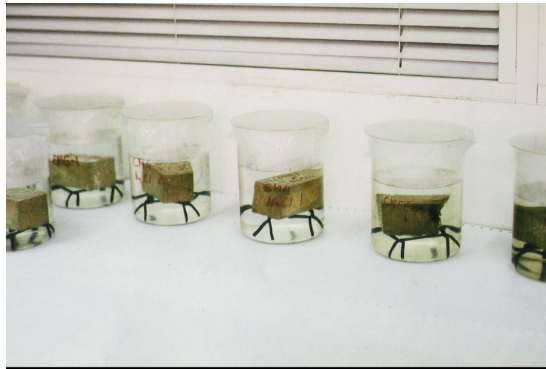


Figura 18. Ensayo monolítico.

Los resultados de estos ensayos permiten el cálculo de coeficientes efectivos de difusión de los contaminantes en el material.

Las características que se muestran resumidas a continuación corresponden al ensayo de difusión de la normativa holandesa NEN 7345.

8 etapas con renovación de lixivante a los 0,25; 1; 2,25; 4; 9; 16; 36 y 64 días.  
Volumen de lixivante 5xVolumen de la muestra  
Tiempo de ensayo 64 días con renovación de lixivante  
pH del lixivante = 4

Figura 19. Características de un ensayo de difusión o monolítico.



### 3.3.4.3. Ensayos de cumplimiento

Los ensayos de cumplimiento tienen la finalidad de comprobar si un material cumple con las regulaciones o con el comportamiento de un material o un grupo de materiales de referencia. Este tipo de ensayos se caracteriza por su simplicidad y rapidez. Entre ellos destacan los pertenecientes a la serie EN 12457/1-4, cuyas características se resumen en la tabla 6. El ensayo se realiza con agua desionizada sin ajuste de pH.

Tabla 6. Características de la serie EN 12457/1-4.

	Peso de muestra (g)	Tamaño de partícula (mm)	L/S (l/kg)	Tiempo de contacto
EN 12457-1	175	< 4	2	24h
EN 12457-2	90	< 4	10	24h
EN 12457-3	175	< 4	2/8	6h+18h
EN 12457-4	90	< 10	10	24h

La figura 20 muestra la ejecución de uno de estos ensayos.



Figura 20. Ejecución de uno de estos ensayos.

## Capítulo 4

### DESARROLLO DE HERRAMIENTAS PARA LA ORGANIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN

#### 4.1. APLICACIÓN CALC-LEACH PARA EL TRATAMIENTO DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE LIXIVIACIÓN

*Calc-Leach* es una herramienta que facilita el tratamiento de resultados para la evaluación del comportamiento ambiental de productos de la construcción. Esta aplicación se ha desarrollado a partir del marco legislativo generado por los comités técnicos CEN/TC 292 y CEN/TC 351 en cumplimiento del documento interpretativo ER 3 Higiene, Salud y Medioambiente de la Directiva de los Productos de la Construcción (89/106/CEE) por lo que se refiere a emisión de especies contaminantes a suelos, aguas superficiales y aguas subterráneas. La aplicación viene incluida en el CD que se ha entregado junto a esta memoria.

##### 4.1.1. A quién va dirigido el programa

*Calc-Leach* es una herramienta de gran utilidad para todos aquellos que deban evaluar y/o monitorizar el comportamiento ambiental de productos de la construcción en sus etapas de uso, final de vida útil y reciclaje, así como de residuos bajo las directivas 89/106/CEE y 99/31/CEE. *Calc-Leach* es asimismo una herramienta de apoyo en investigación, y por la claridad con la cual se encuentra estructurado posee un gran potencial para usos docentes tanto en cursos de grado como en niveles más avanzados.

##### 4.1.2. Contenido

El programa permite realizar los cálculos para cuatro tipos de ensayos, según las normas correspondientes. Además, para el caso de los ensayos de dependencia del pH y de materiales monolíticos ofrece la posibilidad de representar gráficamente los resultados obtenidos, facilitando así su interpretación.

En los casos en los que los ensayos pueden actuar como métodos de cumplimiento respecto a un valor normativo (tanto para materiales granulares como para monolíticos),

el programa realiza la comparación entre dichos valores y los resultados obtenidos e indica los parámetros que se hallan fuera de normativa.

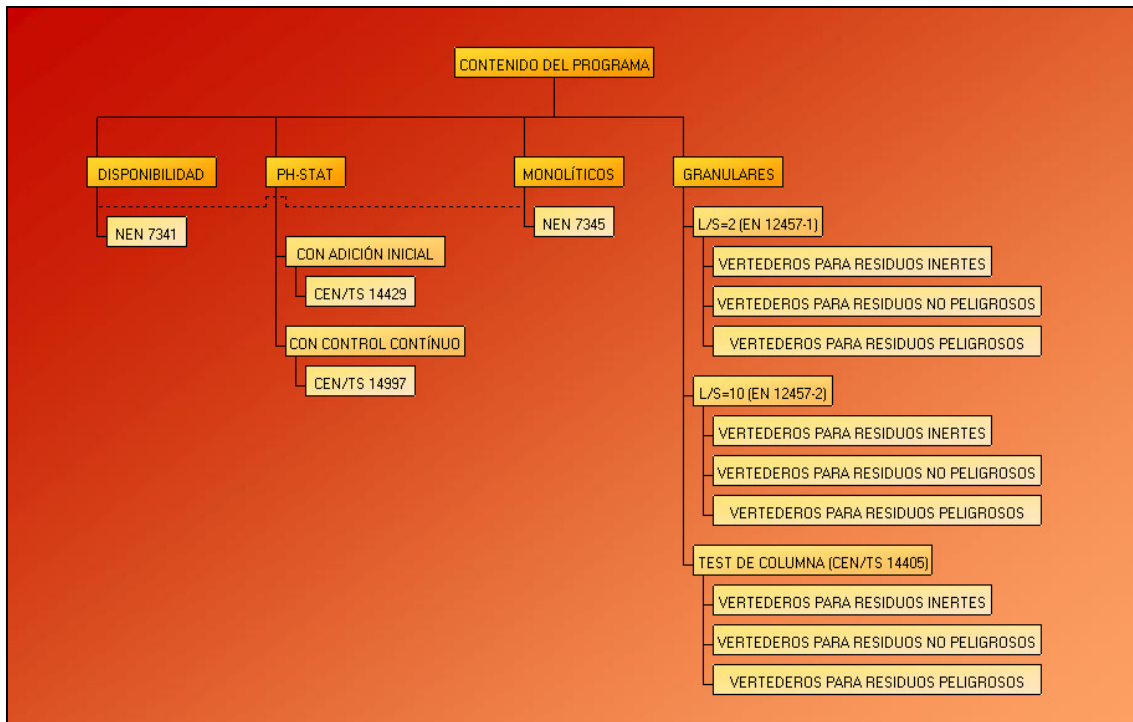


Figura 21. Contenido del programa.

#### 4.1.3. Manual de *Calc-Leach*

Junto a esta memoria se ha entregado un documento donde se muestra detalladamente el funcionamiento de la aplicación mediante un sencillo manual. En dicho documento, se describe el procedimiento de instalación y cómo se ha de usar el programa. Al manual también se puede acceder a través de la aplicación *Calc-Leach*.

Este manual va dirigido principalmente a usuarios que empiezan a dar sus primeros pasos con el programa *Calc-Leach*. Incluso si nunca antes han trabajado con la aplicación, el aprendizaje les resultará fácil y rápido.

Se tiene en cuenta que se poseen conocimientos básicos de informática: cómo usar el teclado o el ratón, y que se tiene referencia sobre el funcionamiento de Windows.

Todo el que tenga alguna duda acerca de las herramientas elementales de *Calc-Leach*, encontrará una respuesta en este manual. Se espera que disfrute con esta aplicación y le ayude a aprovechar el tiempo.

#### 4.1.4. Validación del programa *Calc-Leach*

La validación es el proceso por el cual se asegura la veracidad e integridad del proceso de tratamiento de datos. Para validar el programa *Calc-Leach* se han realizado estudios comparativos entre datos experimentales obtenidos en diversos estudios realizados en el laboratorio de la Sección de Materiales de la Construcción del Departamento de la Ingeniería de la Construcción y los de la propia aplicación. En total son cinco casos: ensayo de disponibilidad, ensayo de pH-Stat, ensayo monolítico, ensayo para materiales granulares y ensayo de columna.

##### 4.1.4.1. Ensayo de Disponibilidad

Datos de entrada:

Tabla 7. Datos de entrada para la validación del ensayo de disponibilidad.

Masa después del secado (kg):	0,01599
Volumen inicial (l):	0,80527
Volumen de ácido o base añadido durante la etapa 1 (l):	0,04790
Volumen de ácido o base añadido durante la etapa 2 (l):	0,05260

Resultados:

Tabla 8. Resultados para la validación del ensayo de disponibilidad.

Componente	Concentración en lixiviado (mg/l)	Resultado analítico	Resultado <i>Calc-Leach</i>
		Concentración lixiviada (mg/kg)	
Bario (Ba)	4,50	480,60	481,53
Níquel (Ni)	0,08	8,18	8,5605
Estaño (Sn)	1,53	163,61	163,72
Zinc (Zn)	5,73	612,43	613,14

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0,9999998
Coefficiente de determinación R <sup>2</sup>	0,9999996
R <sup>2</sup> ajustado	0,9999992
Error típico	0,2792991
F	2527814,12
Valor crítico de F	4,00412·10 <sup>-4</sup>

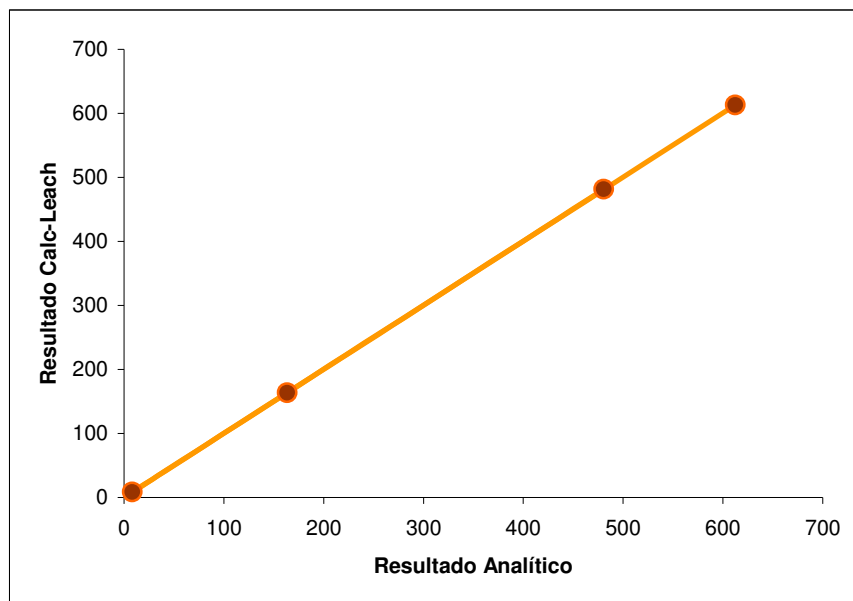


Figura 22. Representación gráfica del resultado analítico y el resultado del programa para el ensayo de disponibilidad.

#### 4.1.4.2. Test pH-Stat

Datos de entrada:

Tabla 9. Datos de entrada para la validación del ensayo pH-Stat.

Masa después del secado (kg):	0,100
Volumen inicial (l):	1,000

Resultados:

Tabla 10. Resultados del ensayo pH-Stat para el componente arsénico.

pH	Concentración en lixiviado (mg/l)	Concentración lixiviada (µg/kg)	
		Resultado analítico	Resultado <i>Calc-Leach</i>
3,3	9,0000	90000	90000
4,9	8,0000	80000	80000
6,2	0,1000	1000	1000
7,2	0,0020	20	20
8,3	0,0010	10	10
9,5	0,0009	9	9
10,4	0,0015	15	15
12	0,0080	80	80

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	1
Coefficiente de determinación R <sup>2</sup>	1
R <sup>2</sup> ajustado	1
Error típico	0
F	0
Valor crítico de F	0

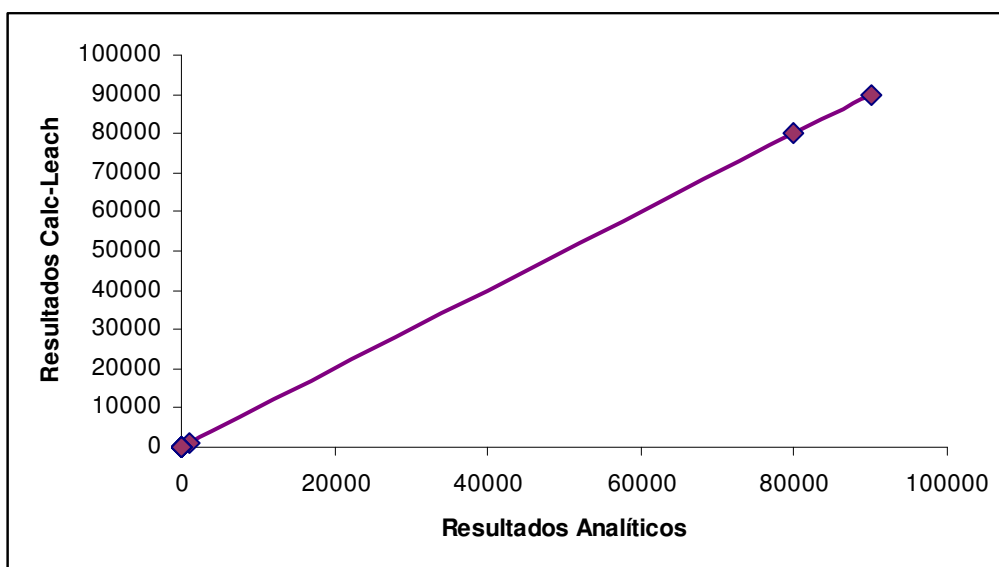


Figura 23. Representación gráfica del resultado analítico y el resultado del programa para el ensayo pH-Stat.

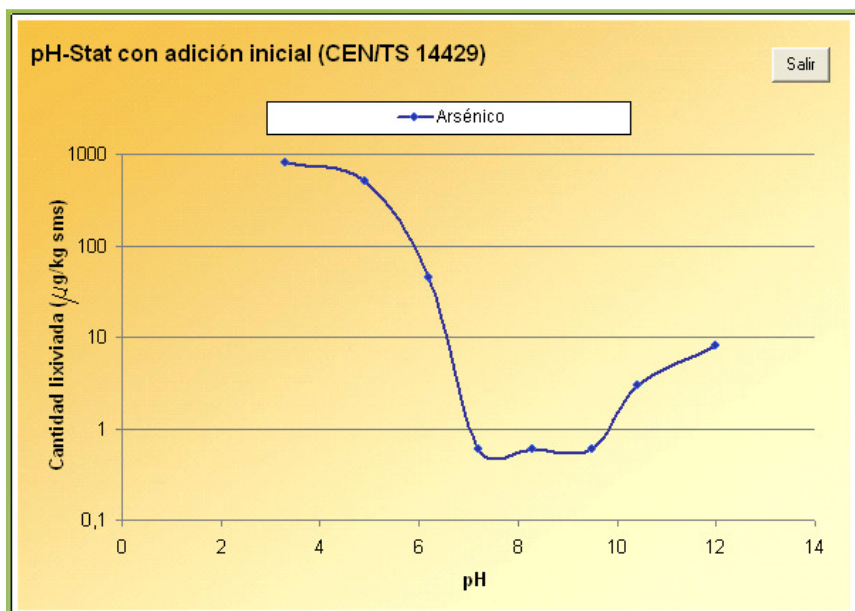


Figura 24. Resultado gráfico de *Calc-Leach*.

#### 4.1.4.3. Test Monolítico

Datos de entrada:

Tabla 11. Datos de entrada para la validación del ensayo monolítico.

Área de la muestra (m <sup>2</sup> ):	0,0375
Volumen de la muestra (l):	2,148

Resultados:

El componente utilizado para la validación de datos es el cloro. En primer lugar se compraban las emisiones y en segundo lugar los coeficientes de difusión.

- Emisiones:

Tabla 12. Resultados de las emisiones del ensayo monolítico.

Fracción	Concentración en el lixiviado (mg/l)	Emisión por intervalo de tiempo (mg/m <sup>2</sup> )		Emisión acumulada por intervalo de tiempo (mg/m <sup>2</sup> )	
		Resultados Analíticos	Resultados <i>Calc-Leach</i>	Resultados Analíticos	Resultados <i>Calc-Leach</i>
1	0,424	121,43360	121,43360	121,43360	121,43360
2	0,599	171,55360	171,55360	343,10720	343,10720
3	0,682	195,32480	195,32480	585,97440	585,97440
4	0,941	269,50240	269,50240	1078,00960	1078,00960
5	1,461	418,43040	418,43040	1255,29120	1255,29120
6	1,956	560,19840	560,19840	2240,79360	2240,79360
7	3,574	1023,59360	1023,59360	3070,78080	3070,78080
8	0	0	0	0	0
	TOTAL	2760,03680	2760,0368		

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	1
Coefficiente de determinación R <sup>2</sup>	1
R <sup>2</sup> ajustado	1
Error típico	5,4135·10 <sup>-14</sup>
F	2,3281·10 <sup>-32</sup>
Valor crítico de F	2,2952·10 <sup>-80</sup>

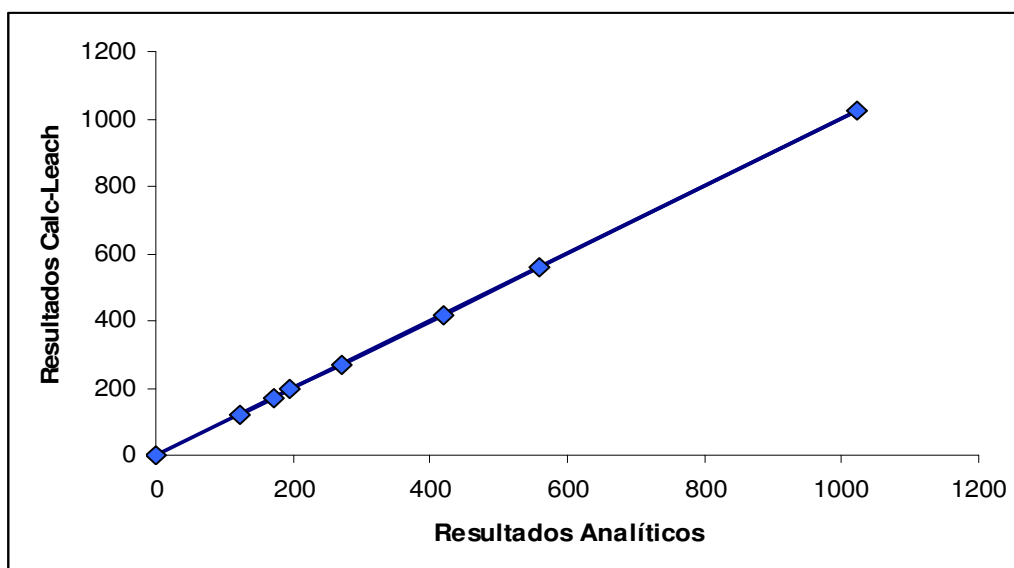


Figura 25. Representación gráfica del resultado analítico y el resultado del programa para el ensayo monolítico (emisiones).

- Coeficientes de difusión:

Tabla 13. Resultados de los coeficientes de difusión del ensayo monolítico.

Fracción	Emisión por intervalo de tiempo (mg/m <sup>2</sup> )	
	Resultados Analíticos	Resultados <i>Calc-Leach</i>
1	$5.86443 \cdot 10^{-14}$	$5.86443 \cdot 10^{-14}$
2	$1.17043 \cdot 10^{-13}$	$1.17043 \cdot 10^{-13}$
3	$1.51727 \cdot 10^{-13}$	$1.51727 \cdot 10^{-13}$
4	$2.88851 \cdot 10^{-13}$	$2.88851 \cdot 10^{-13}$
5	$1.74074 \cdot 10^{-13}$	$1.74074 \cdot 10^{-13}$
6	$3.12011 \cdot 10^{-13}$	$3.12011 \cdot 10^{-13}$
7	$2.60425 \cdot 10^{-13}$	$2.60425 \cdot 10^{-13}$
8	0	0

Promedio	$1.703472 \cdot 10^{-13}$	$1.703472 \cdot 10^{-13}$
-log(P)	29.40094	29.40094
Movilidad	Lenta	Lenta

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	$1,6474 \cdot 10^{-8}$
Coefficiente de determinación R <sup>2</sup>	$2,7141 \cdot 10^{-16}$
R <sup>2</sup> ajustado	-0,16666667
Error típico	$1,100 \cdot 10^{-8}$
F	0
Valor crítico de F	1



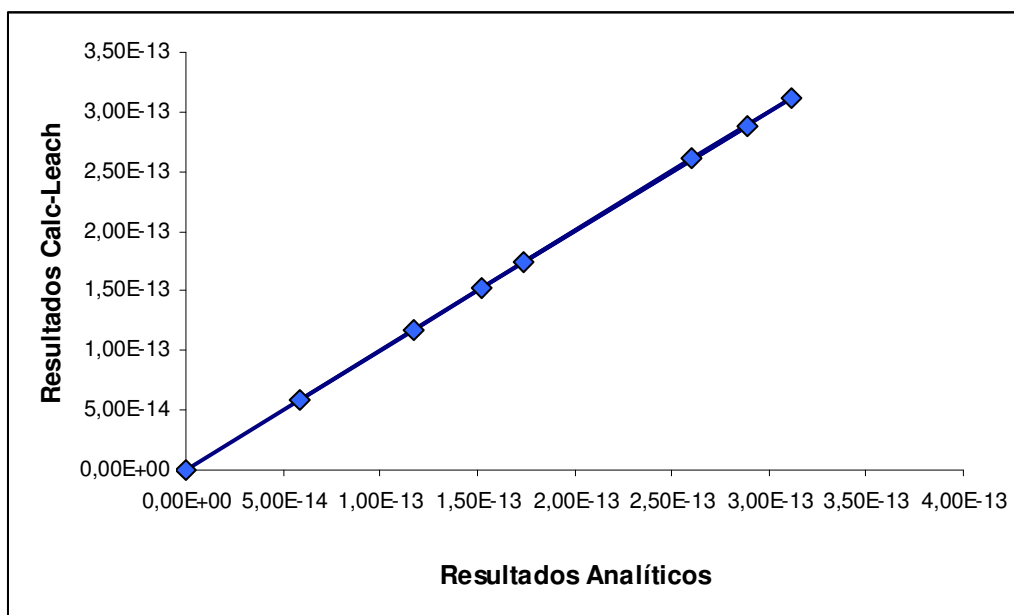


Figura 26. Representación gráfica del resultado analítico y el resultado del programa para el ensayo monolítico (coeficientes de difusión).

#### 4.1.4.4. Ensayos granulares

##### 4.1.4.4.1. Test L/S=2 y L/S=10

Datos de entrada:

Tabla 14. Datos de entrada para la validación del ensayo granular.

Peso muestra seca (g):	0,07583
Peso muestra húmeda (g):	0,090
Humedad (%):	15,74
Agua añadida (ml)	0,9072
L/S	11,96

Resultados:

Tabla 15. Resultados del ensayo granular.

Componente	Concentración en lixiviado (mg/l)	Concentración lixiviada (mg/kg)	
		Resultado analítico	Resultado <i>Calc-Leach</i>
Ba	0,06075	0,72675	0,72678
Cu	0,00577	0,06898	0,06903
Mo	0,01242	0,14857	0,14858
Pb	0,00237	0,02840	0,02835

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0,99999975
Coefficiente de determinación R <sup>2</sup>	0,99999949
R <sup>2</sup> ajustado	0,99999899
Error típico	6,1595·10 <sup>-5</sup>
F	1971331,53
Valor crítico de F	4,5342·10 <sup>-4</sup>

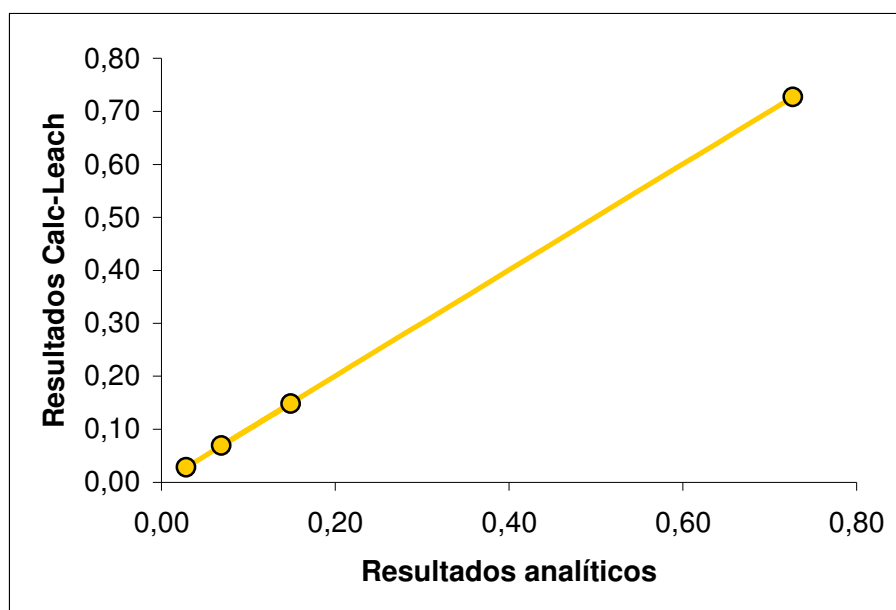


Figura 27. Representación gráfica del resultado analítico y el resultado del programa para el ensayo granular.

#### 4.1.4.4.2. Test de columna

Datos de entrada:

Tabla 16. Datos de entrada para la validación del ensayo de columna.

Peso muestra seca (g):	1,13132	
Volumen de lixiviado (l):	F1	106,37
	F2	104,66
	F3	299,42
	F4	497,42
	F5	849,94
	F6	3383,7
	F7	5335,4

Resultados:

En este caso se comprobarán cuatro componentes diferentes, el bario, el estaño, el zinc y el ión sulfato. En primer lugar se comprueban las relaciones L/S y L/S acumuladas, y en segundo lugar las concentraciones lixiviadas.

- Relaciones L/S y L/S acumuladas:

Tabla 17. Resultados del ensayo de columna.

Fracción	Volumen de lixiviado (l):	Relación L/S		Relación L/S acumulada	
		Resultado Analítico	Resultado <i>Calc-Leach</i>	Resultado Analítico	Resultado <i>Calc-Leach</i>
F1	106,37	0,09	0,0940	0,09	0,0940
F2	104,66	0,09	0,0925	0,19	0,1865
F3	299,42	0,26	0,2646	0,45	0,4512
F4	497,42	0,44	0,4396	0,89	0,8908
F5	849,94	0,75	0,7512	1,64	1,6421
F6	3383,7	2,99	2,9909	4,63	4,6330
F7	5335,4	4,72	4,7160	9,35	9,3491

<b>Estadísticas de la regresión</b>	
Coefficiente de correlación múltiple	0,99999979
Coefficiente de determinación R <sup>2</sup>	0,99999957
R <sup>2</sup> ajustado	0,99999946
Error típico	0,00261174
F	4400639,13
Valor crítico de F	3,0983·10 <sup>-13</sup>

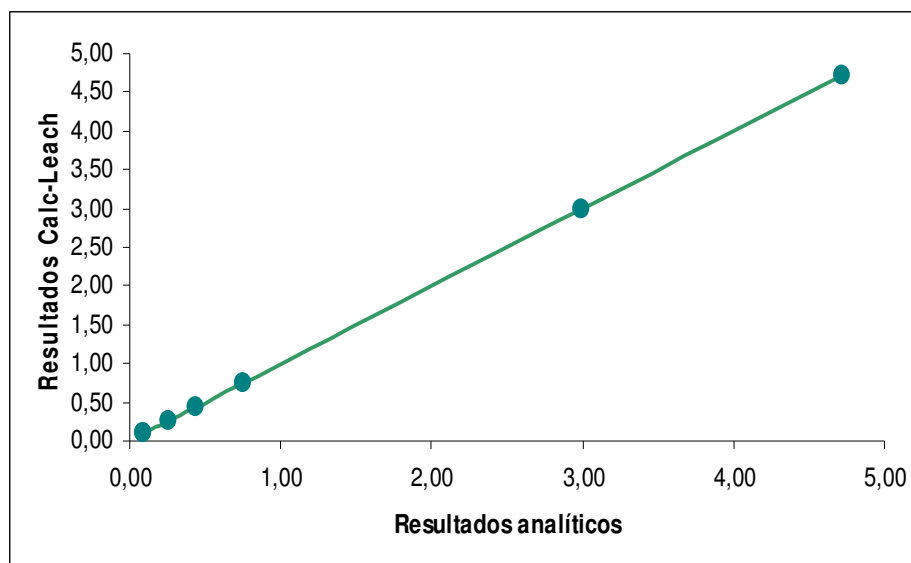


Figura 28. Representación gráfica del resultado analítico y el resultado del programa para el ensayo de columna.

- Componente Bario (Ba):

Tabla 18. Resultados del ensayo de columna del componente bario.

Componente	Concentración en lixiviado (mg/l)	Concentración lixiviada (mg/kg)	
		Resultado analítico	Resultado <i>Calc-Leach</i>
F1	33,32284	3,13311	3,13311
F2	37,34052	3,45442	3,45442
F3	26,77021	7,08512	7,085118
F4	22,35194	9,82773	9,82772
F5	11,65875	8,75901	8,75900
F6	4,31489	12,90555	12,90554
F7	2,01215	9,48949	9,48947
	TOTAL	54,65442	54,65439

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	1
Coefficiente de determinación R <sup>2</sup>	1
R <sup>2</sup> ajustado	1
Error típico	7,3926·10 <sup>-6</sup>
F	9,0817·10 <sup>11</sup>
Valor crítico de F	7,2748·10 <sup>-24</sup>

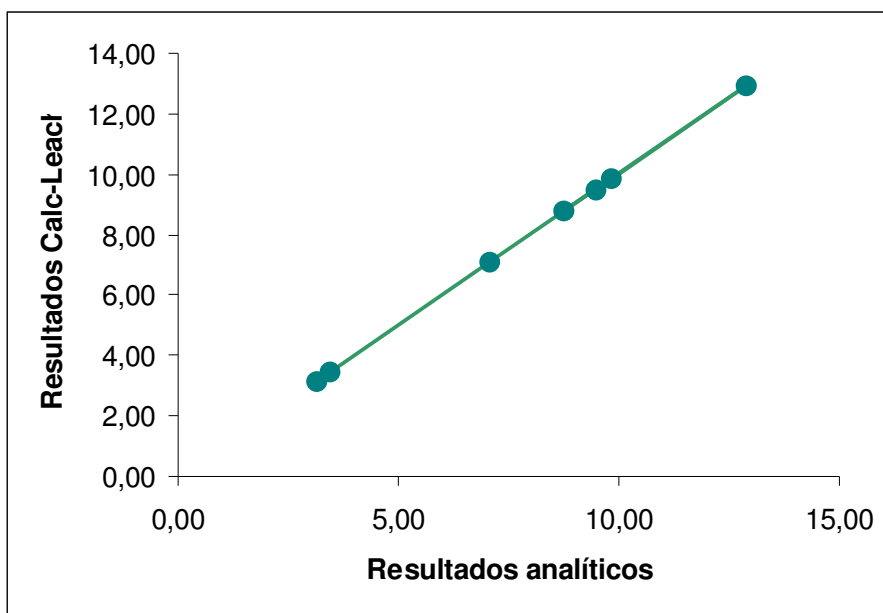


Figura 29. Representación gráfica del resultado analítico y el resultado del programa para el ensayo de columna para el componente bario.

- Componente Estaño (Sn):

Tabla 19. Resultados del ensayo de columna del componente estaño.

Componente	Concentración en lixiviado (mg/l)	Concentración lixiviada (mg/kg)	
		Resultado analítico	Resultado <i>Calc-Leach</i>
F1	0,42412	0,03988	0,03988
F2	0,39074	0,03615	0,03615
F3	0,43100	0,11407	0,11407
F4	0,44821	0,19707	0,19707
F5	0,39071	0,29353	0,29353
F6	0	0	0
F7	0	0	0
	TOTAL	0,68070	0,68070

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	1
Coefficiente de determinación $R^2$	1
$R^2$ ajustado	1
Error típico	$1,4291 \cdot 10^{-6}$
F	$3,4702 \cdot 10^{10}$
Valor crítico de F	$4,9823 \cdot 10^{-21}$

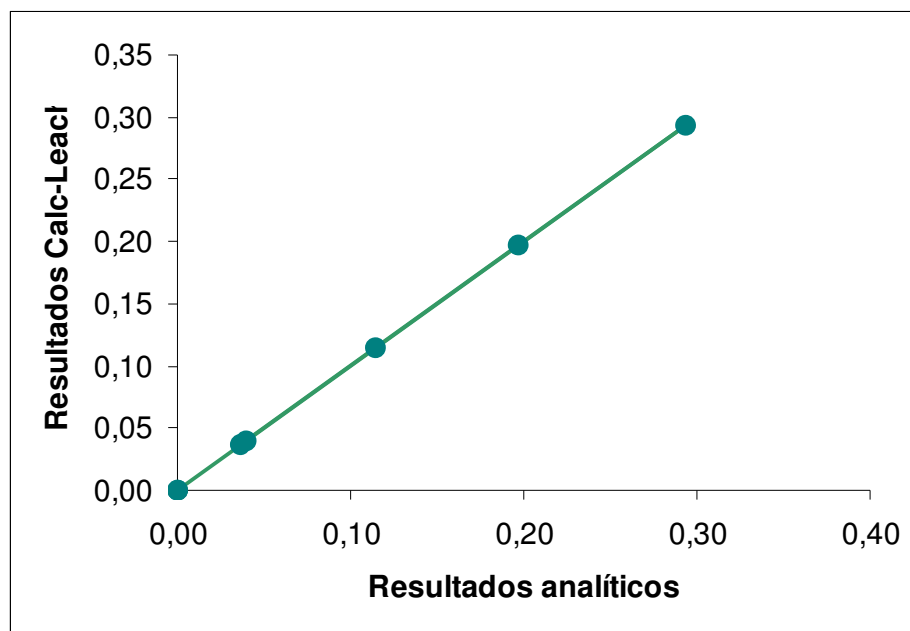


Figura 30. Representación gráfica del resultado analítico y el resultado del programa para el ensayo de columna para el componente estaño.

#### 4.1.4.5. Conclusiones

El objetivo principal de la validación era corroborar el funcionamiento del programa *Calc-Leach*, así como la practicabilidad de su uso. Se ha observado como el programa ofrece resultados con gran similitud a los ensayos reales y que si existe alguna discrepancia es por culpa de la elección de más o menos decimales. El funcionamiento de la aplicación es muy sencillo y relativamente rápido. Por tanto se puede concluir que la aplicación *Calc-Leach* funciona correctamente.

## 4.2. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA PÁGINA WEB

El análisis de toda la información estudiada en los apartados anteriores ha permitido la identificación de la necesidad de disponer de una herramienta que estructure y facilite el acceso a dicha información, por lo que a tal efecto se ha llevado a cabo el desarrollo de una Página Web.



Figura 31. Una de las secciones de la Página Web diseñada.

A continuación se muestra el Mapa Web de la página. En él se observan como esta estructura la página:

Introducción
Objetivos
Mapa Web
Marco teórico
El Ciclo de Vida
El Ciclo de Vida de los Materiales de Construcción
El Análisis del Ciclo de Vida
Estructura Legislativa
Estructura Legislativa
El Mercado CE
Desarrollo y Elementos de una Directiva
Marco Legislativo Vigente
La Directiva de los Productos de la Construcción
Descripción

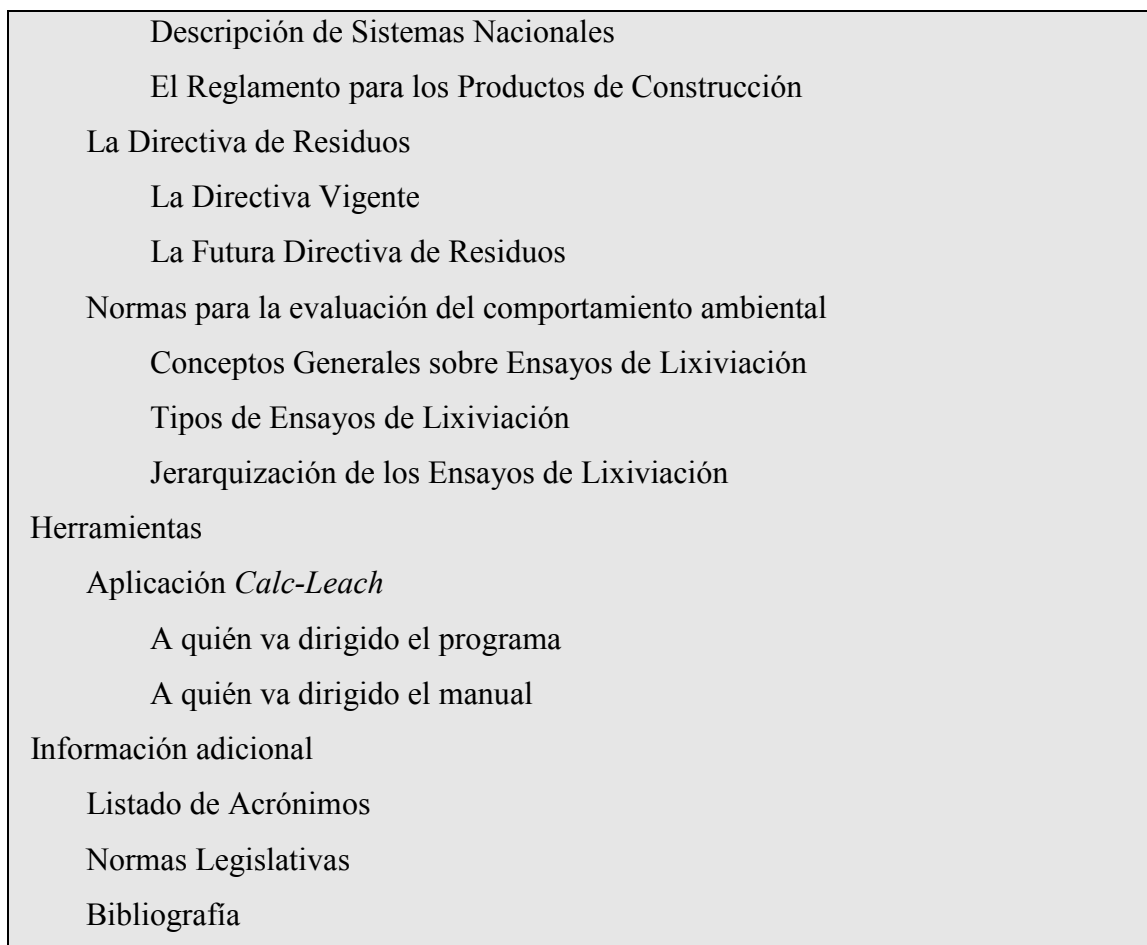


Figura 32. Mapa Web de la página diseñada.

De este modo, la página Web, que al igual que el programa *Calc-Leach* está incluida en el CD entregado junto a la memoria, ordena y estructura la información relativa a la normativa ambiental para materiales de construcción.





## Capítulo 5

### CONCLUSIONES

El estudio y análisis de la normativa vigente relativa a la evaluación del impacto ambiental de materiales y productos de la construcción en suelos, aguas superficiales y aguas subterráneas, ha permitido la identificación de la necesidad de disponer de herramientas que estructuren y faciliten el manejo la información de la manera más clara y comprensible posible, dada la complejidad del entramado normativo configurado por las Directivas 89/109/CE (relativa a los Productos de la Construcción, CPD), 91/689/CEE, 2006/12/CE y 2008/98/CE (relativas a residuos y aplicables a los productos de la construcción en las etapas posteriores a su vida útil), así como por los documentos que de ellas emanan. Para responder a esta necesidad, se ha diseñado una Página Web y se ha desarrollado la aplicación informática *Calc-Leach*.

La Página Web permite la consulta de la normativa vigente que afecta a los productos de la construcción en lo relativo a la emisión de contaminantes. Cuando es posible, por ejemplo en el caso de los documentos públicos de la Unión Europea como las directivas o mandatos, remite directamente al documento. En el caso de las normas estandarizadas se facilita únicamente la referencia, ya que los documentos no son de libre acceso. Asimismo, se han incluido unos apartados explicativos en los que se resumen los aspectos principales de la estructura legislativa en la que se enmarca el trabajo y una breve descripción de conceptos fundamentales y tipos de ensayos para la evaluación ambiental de materiales y productos de la construcción. Finalmente, la Página Web incluye una sección que permite la instalación del programa *Calc-Leach*.

La aplicación *Calc-Leach* ha sido desarrollada con la finalidad de facilitar el tratamiento de los resultados obtenidos a partir de los diferentes ensayos existentes para la estimación de emisión de contaminantes, así como la comparación de estos resultados con las normativas vigentes. Esta aplicación se ha desarrollado a partir del marco legislativo generado por los comités técnicos CEN/TC 292 y CEN/TC 351 en cumplimiento del Documento Interpretativo ER 3 Higiene, Salud y Medioambiente de

la CPD y ha sido validada partir de datos experimentales pertenecientes a estudios de valorización de diferentes materiales.

*Calc-Leach* es una herramienta de gran utilidad para todos aquellos que deban evaluar y/o monitorizar el comportamiento ambiental de productos de la construcción en sus etapas de uso, final de vida útil y reciclaje, así como de residuos bajo las directivas 89/106/CEE y 99/31/CEE. *Calc-Leach* es asimismo una herramienta de apoyo para actividades de investigación, y por la claridad con la cual se encuentra estructurado posee un gran potencial para usos docentes tanto en cursos de grado como en niveles más avanzados.

El programa permite realizar los cálculos para cuatro tipos de ensayos, según las normas correspondientes. Además, para el caso de los ensayos de dependencia del pH y de materiales monolíticos ofrece la posibilidad de representar gráficamente los resultados obtenidos, facilitando así su interpretación.

En conclusión, a causa de su gran potencial divulgativo, el poder disponer de las dos herramientas elaboradas para este trabajo es de gran utilidad no sólo para aquéllos que se encuentren familiarizados con el tema de la evaluación ambiental de emisión de contaminantes por parte de materiales de construcción y residuos, sino para aquellas personas que tengan la necesidad de iniciarse en el ámbito de el presente estudio.

## **Referencias bibliográficas**

### Referencias

- [1] Garmendia, A., Garmendia, L., Salvador, A., Crespo, C. Evaluación de impacto ambiental, Pearson, 2005.
- [2] Asociación Nacional Española de Fabricantes de Áridos (ANEFA), Estadísticas de áridos 2007, 24pp.
- [3] Procter&Gamble, Sitio de divulgación científica de la compañía, [www.scienceinthebox.com](http://www.scienceinthebox.com)
- [4] Carvalho Filho, A.C., Análisis del ciclo de vida de productos derivados del cemento – Aportaciones al análisis de los inventarios del ciclo de vida del cemento, Tesis Doctoral, UPC, 2001
- [5] Unión Europea, [www.eu.com](http://www.eu.com)
- [6] Study to evaluate the Internal Market and competitiveness effects of Council Directive 89/106/EEC (Construction Products Directive, CPD), Final Report, PRC B.V. Division Bouwcentrum International Bodegraven, Netherlands, 2007.
- [7] Caballero, L. A., La Directiva de Productos de Construcción 89/106/CE (una visión global), Ministerio de Ciencia y Tecnología, 2004.
- [8] Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA), [www.eea.europa.eu/es](http://www.eea.europa.eu/es)
- [9] Serrano, J., Nueva Directiva sobre los residuos y por la que se derogan determinadas Directivas, Congreso Tecnologías Limpias de Valencia, 2008.
- [10] Fras, K., European legislation on waste and the new Waste Framework Directive Commission's perspective, DG Environment, European Commission 2008
- [11] Van der Sloot, H.A., Dijkstra, J. J., Development of horizontally standardized leaching tests for construction materials: a material based or released based approach? ECN-C-04-060 Energy Research Centre of the Netherlands (ECN), Petten, The Netherlands, 43 pp.
- [12] Van der Sloot, H. A., Heasman, L. Quevauviller, Ph. Eds. (1997) Harmonisation of leaching/extraction tests. Elsevier Science B. V. Amsterdam.
- [13] Van der Sloot, H. A. (2003) Environmental properties of building materials in relation to the construction products directive (CPD) ECN-C-03-092 Energy Research Centre of the Netherlands (ECN), Petten, The Netherlands, 24 pp.
- [14] Kosson, D. S. Van der Sloot, H. A. Sanchez, F., Garrabrants (2002) An integrated framework for evaluating leaching in waste management and utilisation of secondary materials. Environmental Engineering Science 3, 159-204.

[15] Dijkstra, J. J., Van der Sloot, H. A., Spanka, G., Thielen, G. (2005) How to judge release of dangerous substances from construction products to soil and groundwater. ECN-C-05-045 Energy Research Centre of the Netherlands (ECN), Petten, The Netherlands, 71 pp.

[16] Wahlström, M., How to test environmental acceptability of construction products related to release to soil and ground/surface water, Environmental safety and future challenges conference, 2008

*Normas y Directivas:*

Norma ISO 14040 - Norma sobre Gestión Ambiental – Análisis de Ciclo de Vida – Principios y estructura

Norma ISO 14040 – Dirección Ambiental – Evaluación del Ciclo de Vida – Principio y marco

Norma ISO 14044 – Dirección Ambiental – Evaluación del Ciclo de Vida – Exigencias y Pautas.

Directiva 89/106/CEE del Consejo de 21 de diciembre de 1988 relativa a la aproximación de las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas de los Estados Miembros sobre los productos de construcción.

Directiva 93/68/CEE del Consejo de 22 de Julio de 1993 por la que se modifican las Directivas 87/404/CEE (recipientes a presión simples), 88/378/CEE (seguridad de los juguetes), 89/106/CEE (productos de construcción), 89/336/CEE (compatibilidad electromagnética), 89/392/CEE (máquinas), 89/686/CEE (equipos de protección individual), 90/384/CEE (instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático), 90/385/CEE (productos sanitarios implantables activos), 90/396/CEE (aparatos de gas), 91/263/CEE (equipos terminales de telecomunicación), 92/42/CEE (calderas nuevas de agua caliente alimentadas con combustibles líquidos o gaseosos), y 73/23/CEE (material eléctrico destinado a utilizarse con determinados límites de tensión).

Real Decreto 1630/1992, de 29 de diciembre, por el que se dictan disposiciones para la libre circulación de productos de construcción, en aplicación de la Directiva 89/106/CEE.

Real Decreto 1328/1995, de 28 de julio, por el que se modifica, en aplicación de la Directiva 93/68/CEE, las disposiciones para la libre circulación de Productos de Construcción, aprobadas por el Real Decreto 1630/1992, de 29 de diciembre.

Mandato relativo a la ejecución del trabajo para la normalización del desarrollo de métodos de evaluación horizontal de estándares para enfoques armonizados en relación con las sustancias peligrosas. Marco de la Directiva de Productos de Construcción (CPD).

Reglamento del parlamento europeo y del consejo por el que se establecen condiciones armonizadas para la comercialización de los productos de construcción

Directiva 91/689/CEE del Consejo de 12 de diciembre de 1991 relativa a los residuos peligrosos.

Directiva 1999/31/CE del Consejo de 26 de abril de 1999 relativa al vertido de residuos.

Decisión del consejo 2003/33/CE de 19 de diciembre de 2002 por la que se establecen los criterios y procedimientos de admisión de residuos en los vertederos con arreglo al artículo 16 y al anexo II de la Directiva 1999/31/CEE.

Directiva 2006/12/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 5 de abril de 2006 relativa a los residuos.

Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de noviembre de 2008, sobre los residuos y por la que se derogan determinadas Directivas.

### Manuales

Valdés, C., Cros, M., Rodríguez, E. Manual Impresindible Microsoft Office Excel 2003. ANAYA 2004.

García de Jalón, J., Rodríguez, J. I., Brazales, A. Aprenda Visual Basic 6.0 como si estuviera en primero. Escuela Superior de Ingenieros Industriales, Universidad de Navarra, 1999.

Manual Básico de Creación de Páginas Web. Código HTML. Área de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones Aplicadas, Universidad de Murcia, 2000.

## ANEJO 1

### VALORES LÍMITE PARA LA ADMISIÓN DE RESIDUOS EN VERTEDEROS

Según la Decisión del Consejo 2003/33/CE de 19 de diciembre de 2002 por la que se establecen los criterios y procedimientos de admisión de residuos en los vertederos con arreglo al artículo 16 y al anexo II de la Directiva 1999/31/CEE los valores límite para los residuos admisibles en vertederos son los siguiente.

#### 1. Valores límite para los residuos admisibles en vertederos para residuos inertes

Los valores límite de lixiviación siguientes se aplicarán a los residuos admisibles en vertederos para residuos inertes. Se calcularán, en términos de liberación total, para las proporciones entre líquido y sólido (L/S) de 2 l/kg y de 10 l/kg y se expresarán directamente en mg/l en la columna C0 (el primer eluato de un ensayo de percolación con una proporción L/S = 0,1 l/kg). Los Estados miembros determinarán los métodos de prueba y los valores límite correspondientes de la tabla que deberán utilizarse.

Componente	L/S = 2l/kg	L/S = 10l/kg	Co (ensayo de columna)
	mg/kg de materia seca		mg/l
As	0,1	0,5	0,06
Ba	7	20	4
Cd	0,03	0,04	0,02
Cr total	0,2	0,5	0,1
Cu	0,9	2	0,6
Hg	0,003	0,01	0,002
Mo	0,3	0,5	0,2
Ni	0,2	0,4	0,12
Pb	0,2	0,5	0,15
Sb	0,02	0,06	0,1
Se	0,06	0,1	0,04
Zn	2	4	1,2
Cloruro	550	800	460
Fluoruro	4	10	2,5
Sulfato	560 (*)	1 000 (*)	1 500
Índice de fenol	0,5	1	0,3
COD (**)	240	500	160
STD (***)	2 500	4 000	—

(\*) Aunque el residuo no cumpla estos valores correspondientes al sulfato, podrá considerarse que cumple los criterios de admisión si la lixiviación no supera ninguno de los siguientes valores: 1 500 mg/l en C0 con una relación = 0,1 l/kg y 6 000 mg/kg con una relación L/S = 10 l/kg. Será necesario utilizar la ensayo de percolación para determinar el valor límite con una relación L/S = 0,1 l/kg en las condiciones iniciales de equilibrio, mientras que el valor con una relación L/S = 10 l/kg se podrá determinar, bien mediante una prueba de lixiviación por lotes, bien mediante una ensayo de percolación en condiciones próximas al equilibrio local.

(\*\*) Si el residuo no cumple estos valores de Carbono orgánico disuelto (COD) con su propio pH, podrá alternativamente probarse con una relación L/S = 10 l/kg y un pH entre 7,5 y 8,0. El residuo podrá considerarse conforme a los criterios de admisión de COD si el resultado de esta determinación no es superior a 500 mg/kg. (Existe un proyecto de método basado en la prenorma prEN 14429).

(\*\*\*) Los valores de sólidos totales disueltos (STD) podrá utilizarse como alternativa a los valores de sulfato y cloruro.

Además de los valores límite referidos en el punto 2.1.2.1, los residuos inertes deberán cumplir los valores límite adicionales siguientes:

Parámetro	Valor límite
COT (Carbono orgánico total)	30 000 (*)
BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xilenos)	6
PCB (Bifeniles policlorinados)	1
Aceite mineral (C10 a C40)	500
HPA (Hidrocarburos policíclicos aromáticos)	Valor límite pendiente de establecimiento por los Estados miembros

(\*) En el caso de la tierra, la autoridad competente podrá admitir un valor límite más alto siempre que el carbono orgánico disuelto (COD) alcance un valor de 500 mg/kg a L/S = 10 l/kg, bien con el mismo pH del suelo o con un pH situado entre 7,5 y 8,0.



## 2. Valores límite para los residuos admisibles en vertederos para residuos no peligrosos

Los siguientes valores límite se aplican a los residuos no peligrosos granulares admitidos en la misma celda que residuos peligrosos no reactivos estables, calculados, en términos de liberación total, con una relación líquido/sólido (L/S) de = 2 y 10 l/kg y expresados directamente en mg/l en la columna C0 (primer eluato de un ensayo de percolación con una relación L/S = 0,1 l/kg). Los residuos granulares son todos los residuos que no son monolíticos. Los Estados miembros determinarán los métodos de prueba y los valores límites correspondientes de la tabla que deberán emplearse.

Componente	L/S = 2l/kg	L/S = 10l/kg	Co (ensayo de columna)
	mg/kg de materia seca		mg/l
As	0,4	2	0,3
Ba	30	100	20
Cd	0,6	1	0,3
Cr total	4	10	2,5
Cu	25	50	30
Hg	0,05	0,2	0,03
Mo	5	10	3,5
Ni	5	10	3
Pb	5	10	3
Sb	0,2	0,7	0,15
Se	0,3	0,5	0,2
Zn	25	50	15
Cloruro	10 000	15 000	8 500
Fluoruro	60	150	40
Sulfato	10 000	20 000	7 000
COD (*)	380	800	250
STD (**)	40 000	60 000	—

(\*) Si el residuo no cumple estos valores de COD con su propio pH, podrá alternativamente probarse con una relación L/S = 10 l/kg y un pH entre 7,5 y 8,0. El residuo podrá considerarse conforme a los criterios de admisión de COD si el resultado de esta determinación no es superior a 800 mg/kg. (Existe un proyecto de método basado en la preforma prEN 14429).

(\*\*) Los valores de STD podrán utilizarse como alternativa a los valores de sulfato y cloruro.

Además de los valores límite de lixiviación mencionados en el punto 2.3.1, los residuos granulares deberán cumplir los criterios adicionales siguientes:

Parámetro	Valor límite
COT (Carbono orgánico total)	5 % (*)
pH	mínimo 6,0
CNA (Capacidad de neutralización de ácidos)	Deberá evaluarse

(\*) Si no se alcanza este valor, la autoridad competente podrá admitir un valor límite más alto siempre que el COD alcance un valor no superior a  $800 \text{ mg/kg L/S} = 10 \text{ l/Kg}$  bien con el mismo pH que el material o con un pH situado entre 7, 5 y 8,0.

### 3. Valores límite para los residuos admisibles en vertederos para residuos no peligrosos

Los valores límite de lixiviación siguientes se aplicarán a los residuos granulares admisibles en vertederos para residuos peligrosos. Se calcularán, en términos de liberación total, para las proporciones entre líquido y sólido (L/S) de 2 l/kg y de 10 l/kg y se expresarán directamente en mg/l en la columna C0 (primer eluato de un ensayo de percolación con una proporción L/S = 0,1 l/kg). Se considerarán residuos granulares todos aquellos que no sean monolíticos. Los Estados miembros determinarán los métodos de prueba y los valores límite correspondientes de la tabla que deberán utilizarse.

Componente	L/S = 2l/kg	L/S = 10l/kg	Co (ensayo de columna)
	mg/kg de materia seca		mg/l
As	6	25	3
Ba	100	300	60
Cd	3	5	1,7
Cr total	25	70	15
Cu	50	100	60

Hg	0,5	2	0,3
Mo	20	30	10
Ni	20	40	12
Pb	25	50	15
Sb	2	5	1
Se	4	7	3
Zn	90	200	60
Cloruro	17 000	25 000	15 000
Fluoruro	200	500	120
Sulfato	25 000	50 000	17 000
COD (*)	480	1 000	320
TDS (**)	70 000	100 000	—

(\*) Si el residuo no cumple estos valores de COD con su propio pH, podrá alternativamente probarse con una relación = 10 l/kg y un pH entre 7,5 y 8,0. El residuo podrá considerarse conforme a los criterios de admisión de COD si el resultado de estadeterminación no es superior a 1 000 mg/kg. (Existe un proyecto de método basado en la prenorma prEN 14429).

(\*\*) Los valores de STD podrán utilizarse como alternativa a los valores de sulfato y cloruro.

Además de los valores límite de lixiviación que figuran en el punto 2.4.1, los residuos peligrosos deberán cumplir los criterios adicionales siguientes:

Parámetro	Valor límite
LOI (Pérdida por calcinación) (*)	10 %
COT (Carbono orgánico total) (*)	6 % (**)
CNA (Capacidad de neutralización de ácido)	Deberá evaluarse

(\*) Deberá utilizarse o bien la LOI, o bien el COT.

(\*\*) Si no se alcanza este valor, la autoridad competente podrá admitir un valor límite mayor, siempre y cuando el Carbono orgánico disuelto (COD) alcance un valor no superior a 1 000 mg/kg a L/S = 10 l/Kg bien con el mismo pH que el material, bien con un pH situado entre 7,5 y 8,0.

**ANEJO 2****VALORES LÍMITE PARA MATERIALES MONOLÍTICOS SEGÚN LA BMD**

Para materiales monolíticos ensayados siguiendo la norma holandesa NEN 7345, la BMD establece los siguientes valores límite de emisión.

Componentes	U1 (mg/m <sup>2</sup> )	U2 (mg/m <sup>2</sup> )
As	40	300
Ba	600	4500
Cd	1	7,5
Co	25	200
Cr	150	950
Cu	50	350
Hg	0,4	3
Mo	15	95
Ni	50	350
Pb	100	800
Sb	3,5	25
Se	1,5	9,5
Sn	25	200
V	250	1500
Zn	200	1500
Br	25	200
Cl	20000	150000
F	1500	9500
SO4	25000	200000

## **ANEJO 3**

### **NORMAS ESTANDARIZADAS DE LIXIVIACIÓN**

#### **1. NORMAS ESTANDARIZADAS DE LIXIVIACIÓN A NIVEL EUROPEO**

##### **CEN/TS 14405:2004**

Characterization of waste – Leaching behaviour tests - Up-flow percolation test (under specified conditions)

##### **CEN/TS 14429:2005**

Characterization of waste – Leaching behaviour tests - Influence of pH on leaching with initial acid/base addition

##### **CEN/TS 14997:2006**

Characterization of waste – Leaching behaviour tests - Influence of pH on leaching with continuous pH-control

##### **CEN/TS 15364:2006**

Characterization of waste – Leaching behaviour tests - Acid and base neutralization capacity test

##### **EN 12457-1:2002**

Characterization of waste. Leaching. Compliance test for leaching of granular waste materials and sludges. Part 1: One stage batch test at a liquid to solid ratio of 2 l/kg for materials with high solid content and with particle size below 4 mm (without or with size reduction)

##### **EN 12457-2:2002**

Characterization of waste. Leaching. Compliance test for leaching of granular waste materials and sludges. Part 2: One stage batch test at a liquid to solid ratio of 10 l/kg for materials with particle size below 4 mm (without or with size reduction)

**EN 12457-3:2002**

Characterization of waste. Leaching. Compliance test for leaching of granular waste materials and sludges. Part 3: Two stage batch test at a liquid to solid ratio of 2 l/kg and 8 l/kg for materials with high solid content and with particle size below 4 mm (without or with size reduction)

**EN 12457-4:2002**

Characterization of waste. Leaching. Compliance test for leaching of granular waste materials and sludges. Part 4: One stage test at a liquid to solid ratio of 10 l/kg for materials with particle size below 10 mm (without or with size reduction)

**2. NORMAS ESTANDARIZADAS DE LIXIVIACIÓN A NIVEL HOLANÉS**

**NEN 7340 (1992)**

Leaching characteristics of building and solid waste materials. Leaching tests. General instruction

**NEN 7341 (1992)**

Leaching characteristics of building and solid waste materials. Leaching tests. Determination of the availability of inorganic components for leaching

**NEN 7343 (1992)**

Leaching characteristics of building and solid waste materials. Leaching tests. Determination of the leaching of inorganic components from granular building and waste materials

**NEN 7345 (1992)**

Leaching characteristics of building and solid waste materials. Leaching tests. Determination of the leaching behaviour of inorganic components from shaped building materials, monolithic and stabilised waste materials

**NEN 7347 (1992)**

Leaching characteristics of building and solid waste materials. Leaching tests.  
Determination of leaching of inorganic components from powder and grain-sized materials and wastes

**3. NORMAS ESTANDARIZADAS DE LIXIVIACIÓN A NIVEL ALEMÁN**

**DIN 38414-S4 (1984)**

German standard methods for the examination of water, waste water and sludge. Sludge and sediments (group S). Determination of leachability by water.

**4. NORMAS ESTANDARIZADAS DE LIXIVIACIÓN PENDIENTES DE SER APROBADAS EN EL 2010**

**prEN 15862**

Characterization of waste - Compliance leaching test - One stage batch leaching test for monoliths at fixed liquid to surface area ratio (L/A) for test portions with fixed minimum dimensions

**prEN 15863**

Characterisation of waste - Leaching behaviour test for basic characterisation -Dynamic Monolithic Leaching Test with periodic leachant renewal, under fixed test conditions

**prEN 15864**

Characterisation of waste - Leaching behaviour test for basic characterisation - Dynamic Monolithic Leaching Test with continuous leachant renewal under conditions relevant for specified scenario(s)