

**ANEXO I. ADITIVOS EN E/S CON CAL O CEMENTO**



**A.I.1.- ADITIVOS EN E/S CON CAL O CEMENTO**

<b>RESIDUO</b>	<b>AGLOMERANTE</b>	<b>ADITIVO</b>	<b>PROCESO</b>	<b>REFERENCIA</b>
Residuos con Hg	Cemento	Polvo horno de cemento, sulfuro elemental, NaOH, KOH, Ca(OH) <sub>2</sub>	Patente	Ader et al, 1989
Sintético: sales de As (III) y As(V)	Cemento Portland I	Yeso, C.V., humo de sílice, Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> , bentonita, arcilla organofílica, "Iumnite", "Refcon"	Laboratorio	Akhter et al, 1997
Incineración de Municipales	Cemento Portland, cal	Escorias alto horno, anhidrita, C.V.	Laboratorio	Albino et al, 1994
C.V. y escorias	Cemento y arena	Bentonita y humo de sílice	Laboratorio	Allan y Kukacka, 1996
Partículas o lodos con contaminantes o radionucleidos	Cemento	Agua + aditivos (superplastificantes: naftalenos, sulfonatos, melaminas y lignosulfatos)	Patente	Allen, 1996
Slurry de carbón	Cemento	Escorias de alto horno, C.V. u otro puzzolánico	Patente	Anderson et al, 1980
Polvo de acería	Cemento Portland	Escorias	Laboratorio	Andrés e Irabien, 1994a
Polvo de acería	Cemento Portland		Laboratorio	Andrés e Irabien, 1994b
Polvos de acería	Cemento	Anhidrita	Laboratorio	Andrés et al, 1995
Sintético, metales	Cemento Portland	Puzzolánicos, humo de sílice, silicatos líquidos y bentonita	Laboratorio	Balzamo et al, 1996
Residuos de incineradoras municipales, escorias Pb y sintético: sales de metales.	Cemento Portland, cemento con escoria de alto horno	Metacaolin, NaOH, arena, escorias, agua	Laboratorio	Barna et al, 1997
Lodos de hidróxidos metálicos, de baños ácidos de Cu y Fe, recubrimiento electrolítico, lodos metálicos aceitosos	Cal o cemento	C.V., silicatos solubles, arcillas seleccionadas, emulsificadores y surfactantes, adsorbentes (carbón activo, silicatos, zeolitas, adsorbentes celulósicos)		Barth et al, 1990
Lodos con Cr, Pb y orgánicos	Cal	C.V.	In situ, piloto	Barth et al, 1990
Lodos con sulfúrico y orgánicos	Cal	C.V.	Banco	Barth et al, 1990

Anexo I. Aditivos en E/S con cal o cemento

RESIDUO	AGLOMERANTE	ADITIVO	PROCESO	REFERENCIA
Lodos ácidos con Pb, Cr	Polvo de horno de cemento	C.V.	Banco	Barth et al, 1990
Suelos con PCBs	Cemento	Patente HWT-20	Piloto	Barth et al, 1990
Suelo Pb, Cu, PCBs	Cemento	Silicato	Banco-piloto	Barth et al, 1990
C.V., Escorias alto horno y fosfoyeso	Cemento y cal	Bauxita, arcilla, yeso natural	Laboratorio	Belz et al, 1994
Arenas de fundición y pinturas	Cemento Portland	Agregado fino y grueso		Benson et al, 1985
Fangos con Cd, Cr, Pb	Cemento	C.V. y agua		Bishop et al, 1982
Producto SDA (Spray Dry Absorption)	Arena y cal-80%	C.V.	Laboratorio Monolitos	Bloem et al, 1994
Sintético con Cu y Zn	Cemento Mortero	Humo de sílice	Laboratorio	Bradley y Wiberley, 1993
Lodos con Cu, Cr, Ni	Cemento Portland	Aditivos	In situ	Bueno et al, 1997
Pb, Cd	Cemento Portland	Variable	Banco	Bueno et al, 1997
Lodos aceitosos con metales, S	Cemento Portland		Continuo	Bueno et al, 1997
Al, Ni, Cr, Cu	Cal	Aditivos	In situ	Bueno et al, 1997
Lodos de galvanoplastia y de curtido	Cemento	C.V., escoria, cal, agua, aceleradores: Na <sub>2</sub> S, NH <sub>4</sub> Cl, FeSO <sub>4</sub> , Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	Laboratorio	Chang et al, 1999
Residuos sólidos inorgánicos	Cemento	Cenizas volantes Aditivos específicos	Laboratorio	Cheeseman et al, 1994
Sintético de metales	Cemento Portland tipo I		Laboratorio	Cheng et al, 1991
Residuos Petróleo	Cal	Cenizas volantes	Patente	Chestnut et al, 1985
Lodos de aceite y residuos FBC	Cemento u hormigón	C.V.	Laboratorio	Clarke, 1994
Orgánicos	Cemento, cal,	C.V., polvo de cemento, sílice, silicatos solubles, yeso, caucho, sílice amorfa, agua, cenizas de cáscara de arroz	Patente	Conner y Smith, 1996a
Líquidos o semilíquidos	Cemento	Agua+silicato de metal alcalino en polvo+aditivos específicos (surfactante como alquilfenolsulfonato, fijativos como yeso o Plaster de Paris o fosfato diamónico, impermeabilizantes como estearato cálcico, agentes colorantes)	Patente	Conner, 1985

Anexo I. Aditivos en E/S con cal o cemento

RESIDUO	AGLOMERANTE	ADITIVO	PROCESO	REFERENCIA
Líquidos o semilíquidos	Cemento	- Silicato de metal en polvo o líquido - agua+arcilla, tierra diatomeas, silicato cálcico, humo de sílice, polímeros acrílicos, polímeros estireno, gomas naturales, compuestos organoaluminosos y celulósicos	Patente	Conner, 1986
Pb	Cemento Portland	Sulfuro de Al, silicato soluble, sulfuro sódico, fosfato amónico		Conner, 1990
Pb	Cal	C.V.		Conner, 1990
Zn	Cal	Sulfuro, C.V.		Conner, 1990
Zn	Cemento	Silicato		Conner, 1990
Orgánicos (fenoles y otros)	Cemento	Silicato soluble, C.V., bentonita		Conner, 1990
Orgánicos (fenoles y otros)	Cal	C.V.		Conner, 1990
Cianuros	Cemento Portland	Alumina activa, resina intercambiadora de iones, polisulfuro cálcico, cal+sal de Fe, surfactante+sal de Fe		Conner, 1990
Residuos aceitosos	Cal	Agente hidrofóbico		Conner, 1990
Residuos de hidrocarburos	Cal	Reactivo especial		Conner, 1990
Lodos petróleo	Cal	Yeso		Conner, 1990
Varios	Cal	C.V.		Conner, 1990
Orgánicos	Cemento	Carbón activo, arcillas orgánicas, 2 aditivos específicos (gomas particuladas, KAK-50 <sup>TM</sup> , KAX-100 <sup>TM</sup> )	Laboratorio	Conner, 1995
Escorias, Cenizas, Lodos de depuración de humos, de galvanizado, de procesos cerámicos, residuos de pinturas	Cemento +agregados inertes	Aditivos específicos	Patente	Costa et al, 1998
Lodos acabado metálico+orgánicos sintéticos	Cemento Portland	Agua, carbón activo, C.V., cal, humo de sílice	Laboratorio	Coté et al, 1990
Sintético de Pb, Cr	Cemento Portland I	Polímero Latex (Unión Carbide latex413)	Laboratorio	Daniali, 1990

Anexo I. Aditivos en E/S con cal o cemento

RESIDUO	AGLOMERANTE	ADITIVO	PROCESO	REFERENCIA
Metalurgia del Cu con mucho As	Cemento	Residuo ácido, escoria de alto horno, cal	Laboratorio	Dutré y Vandecasteele, 1995
Residuos con As	Cemento	Cal, escorias de alto horno	Laboratorio	Dutré y Vandecasteele, 1996
Metales pesados y PCBs	Cemento	Cloruros, sulfatos, fosfatos, taninos y ácido pirolignoso	Patente	Eto y Sugihara, 1998
Orgánicos	Cemento Portland tipo I	Arcillas organofílicas	Laboratorio	Faschan et al, 1996
Suelos con metales pesados y orgánicos	Cemento	C.V. + carbón activo + agua	Patente	Fleming y Channell, 1997
Polvo de horno eléctrico de acería	Cemento Portland	Agua	Patente	Frev y Litschke, 1981
Suelos contaminados con petróleo	Cal	Agua, polvo de horno de cal	Patente	Fryer, 1993
Polvo de acería	Cemento	Humo de sílice Cenizas volantes	Laboratorio	Fuessle y Taylor, 1992
Residuos con Pb	Cal o cemento	C.V., silicato	Laboratorio	Gavaskar et al, 1996
Lodos	Aglomerante hidráulico	Resinas polimerizable como urea-formaldehído o melamina-formaldehído o resina acrílica	Patente	Grafzu, 1982
Lodos con boro	Cemento	Cal, C.V.	Laboratorio	Grilc y Petkovsek, 1997
Suelos	Cemento	Cal y agua	Patente	Gunther, 1999
Sintético con fenol, anilina o naftaleno	Cemento Portland tipo I	- Carbón activo - Arena	Laboratorio	Hebatpuria et al, 1999a y b
Suelos	Lodos horno de cal, cal hidratada	C.V.	Laboratorio	Heckel y Wahab, 1996
Polvo con Hg, As, Cd, Pb, Cr (VI)	Cemento Portland	- C.V. - Cal + azufre en polvo calentándolo	Patente	Hoshino, 1984
Residuos con metales pesados	Cemento	Ácido fosfórico, dióxido de silicio poroso, silicato de aluminio, polvo de Fe	Patente	Hunahashi et al, 1997
Metales pesados	Cemento Portland	Agua	Patente	Huschka et al, 1987
Residuos con asbestos	Cemento	Arenas	Patente	Huston y Daugherty, 1989
Residuos de desulfuración	Cemento Portland tipo I	Cenizas volantes	Laboratorio	Ibáñez et al, 1998

Anexo I. Aditivos en E/S con cal o cemento

RESIDUO	AGLOMERANTE	ADITIVO	PROCESO	REFERENCIA
Suelos, cenizas, lodos de metales peligrosos, radioactivos, mezclas y metales pesados	Cal o cemento	Silice reactiva y agua	Patente	Jantzen et al, 1995
Lodos con Cd	Cal		In situ	Jones Chemicals, 1997
Residuo de curtición (Cr, COT)	Cemento	Humo de sílice Na-bentonita	Laboratorio	Jun et al, 1997
Lodos aceite	Cemento y cal	C.V. y bentonita	Banco	Kelly y Diethelm, 1996
Suelos	Cemento Portland I, cal	C.V.		Keshawarz y Dutta, 1993
Cr	Cemento	Polvo horno de cemento, silicatos, polielectrolito	Patente	Kigel et al, 1994
Residuos metalúrgicos	Cemento, C.V. y arena	“Red muds” (residuo alcalino del lixiviado de la bauxita en fabricación de alúmina)	Laboratorio	Kilingkale et al, 1997
Lodos con orgánicos	Cemento Portland	C.V., sulfato cálcico dihidratado, cal, arcillas, caucho reciclado, asfalteno, adsorbentes de orgánicos	Patente	King, 1986
Decapado de acerías ácido	Cemento Portland	Bentonita	Patente	Kupiek y Escher, 1979
Relleno seco, Pb, Cd	Cemento Portland	Silicatos	Real, Patente Toxorb	LaGrega et al, 1996
Ácido, PCB, dioxina	Cal	Polvo de horno	In situ, real	LaGrega et al, 1996
Aguas residuales con Cr, Cd, Ni y CN <sup>-</sup>	Cal	C.V.		LaGrega et al, 1996
VOCs y semiVOCs (fenol, 2,4-dimetilfenol y otros) y metales (Zn, Pb y otros)	Cemento Portland	C.V., arcillas organofílicas, carbón activo, silicato sódico	In situ-piloto	Lawson et al, 1996
Suelos	Cemento	Resinas epoxi ésteres de ácidos grasos insaturados	Patente	Leonard y Latta, 1978
Lodos con CN <sup>-</sup> y Cr	Cemento Portland I	Poliéster insaturado, dimetilnilina (promotor), peróxido de benzoilo (catalizador)	Laboratorio	Lin et al, 1993
Suelos con Pb	Cemento Portland	Sulfuro, SEA (sulfur extended asphalt), Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	Laboratorio	Lin et al, 1996

Anexo I. Aditivos en E/S con cal o cemento

RESIDUO	AGLOMERANTE	ADITIVO	PROCESO	REFERENCIA
Sintético con fenoles	Cemento	Arcillas	Laboratorio	Lo, 1996
Polvo de acería	Cemento Portland	yeso, cal, escorias de alto horno	Laboratorio	López et al, 1993
Sintético con fenol	Cemento Portland tipo V	Lignosulfonato	Laboratorio	Lu et al, 1996
Polvo de acería de arco eléctrico	Cal	C.V. + sulfato ferroso + agua	Patente	Lynn et al, 1990
C.V. incineradora de municipales	Cemento Sorel (MgO +Cl <sub>2</sub> Mg)		Laboratorio	Macakova et al, 1997
Suelos	Cemento	Silicato metal alcalino en polvo, Plaster de Paris (sulfato de Ca hemihidrato), ésteres dimetilos de succínico, adípico o glutárico, silicofluoruro de sodio	Patente	Mallow, 1985
Sintético, Metales	Cemento	Arena, escoria granulada alto horno, activadores alcalinos (agua y carbonato sódico)	Laboratorio	Malolepszy y Deja, 1994
Suelos	Cal	Compuestos de sílice (sílice amorfa, humo de sílice, sílice cristalina, gel de sílice, silicato sódico o potásico o combinaciones)	Patente	Mckennon et al, 1994
Residuos de fundición, pintura, petróleo, recubrimiento electrolítico	Polvo de horno de cemento	Silicato soluble		Mennings et al, 1991
Suelos	Cal	C.V. + ácido sulfúrico	Patente	Minnick et al, 1974
Residuo de minería (con metales)	Cemento	C.V.	Laboratorio	Misra et al, 1996
Fangos de electrodeposición con Cr	Cemento Portland	Zeolita calcinada, FeSO <sub>4</sub> , CaCO-CaCl	Patente	Mitsubishi, 1980
Sintético de Cd	Cemento tipo V	Agua	Laboratorio	Mollah et al, 1992
Lodos alcantarillado con metales pesados	Cemento	Silicato sódico soluble	Laboratorio	Montgomery et al, 1988
Sintético con fenoles	Cemento	Arcillas organofílicas: Perchem 462 <sup>®</sup>	Laboratorio	Montgomery et al, 1991
Lodos aceite refinera	Cemento, polvo de horno de cemento, cal, C.V.	Arcillas, sulfuro, arena	Planta industrial	Morgan et al, 1984
Escorias 2ª fusión Pb	Cemento	Metacaolin, arenas, soda caústica.	Laboratorio Monolitos	Moszkowicz et al, 1994
Nitruro + Mg + fosfato	Cal	Cenizas volantes	Patente	Myers y Thompson, 1987



Anexo I. Aditivos en E/S con cal o cemento

RESIDUO	AGLOMERANTE	ADITIVO	PROCESO	REFERENCIA
Sintético con Orgánicos (fenoles, PCBS, otros) e Inorgánicos.	Cemento	Silicato	Patente HWT-22	Newton, 1988
Polvo filtros y cenizas de incineradora	Cemento y Asfalto	Agua	Patente	Nishizawa y Watanabe, 1979
Orgánicos, metales pesados, radioactivas	Cemento	Agua + amina catiónica para formar emulsión	Patente	Noakes, 1993
Cd, Pb	Cal	Sulfato cálcico	Patente	O'Hara y Urban, 1986
Suelos y agregados	Cemento	Agua y silicato alcalino o gel precursor, opcionalmente un catión	Patente	Oliver et al, 1998
Sintético con metales	Cemento Portland	Sulfuro y fosfatos	Laboratorio	Ortego, 1990
Fangos ácidos y básicos usados	Lechada de cal	Escoria de alto horno	Patente	Ota, 1983
Radioactivas, radionucleidos, metales (Pb, Zn y otros)	Cal o cemento Portland	- Yeso, silicato sódico, halita, alumbre - Productos que den fosfato: ácido fosfórico, pirofosfatos, superfosfato triple, fosfato trisódico, fosfato potásico, fosfato amónico	Patente	Pal et al, 1999
Suelos con Pb, aceites y grasas y orgánicos	Cemento	Específico: Chloranan	Laboratorio	Percin y Sawyer, 1991
Residuos con orgánicos	Cemento	Carbón activo, arcillas orgánicas, zeolita, silicatos	Laboratorio	Pollard et al, 1991
Sintético Zn y Hg	Cemento	Silicato sódico (Chemfix) y agua	Laboratorio	Poon et al, 1985
Sintético con Pb, Zn, Cu Real con Cu	Cemento	Cenizas volantes	Laboratorio	Poon y Lio, 1997
Sintético LiCl	Cemento Portland	Arena, humo de sílice y superplastificante (comercial, acuoso de naftaleno sulfonato al 39% peso)	Laboratorio	Quaresima et al, 1996
Arenas fenólicas	Cemento Portland	C.V., caolin, bentonita	Laboratorio	Reddi et al, 1996
Sintético Cr	Cemento	Agua	Laboratorio	Rinehart et al, 1997
Lodos metálicos (Cr, Ni, Cd, Hg)	Cemento	C.V.	Laboratorio	Roy et al, 1991
Sintético con metales de galvanizado	Cemento Portland I	Agua	Laboratorio	Roy et al, 1992

Anexo I. Aditivos en E/S con cal o cemento

RESIDUO	AGLOMERANTE	ADITIVO	PROCESO	REFERENCIA
Sintético con metales de galvanizado	Cemento Portland I o cal	C.V. y NaOH	Laboratorio	Roy et al, 1993
Se	Cemento	- Humo de sílice - Arcillas	Laboratorio	Rudin, 1996
Metales (Cr y otros)	Cemento y cal	Escoria granulada, NaOH, HCl, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Patente	Rysman de Lockerente y Van de Voorde, 1976
Lodos cianurados	Cemento	Surfactante catiónico y sal de Fe	Patente	Saiga y Maeder, 1978
Residuos de desulfuración	Residuos cálcicos	C.V. u otros estabilizantes		Santhanam y Lunt, 1981
Metales pesados	Cal o Ca(OH) <sub>2</sub>	Ácido ortofosfórico, alcalino o su sal y agua	Patente	Sarritzu, 1999
Suelos mixtos	Cemento	Copolímero de ácido acrílico/sulfónico o su sal, lo mismo con acrílico/fosfónico o acrílico sólo o los 3	Patente	Shendy et al, 1999
Sintéticos: fenol y clorofenoles	Cemento	Bentonita modificada, carbón activo	Laboratorio	Sheriff et al, 1989
Polvo de horno de arco	Cal y escorias de alto horno	Humo de sílice, metasilicato sódico	Piloto	Shi et al, 1995
Cr(VI)	Cemento	Agua		Shikami y Shikata, 1977
Residuo de curtición ( 1,2%Cr, 1,5% COT y 80% humedad)	Cemento	- Humo de sílice - Arcilla - Cenizas	Laboratorio	Shin y Jun, 1995
Orgánicos y metales	Cemento	Carbón activo, C.V., agua, reterdador	In situ	Siegrist et al, 1996
Sintético con orgánicos (fenoles)	Cemento, cal	Agua, escorias	Patente HWT-22 y otro con cal	Soundararajan et al, 1991
Acuosos	Cemento	C.V.	Patente	Spangle y Coleman, 1989
Fenoles y metales	Cemento Portland	C.V. y carbón activo	Patente	Stablex, 1979
Materiales dragados	Cemento	Aditivos	Patente	Studer, 1998
Fangos con PCBs, Hg, cianuros, Cr, Cd, Pb, As	Cemento	Lípido de aceites grasos o ácidos grasos de cadena larga	Patente	Takenaka, 1979
Sintético con Cr, Cd y Ni	Cemento	- Humo de sílice - Cenizas volantes - Carbón activo	Laboratorio	Tamás et al, 1992
Polvo horno de arco eléctrico	Cemento	Humo de sílice, C.V. y aceleradores (Daracel y Daraset)	Laboratorio	Taylor y Fuessle, 1994
Residuos siderúrgicos	Cemento	Cal, C.V. y en moldes PVC	Planta piloto	Troyano y Salvador, 1996
Metales	Cemento	C.V., silicatos		Trussell y Spence, 1994

Anexo I. Aditivos en E/S con cal o cemento

RESIDUO	AGLOMERANTE	ADITIVO	PROCESO	REFERENCIA
Orgánicos	Cemento	Arcillas, bases de sílice, emulsificadores para aceitosos		Trussell y Spence, 1994
Aceitoso	Cemento	Nitrato cálcico, silicato sódico		Trussell y Spence, 1994
Orgánicos (fenol y otros)	Cemento	Silicato sódico y cálcico		Trussell y Spence, 1994
Trazas de orgánicos	Cemento	C.V., bentonita, silicatos solubles		Trussell y Spence, 1994
PCBs, COVs y metales pesados	Cemento	Arcilla organofílica	IWT	Trussell y Spence, 1994
Sintético de acabado metálico	Cemento o cal	C.V.		Trussell y Spence, 1994
Lodos metálicos (de plásticos, galvanizado, cloro-alkali, acabado metálico, ...)	Cemento Portland, cal	Silicato sódico, cloruro cálcico y C.V.	Laboratorio	Tseng, 1988
Lodos con Cr (VI)	Cemento y emulsiones asfálticas	Inhibidores de Cr(VI) (sales de Fe y cal)		Tsukasa, 1978
Residuos de perforación de petróleo	Cemento, klinker	Bentonita, C.V., cal, caolinita, yeso, marmol	Laboratorio	Tuncan et al, 1997
Sólidos metalúrgicos con As	Cemento	Cal	Laboratorio	Twidwell et al, 1994
C.V., residuos con metales pesados	Cemento	- Sulfúrico, fosfórico o malónico+gel de sílice, aluminio, tierra diatomeas, óxido de Ti o cuarzo - Arcilla ácida, tierra de Fuller, montmorillonita, bentonita, caolin, clorita, arcilla natural, compuestos polianiónicos, resinas de intercambio iónico, agente reductor, alofeno o bentonita, zeolita. - Inhibidor (gel de sílice, tierra diatomeas, bentonita, arcilla activada, estearatos, acetato alquilamino, arcilla ácida de aceite de palma, bauxita activada, alúmina activada, resinas acrílicas, acetato de polivinilo, butiral polivinilo, parafina, sulfuro, CO <sub>3</sub> Ca, CO <sub>3</sub> Mg, fosfato cálcico, caolin, talco, citrato de Fe y amonio, sulfato potásico, silicato aluminico)	Patente	Ueshima et al, 1998
Fundición (lodos y polvos)	Cemento y cal	Arenas de fundición	Industrial	van Note et al, 1985
Suelo con fenol	Cemento Portland I	Caolinita, bentonita		Vipulanandan, 1995; Vipulanandan et al, 2000

Anexo I. Aditivos en E/S con cal o cemento

RESIDUO	AGLOMERANTE	ADITIVO	PROCESO	REFERENCIA
Sintético: fenol+PAHs	Cemento	Mezclas inertes: bentonita activa, arcillas, C.V. y "Phenotex" (Patente)	Laboratorio Monolitos	Vogel y Schmidt, 1994
Fangos de galvanoplastia Cd, Cu, Cr	Cal residual, CaSO <sub>4</sub> /SO <sub>3</sub> de procesos FGD	- C.V. de procesos FGD - Calcilox (agente de fijación comercial)		Weeter, 1982
Residuos peligrosos y poco radioactivos	Cemento	Silicato de metal alcalino+agente gelificante, escorias alto horno, C.V, polvo horno	Patente	Weszely, 1996
Residuos con Hg	Cemento Portland I y II	Latex EVA200	Laboratorio	Yang et al, 1993
Materiales con Pb	Cal, yeso	Ácido fosfórico	Patente	Yost y Pal, 1999
Sintéticos con Zn	Cemento	Silicato de Ca hidratado	Laboratorio	Ziegler et al, 1999

C.V.: Cenizas volantes

## A.I.2.- ADITIVOS EN CAL O CEMENTO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES DEL AGLOMERANTE

AGLOMERANTE	ADITIVO	PROCESO	REFERENCIA
Hormigón	Humo de sílice	Laboratorio	Alaejos y Fernández, 1999
Cemento Portland tipo I y agregados	- Humo de sílice - Superplastificante	Laboratorio	Alsayed, 1998
Cemento	Silicato soluble	Proceso Comercial, Chemfix	Barth et al, 1990
Cemento	Silicato soluble	Proceso Comercial, Envirotech Patente	Barth et al, 1990
Cemento	C.V., lodos de scrubber	Proceso Comercial, Velsicol	Barth et al, 1990
Cemento, cal, yeso	Resina polibutadieno	Proceso Comercial, TRW Systems	Barth et al, 1990
Cemento	Yeso natural, fosfoyeso, caliza, arcilla, bauxita, sílice, C.V., escorias de alto horno	Laboratorio	Beretka et al, 1996
Cemento	Escorias diversas, C.V. y material reciclado		Bialucha et al, 1994
Mezclas para hormigón	Puzolanas naturales, C.V., microsílice, escorias, caliza	Laboratorio, Monolitos	Bijen, 1994
Cemento o cal	C.V. y bentonita	Laboratorio, Monolitos	Cabrera y Woolley, 1994
Cemento	- Adsorbentes: arcillas, tierra de diatomeas, C.V., carbón activo - Agua de mar - Compuestos de Fe. - Sílice amorfa. - Fosfato trisódico. - Cal		Conner, 1990
Cemento	- Surfactantes: lignosulfonato sódico o cálcico, polioxietileno - Aceleradores: aluminato cálcico, óxido de Mg, bicarbonato sódico, escorias, yeso - Endurecedores: humo de sílice, alcohol polivinílico.		Conner, 1990
Cemento	- Bajan la permeabilidad: acetal polivinilo, polímero isocianoturea. - Hacen producto hidrofóbico: estearato de Al. - Parafina (C12-C16) - Adsorbente: vermiculita. - Anti-inhibidor: yeso/sulfato.		Conner, 1990
Cemento	Escorias alto horno granuladas, C.V.	Laboratorio	Dehuai y Zhaoyuan, 1997

Anexo I. Aditivos en E/S con cal o cemento

AGLOMERANTE	ADITIVO	PROCESO	REFERENCIA
Cemento	Fosfoyeso, boroyeso, yeso natural, lodos con boro, residuos con boro, cenizas pesadas de lignito, escorias de acería y fosfato dicálcico	Laboratorio	Demirbas, 1996
Cemento, hormigón o mortero	Agua, gomas, C.V.	Laboratorio	Fattuhi y Clark, 1996
Cemento Portland	Fosfoyeso de la industria de fertilizantes	Laboratorio	Ghafoori y Chang, 1993
Cemento	Escoria, C.V., humo de sílice, caliza, metacaolín, productos de desulfuración, polvo de horno de cemento		Glasser, 1996
Cemento	Cal, aditivos puzolánicos (escorias, C.V., humo de sílice), agua		Glasser, 1997
Cemento	Agua, C.V., arena	Laboratorio	Gopalan, 1993
Cemento	Agua, C.V., agregados (arenas y otros)	Laboratorio	Gopalan, 1995
Cemento	Cenizas de cáscara de arroz, arena	Laboratorio	Gutiérrez y Delvasto, 1994
Cemento	C.V.		Gutiérrez y Delvasto, 1996
Cemento Portland I	Fosfoyeso	Laboratorio	Gutti et al, 1996
Cemento	Escoria, NaOH, agua	Laboratorio	Häkkinen, 1993
Hormigón	Fibras de acero, vidrio, lana y vegetales	Laboratorio	Hamvush y El-Hawary, 1994
Cemento	C.V., agua, arena, agregados y superplastificante específico	Laboratorio	Haque et al, 1992
Cemento	Cenizas volantes	Laboratorio	Hohberg y Rankers, 1994
Cemento	C.V., escorias	Laboratorio	Huang et al, 1996
Cemento	- Humo de sílice - Bentonita - Polipropileno - Cenizas volantes	Laboratorio	Huang, 1997
Cemento	Humo de sílice, arena o grava, agua, superplastificante	Laboratorio	Hwang et al, 1994
Cemento+arena	Agua, agregado, cenizas de cáscara de arroz	Laboratorio	Ikpong, 1993
Cemento	Escoria, C.V., puzolanas naturales, agregados	Laboratorio	Irassar et al, 1996
Cemento	Fosfoyeso	Laboratorio	Jarosinski, 1994
Cemento	Humo de sílice, escorias de alto horno	Laboratorio	Jianyoung y Pei, 1997
Cemento	C.V.		Keck y Riggs, 1997
Cemento	escorias de alto horno	Laboratorio	Khalil, 1996
Cemento	- Humo de sílice - Superplastificante	Laboratorio	Khalil, 1999
Cemento Portland	C.V., humo de sílice, cal, agua, agregado	Laboratorio	Khan y Ayers, 1994
Cemento Portland	Escorias de alto horno, C.V., humo de sílice, agua, superplastificante (lignosulfonato de Na y naftaleno-formaldehído de calcio condensado)	Laboratorio	Khatri et al, 1995

Anexo I. Aditivos en E/S con cal o cemento

AGLOMERANTE	ADITIVO	PROCESO	REFERENCIA
Cemento Portland	Escorias, humo de sílice	Laboratorio	Khatri et al, 1997
Cemento	C.V., agregados, superplastificantes (base polialquilsulfonato, polímero ácido sulfónico con derivados ácido metacrílico), agentes reductores de agua de alto rango (base sulfonato-naftaleno), agentes control de segregación (tipo polímero polisacárido, tipo acrílico, eter metil-celulosa), acelerador (humo de sílice)	Laboratorio	Koizumi et al, 1994
Cemento	C.V., superplastificante (base formaldehído melamina sulfonato)	Laboratorio	Krishma, 1996
Cemento o yeso	Agua+agregado sólido inerte (arena) + superplastificante (resinas formaldehído-melamina sulfonato o formaldehído-urea-melamina sulfonato)	Patente	Lahalih y Absi-Halabi, 1987
Cemento	Humo de sílice, superplastificante (Melmert) y agregado artificial	Laboratorio	Larbi y Steijaert, 1994
Cemento	Humo de sílice o microsílice, agregados		Luther y Smith, 1994
Cemento	C.V., agua, agregado	Laboratorio	Maher y Balaguru, 1993
Cemento	C.V., escorias, humo de sílice, cenizas de cáscara de arroz		Malhotra, 1993
Cemento Portland I	Sales (NO <sub>3</sub> Na, SO <sub>4</sub> Na <sub>2</sub> , ClNa)	Escala piloto	Malone et al, 1997
Cemento	Escoria de Cu	Laboratorio	Mobasher et al, 1996
Cemento Portland	Lignosulfonato	Laboratorio	Mollah et al, 1995a y b
Cemento Portland tipo V	Lignosulfonato	Laboratorio	Mollah et al, 1999
Cemento Portland tipo I	Lignosulfonato	Laboratorio	Mollah et al, 2000
Cemento con/sin arena	Residuos fibra de PP	Laboratorio	Naaman et al, 1996
Cemento	Escorias	Laboratorio	Osborne, 1986
Cemento Portland tipos II y III	- Humo de sílice - Cenizas volantes	Laboratorio	Ozyildirim y Halstead, 1994
Cemento	- Humo de sílice - Escorias	Laboratorio	Ozyildirim, 1993
Cemento	- Humo de sílice - Escorias	Laboratorio	Ozyildirim, 1994
Cemento	C.V.	Laboratorio	Payá et al, 1994a y b
Cemento	C.V.	Laboratorio	Payá et al, 1996
Cemento y arena	“Cormix AES” y escorias alto horno granuladas	Laboratorio	Pickfond y Crompton, 1996
Cemento	C.V. y escorias de alto horno granuladas	Laboratorio	Pietersen y Bijen, 1994
Cemento	C.V., escorias alto horno granuladas	Laboratorio	Plowman y Cabrera, 1996
Cemento	C.V., escorias de alto horno granuladas	Laboratorio	Plowman, 1994

Anexo I. Aditivos en E/S con cal o cemento

AGLOMERANTE	ADITIVO	PROCESO	REFERENCIA
Cemento	- Yeso - Cenizas volantes - Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> - CaSO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O	Laboratorio	Pu, 1999
Cemento Portland	C.V., retardadores (ASTM C494 Tipo D), superplastificantes (ASTM C494 Tipo G) y agregados (arena playa, piedras dolomíticas)	Laboratorio	Ravina, 1996
Cemento	Resinas (con PET, dietilenglicol, anhídrido maleico, anhídrido ftálico o isoftálico y estireno), arenas, C.V.	Laboratorio	Rebeiz et al, 1996
Cemento Portland tipo I +arenas y agregados	- Humo de sílice - Cenizas de cáscara de arroz - Superplastificante: melamina	Laboratorio	Salas et al, 1997
Cemento Portland I	Humo de sílice, escorias de alto horno, agregados	Laboratorio	Shaheen et al, 1997
Cemento	- Cal - Cenizas volantes - Escorias - Caliza	Laboratorio	Sharma y Pandey, 1999
Cemento	Superplastificante (sulfonatos orgánicos)	Laboratorio	Stöber y Pöllmann, 1998
Cemento	humo de sílice, “pozzolit” (mezcla de mineral activo), arena , piedra molida, plastificante BP-1, agua	Laboratorio	Stoitchkov et al, 1996
Clinker con Haiüyne	Anhidrita, escoria de alto horno	Laboratorio	Takuma et al, 1996
Cemento Portland	Cenizas de residuos de aceite de palma y agregados	Laboratorio	Tay y Show, 1996
Cemento	Arenas, caliza, silextone, C.V.	Laboratorio	Thomas et al, 1996
Cemento	Escorias	Laboratorio	Tüfekçi et al, 1997
Cemento y arena	- Bentonita. - Retardadores: azúcar, hidroxicarboxilato, fosfato. - Dispersantes: carboxilato y sulfonato+carboxilato. - Carbonato sódico. - Escorias alto horno.	Laboratorio, Monolitos	Vchiyama y Horiuchi, 1994.
Cemento	- Cenizas volantes - Humo de sílice	Laboratorio	Waller et al, 1997
Cemento	Arena, C.V. y superplastificante	Laboratorio	Weinwright y Cabrera, 1994
Cemento	“Mud” (3% arcilla prehidratada), activadores (Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> , NaOH, escorias de alto horno, BA1, BA2, Dispersante (BD1)	Laboratorio	Wu y Huang, 1996
Cemento	Arenas, agua, C.V., arcilla, agregados de demolición	Laboratorio	Zakaria y Cabrera, 1996

C. V.: Cenizas volantes



**ANEXO II. CANTIDADES DE LIGNOSULFONATO, HUMO DE SÍLICE Y  
CARBÓN ACTIVO UTILIZADOS COMO ADITIVOS EN E/S**



**A.II.1.- CANTIDADES DE LIGNOSULFONATO UTILIZADAS COMO ADITIVO EN E/S.**

<b>Residuo</b>	<b>Aglomerante</b>	<b>Cantidad de aditivo</b>	<b>Otros aditivos</b>	<b>Referencia</b>
General	Cemento	0,01-5% en sólidos	No	Allen, 1996
Fenol	Cemento	1% en sólidos	No	Lu et al, 1996
No	Cemento	0,1-0,3% en sólidos	No	Mollah et al, 1995a
No	Cemento	1% en sólidos	No	Mollah et al, 1999
No	Cemento	1% en sólidos	No	Mollah et al, 2000

**A.II.2.- CANTIDADES DE HUMO DE SÍLICE UTILIZADAS COMO ADITIVO EN E/S.**

<b>Residuo</b>	<b>Aglomerante</b>	<b>Cantidad de aditivo</b>	<b>Otros aditivos</b>	<b>Referencia</b>
As	Cemento	5% en cemento	No	Akhter et al, 1997
No	Hormigón	5-15% en hormigón	No	Alaejos y Fernández, 1999
Suelos	Hormigón	11% en cemento	Bentonita	Allan y Kukacka, 1996
No	Hormigón	10% en cemento	Sp*	Alsayed, 1998
Sintético	Cemento	25% en cemento	No	Balzamo et al, 1996
General	Cemento	0-45% en cemento	Otros	Conner, 1986
Polvo de acería	Cemento	0-30% en cemento	Cenizas volantes	Fuessle y Taylor, 1992
No	Cemento	5% en sólidos	Cenizas	Huang, 1997
Curtición	Cemento	5-10% en sólidos	Bentonita	Jun et al, 1997
No	Cemento	20% en cemento	Sp*	Khalil, 1999
No	Cemento	3-10% en sólidos	Cenizas volantes	Ozyildirim y Halstead, 1994
No	Cemento	7-10% en sólidos	Escorias Cenizas	Ozyildirim, 1993
No	Cemento	3-5% en sólidos	Escorias	Ozyildirim, 1994
LiCl	Cemento	0-20% en cemento	Sp*	Quaresima et al, 1996
Se	Cemento	0-20% en sólidos	Arcilla	Rudin, 1996
No	Hormigón	15% en hormigón	Cenizas	Salas et al, 1997
Escorias	Cal	7,9% total	No	Shi et al, 1995
Curtición (Cr, COT)	Cemento	0-20% en sólidos	Arcillas Cenizas	Shin y Jun, 1995
Sintético	Cemento	10% en cemento	Cenizas	Tamás et al, 1992
Polvo de acería	Cemento	15% en cemento	No	Taylor y Fussle, 1994
No	Cemento	5-50% en cemento	Cenizas	Waller et al, 1997

\* Superplastificante

**A.II.3.- CANTIDADES DE CARBÓN ACTIVO UTILIZADAS COMO ADITIVO EN E/S.**

<b>Residuo</b>	<b>Aglomerante</b>	<b>Cantidad de aditivo</b>	<b>Otros aditivos</b>	<b>Referencia</b>
Suelos con orgánicos	Cemento	10% total	No	Conner y Lear, 1991; Conner, 1995; Conner y Smith, 1996b
Lodos metálicos+ Orgánicos	Cemento	14,29% total	No	Coté et al, 1990
General	Cemento			Fleming y Channell, 1997
fenol, anilina naftaleno	Cemento	1-2%	Arena	Hebatpuria et al, 1999a y b
General	Cemento		Otros	King, 1986
Suelos	Cemento	10-20% en cemento	No	Lawson et al, 1996
Orgánicos	Cemento	1-10% total	No	Pollard et al, 1991
Metales y orgánicos	Cemento	17% total	Cenizas volantes	Siegrist et al, 1996
Fenoles	Cemento		No	Stablex, 1979
Sintético Cr, Cd, Ni	Cemento	10% total	Cenizas, humo sílice	Tamás et al, 1992