

SONIA VALDIVIA MERCADO

INSTRUMENTOS DE GESTIÓN AMBIENTAL PARA EL SECTOR CONSTRUCCIÓN



**FONDO
EDITORIAL**

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

Sonia Valdivia Mercado es doctora por la Universidad de Karlsruhe – Instituto de Producción Industrial (Alemania) e ingeniera industrial por la Pontificia Universidad Católica del Perú. Es, además, auditora acreditada por el International Register of Certificated Auditors (IRCA) y por la Germanischer Lloyd Certification, donde se desempeña como auditora de sistemas de gestión ambiental ISO 14001 Germanischer Lloyd Certification para América Latina.

Ha publicado *Potenciales de substitución de recursos naturales por materiales reciclados* (Fráncfort 1995), así como importantes publicaciones en revistas especializadas. La primera edición de *Instrumentos de gestión ambiental para el sector construcción* fue publicada en el año 2002 por el Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.

INSTRUMENTOS DE GESTIÓN AMBIENTAL
PARA EL SECTOR CONSTRUCCIÓN

SONIA VALDIVIA MERCADO

INSTRUMENTOS DE GESTIÓN AMBIENTAL
PARA EL SECTOR CONSTRUCCIÓN



**FONDO
EDITORIAL**

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

*Instrumentos de gestión ambiental
para el sector construcción*

Primera edición 2002

Segunda edición 2009

© Sonia Valdivia Mercado, 2009

De esta edición:

© Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú, 2009

Av. Universitaria 1801, Lima 32 - Perú

Teléfono: (511) 626-2650

Fax: (511) 626-2913

feditor@pucp.edu.pe

www.pucp.edu.pe/publicaciones

*Prohibida la reproducción de este libro por cualquier medio,
total o parcialmente, sin permiso expreso de los editores.*

ISBN: 978-9972-42-879-1

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2009-02626

Impreso en el Perú – Printed in Peru

Índice

AGRADECIMIENTOS	15
PREFACIO	17
INTRODUCCIÓN	21
1.1 Gestión ambiental en el sector de la construcción internacional	21
1.2 Contenido	24
1.3 Objetivos	26
CONDICIONES DE MARCO PARA LA GESTIÓN AMBIENTAL EN EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN	27
2.1 Aspectos e impactos ambientales en las actividades de la construcción	28
2.1.1 Definiciones	29
<i>Impacto ambiental</i>	29
<i>Medio ambiental</i>	29
<i>Aspecto ambiental</i>	29
2.1.2 Impactos ambientales de la explotación de recursos naturales para la construcción: grava, arena y piedras	30
<i>Impacto en la naturaleza y el paisaje</i>	31
<i>Impacto en los intereses forestales y de usos de tierras</i>	32
<i>Impacto en la calidad de vida</i>	32
2.1.3 Impactos sobre los medios durante los procesos constructivos	32
<i>Aire</i>	32
<i>Suelos</i>	33
<i>Aguas superficiales o subterráneas</i>	34
2.1.4 Aspectos ambientales en una construcción genérica	36
<i>Combustibles usados en la generación de energía</i>	36
<i>Consumo de agua</i>	37

	<i>Piedras y arena</i>	37
	<i>Fracciones minerales inorgánicas</i>	39
	<i>Manejo de residuos y sustancias peligrosas</i>	43
	<i>Residuos no peligrosos</i>	44
	<i>Materiales para disposición final</i>	44
	<i>Emisiones a la atmósfera</i>	44
	<i>Polvos y olores</i>	45
	<i>Ruido</i>	46
	<i>Vibraciones</i>	47
	<i>Transporte</i>	48
	<i>Insumos y energía empleados durante las fases de uso y mantenimiento del objeto construido</i>	48
2.1.5	Sistematización de impactos, aspectos y medios ambientales	49
2.1.6	Metodología para la identificación de aspectos ambientales significativos	51
2.1.7	Determinación de aspectos ambientales en una obra genérica	52
2.2	Estrategias ambientales	59
2.2.1	Integración del ciclo productivo y de consumo: ciclo de vida	60
2.2.2	Prevención de la contaminación y mejora continua	69
2.2.3	Reciclaje y reutilización de residuos en el sector de la construcción	71
2.2.4	Disposición final	72
2.3	Instrumentos de gestión ambiental	73
2.3.1	Evaluación de impacto ambiental	74
	<i>Proceso de desarrollo de un estudio de impactos ambientales</i>	74
	<i>Metodologías de identificación y evaluación de aspectos e impactos ambientales</i>	75
2.3.2	Sistemas de gestión ambiental (SGA)	79
2.3.3	Auditoría ambiental	83
	<i>Tipos de auditorías ambientales (CSA 1994)</i>	84
	<i>Pasos para el desarrollo de un auditoría ambiental (CSA 1994)</i>	84
	<i>Auditoría de certificación según el ISO 14001</i>	85
2.3.4	Ecoetiquetado	85
	<i>Ecoetiquetas de mayor aplicación (OECD 1991)</i>	87
	<i>En el sector de la construcción</i>	87
2.3.5	Evaluación de desempeño ambiental: indicador IMPS	90
	<i>Metodología (Schmidt-Bleek 1994)</i>	90
	<i>IMPS de cemento y agregados del concreto (WP-27 1995)</i>	91

2.4	Marco normativo de gestión ambiental en la actividad de la construcción en un país europeo. Estudio de caso: Alemania	93
2.4.1	Instrumentos de política ambiental	94
	<i>Instrumentos administrativos</i>	94
	<i>Instrumentos políticos-financieros</i>	94
	<i>Fortalecimiento de la conciencia ambiental</i>	94
2.4.2	Marco legal y normas relevantes en Alemania	94
	<i>Legislación europea</i>	95
	<i>Legislación alemana</i>	95
2.4.3	Ley de inmisiones (BImSchG 1974)	97
2.4.4	Ley de residuos (KrW-/AbfG 1994)	98
2.4.5	Ley de aguas (WHG 1996)	100
2.4.6	Ley de evaluación de impacto ambiental (UVPG 1990)	101
2.4.7	Ley de auditoría ambiental (EWG Nr. 1836/93 1993)	101
2.4.8	Ley de penalidades ambientales (UmwelthaftG 1991)	101
2.4.9	Regulaciones técnicas	102
2.4.10	Certificación <i>Security Certification Contract</i> (SCC)	103
MATERIALES EN EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN		105
3.1	Criterios de selección de materiales	106
3.2	Manejo del asbesto como material tóxico	110
	<i>Medidas de reconocimiento de productos libres de asbesto</i> (TRGS 519 1995)	112
	<i>Medidas de información al personal</i> (GefStoffV 1993)	112
	<i>Análisis médicos preventivos</i> (TRGS 519 1995)	112
	<i>Medidas de protección personal durante los trabajos</i> (TRGS 519 1995)	112
	<i>Medidas de higiene</i> (TRGS 519 1995)	113
	<i>Manejo de residuos de asbesto</i> (TRGS 519 1995)	113
	<i>Tratamiento para la destrucción de fibras de asbesto</i>	114
SISTEMA DE GESTIÓN AMBIENTAL EN OBRAS DE CONSTRUCCIÓN		115
4.1	Objetivos	115
4.2	Metodología para el desarrollo de un sistema de gestión ambiental en una obra de construcción	116
4.3	Implementación de un sistema de gestión ambiental	118
4.3.1	Compromiso ambiental de la gerencia	118
4.3.2	Definición de los alcances del sistema	121
4.3.3	Planificación	122
	<i>Definición de la política ambiental</i>	122

	<i>Descripción de la obra</i>	122
	<i>Identificación de legislación ambiental y de otros requisitos</i>	125
	<i>Identificación y evaluación de aspectos ambientales significativos</i>	127
	<i>Determinación de objetivos y metas</i>	128
	<i>Programa de acciones para el cumplimiento de objetivos</i>	129
4.3.4	Implementación	130
	<i>Asignación de responsabilidades y autoridades</i>	130
	<i>Capacitación de empleados y obreros</i>	130
	<i>Diseño e implementación de canales de comunicación interna y externa</i>	131
	<i>Documentación del sistema de gestión y control</i>	131
	<i>Implementación de planes de contingencia y capacidad de respuesta ante emergencias</i>	133
	<i>Control operacional del sistema de gestión</i>	133
4.3.5	Control y acción correctiva	137
	<i>Monitoreo del sistema</i>	137
	<i>Acciones correctivas y preventivas</i>	138
	<i>Auditoría del SGA (conformidades y no conformidades)</i>	138
4.3.6	Revisión por la dirección	138
4.3.7	Compatibilización de los sistemas de gestión existentes	139
4.4	Evaluación de los costos y beneficios	140
OPCIONES DE RECICLAJE PARA FRACCIONES DE RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN		
		145
5.1	Opciones de reciclaje según reglamentos técnicos en Alemania	146
5.2	Opciones de reciclaje según reglamentos técnicos en Perú	149
5.3	Requisitos de calidad para fracciones obtenidas de residuos de la construcción	152
5.3.1	Estudio de impacto ambiental del uso de materiales secundarios	153
5.3.2	Control de calidad de materiales de construcción reciclados	153
5.3.3	Compuestos de azufre	154
5.3.4	Cloruros solubles en agua	155
FACTORES QUE INFLUYEN EN LA REUTILIZACIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN SECUNDARIOS		
		157
6.1	Factores técnicos	157
6.1.1	Tecnologías de tratamiento de residuos de la construcción	158

6.1.2	Clasificación de las plantas de tratamiento de residuos de la construcción	159
6.1.3	Estudio de caso: descripción integral del diseño y funcionamiento de una planta estacionaria de reciclaje en Alemania	161
	<i>Parámetros de diseño</i>	161
	<i>Descripción de la planta</i>	161
	<i>Capacidad de Trituración: 200 TM/h</i>	161
	<i>Elección de la ubicación de la planta</i>	167
	<i>Planeación de la infraestructura</i>	168
6.2	Factores económicos	172
6.2.1	Factores económicos de la fase de tratamiento	174
	<i>Inversiones para una planta de tratamiento</i>	174
	<i>Costos de operación de una planta de tratamiento</i>	177
	<i>Evaluación económica de una planta de tratamiento estacionaria</i>	182
6.2.2	Factores económicos de la fase de reutilización	183
6.3	Factores subjetivos: estrategias para la comercialización de materiales reciclados	184
6.3.1	Factores subjetivos para una aceptación de los materiales reciclados	185
	<i>Confianza en los productos reciclados</i>	185
	<i>Estética</i>	185
	<i>Disponibilidad del material</i>	185
	<i>Conciencia ambiental</i>	185
6.3.2	Acciones para la superación de barreras frente al uso de materiales reciclados	186
	<i>Producto diferenciado</i>	186
	<i>Política de comunicación</i>	187
	<i>Relaciones públicas</i>	187
	<i>Publicidad</i>	188
	<i>Incentivos en la venta</i>	188
	<i>Marketing directo</i>	188
	<i>Venta personal</i>	188
	CONCLUSIONES	189
	ANEXO: IMPLICANCIAS AMBIENTALES DEL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN EN EL PERÚ ACTUALIZADO AL 2007	199
	BIBLIOGRAFÍA	253

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1:	Relaciones entre instrumentos, impactos, aspectos y criterios ambientales	27
Figura 2:	Clasificación de los residuos de la actividad de la construcción	42
Figura 3:	Impactos, medios y aspectos ambientales	50
Figura 4:	Esquema de aspectos ambientales en un sistema productivo	53
Figura 5:	Diagrama de flujo de procesos constructivos de una edificación genérica	61
Figura 6:	Análisis del ciclo de vida de una puerta de madera	69
Figura 7:	Normas de la serie ISO 14000	83
Figura 8:	Sistema de gestión ambiental según el ISO 14001	117
Figura 9:	Perfil de una carretera	146
Figura 10:	Curva de granulometría de una mezcla de agregados	162
Figura 11:	Diagrama de flujo del procesamiento de residuos de la construcción	163
Figura 12:	Sensibilidad de los periodos de recuperación frente a los precios de venta y tasa interna de retorno para una planta estacionaria	183

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1:	Clasificación de piedras y arenas según el tamaño de las partículas en el Perú	38
Cuadro 2:	Clasificación de piedras chancadas, grava y arenas según el tamaño de partículas en Alemania	39
Cuadro 3:	Aspectos ambientales, fuentes y responsables	50
Cuadro 4a:	Tabla de puntuación para la evaluación de aspectos ambientales	55
Cuadro 4b:	Tabla de valoración de aspectos ambientales	56
Cuadro 5:	Recursos consumidos como aspectos ambientales en la construcción genérica de una edificación	64
Cuadro 6:	Contaminantes como aspectos ambientales en la construcción genérica de una edificación	65
Cuadro 7:	Comparación de impactos durante el ciclo de vida de dos edificaciones: una tradicional y otra mejorada	68
Cuadro 8:	Lista de normas de la serie ISO 14000 - estado a febrero del año 2000	81
Cuadro 9:	IMPS para la producción de cemento Portland	92
Cuadro 10:	IMPS de la explotación de gravas, piedra chancada y arenas	93
Cuadro 11:	IMPS de cemento, piedras y arenas	93

Cuadro 12:	Relación de normas ambientales europeas y alemanas	96
Cuadro 13:	Estructura institucional del derecho alemán	97
Cuadro 14:	Compuestos orgánicos volátiles encontrados en edificaciones	106
Cuadro 15:	Comparación de materiales de construcción bajo criterios ambientales en los exteriores de una edificación	108
Cuadro 16:	Comparación de materiales de construcción bajo criterios ambientales en los interiores de una edificación	109
Cuadro 17:	Ejemplo de lista maestra de normas y leyes reguladoras de los impactos ambientales al aire	126
Cuadro 18:	Actividades y aspectos ambientales en la obtención de una pared de concreto	127
Cuadro 19:	Indicadores ambientales	129
Cuadro 20:	Programa ambiental	130
Cuadro 21:	Manual ambiental y de procedimientos	132
Cuadro 22:	Beneficios y costos generales estimados de un SGA	141
Cuadro 23:	Beneficios y costos por actividad en el desarrollo e implementación de un SGA	142
Cuadro 24:	Opciones de reciclaje para residuos de construcción según la reglamentación alemana	148
Cuadro 25a:	Características de los residuos de construcción según la reglamentación peruana	150
Cuadro 25b:	Opciones de reciclaje para residuos de construcción según la reglamentación peruana	151
Cuadro 26:	Límites máximos permisibles de sustancias en bases y sub-bases granulares sin aglutinantes de carreteras	155
Cuadro 27:	Comparación de características de plantas de tratamiento móviles y estacionarias	160
Cuadro 28:	Distancias autorizadas y límites máximos permisibles de los niveles de ruido para plantas de tratamiento	169
Cuadro 29:	Detalle de inversiones para plantas móviles y estacionarias	175
Cuadro 30:	Resumen de inversiones en plantas recicladoras	177
Cuadro 31:	Resumen de costos variables	182

ÍNDICE DE VARIABLES

Número de trabajadores	A
Sueldo bruto de un trabajador	B
Consumo de diesel del cargador frontal	C
Gastos de la inversión en una planta de tratamiento	CI
Costo de combustible para cargadores frontales	CFC

Costos de materiales y repuestos de una planta de tratamiento	CM
Costos de disposición final de residuos	CR
Costos de reparaciones de una planta de tratamiento	DC
Derecho de uso de relleno para residuos de la construcción	DG
Precio del diesel	Dp
Egresos totales de un proyecto	E
Costos totales de energía de la instalación	EC
Costo de energía en la planta de tratamiento	ETC
Número de sueldos	F
Horas de operación	h
Precio de los materiales generados	P
Tasa interna de retorno	i
Ingresos totales de un proyecto	I
Inversiones totales para una planta	Inv
Ingreso por ventas de material secundario	IV
Costos de transportes del residuo al relleno	KTD
Cargo a pagar a la planta de reciclaje	KG
Costos de la preselección	KS
Costos de transporte a la planta de reciclado	KTR
Carga promedio del cargador frontal de ruedas	Lr
Cantidad de producción de la planta de tratamiento	M
Costos totales de mantenimiento de la instalación	MC
Costos de mantenimiento de la planta de tratamiento	MPC
Costos de mantenimientos específicos	mpc
Costos de mantenimiento de otros equipos de operación	MEC
Número de viajes para el transporte de la carga	N
Costo de desgaste de otras partes de la planta	OC
Costos específicos del desgaste	oc
Otros costos de operación de la planta de tratamiento	OO
Periodo de recuperación de la inversión	P
Costos de personal	PC
Capacidad eléctrica instalada en (kW)	Pi
Capacidad de carga eléctrica (%)	Pa
Precio de venta de los materiales reciclados	pv
Precio de la corriente eléctrica	Sp
Costo específico del desgaste del triturador	tc
Costo del desgaste del triturador	TC
Costos totales de operación de la planta de tratamiento	TOC

Agradecimientos

Este trabajo resulta de un continuo apoyo de colegas, amigos, instituciones y empresas que, a lo largo de los últimos años, se interesaron por el tema, aportaron comentarios e ideas, financiaron parte de las investigaciones y aplicaron en la medida de sus posibilidades las prácticas e instrumentos que esencialmente contiene este documento.

Entre los colegas que aportaron con su valioso conocimiento y experiencia están Carlos Orbegozo, Jorge Chávez, Ada Alegre y María Rosales Papas. Otras personas que me apoyaron con la edición de este trabajo fueron Roland Kaiping, Ralf Hemesath y Stefan Kröpel.

Por último, deseo reconocer públicamente el infinito apoyo de mi familia y amigos, ya que sin ellos no habría podido concluir este trabajo: Elizabeth Neuhaus, Edgar Valdivia, Aída Mercado, Frank Valdivia, Fred Valdivia, Jean Franco Valdivia, Uwe Neuhaus y Gerhard Wohlauf, gracias.

Prefacio

Una visión de desarrollo sostenible y la contribución del sector de la construcción

Carlos Montero Graña*

La aplicación de políticas ambientales por parte de todos los actores de la sociedad, incluyendo al sector de la construcción, es un imperativo ético. En la elaboración de estrategias hacia un desarrollo sostenible, la industria de la construcción está actualmente buscando una definición de sostenibilidad que pueda aplicarse a sus actividades. Una aproximación del concepto la ofrece Kibert (1994) cuando expresa que la construcción sostenible se debe ver como la creación de un ambiente construido saludable, que usa eficientemente los recursos y se basa en principios ecológicos. Según otros autores (Lawson 1992 y Wyatt 1994), la construcción sostenible debe incluir el concepto «ciclo de vida» a fin de analizar cuán viables son sus actividades en el presente y en el futuro en relación con el lugar de la obra, a los procesos aplicados y al tipo de obras construidas desde que se explotan los recursos naturales que dan origen a los materiales de construcción, hasta que dichas obras son demolidas y sus residuos dispuestos en rellenos sanitarios.

* Carlos Montero Graña es vicepresidente de la Corporación Graña y Montero, conformada por diferentes empresas líderes en el área de servicios de ingeniería, como consultoría, diseño, supervisión, construcción, servicios petroleros, cómputo, bienes raíces y ecología; asimismo es representante del Comité de Gestión Ambiental de dicha corporación. Página web: <http://www.gmd.com.pe/gym>

No se puede negar la existencia de un conflicto de intereses entre lo comercial y lo ambiental cuando se trata de diseñar y aplicar estrategias hacia un desarrollo sostenible. Por ello es importante resaltar la influyente posición en el proceso que pueden jugar los responsables de los proyectos. Estos decisores tienen la oportunidad y los medios para establecer un balance entre ambos intereses y ser innovadores en la promoción de prácticas sostenibles como un componente importante del proceso de construcción. Los principios de una construcción sostenible que deben ser tomados en cuenta en la toma de decisiones pueden resumirse, según Thorsby (1993), como sigue:

1. Mejora de los estándares de calidad de vida y bienestar. Las obras de construcción no deben ser vistas solo como bienes y propulsores de una actividad económica, sino también como promotoras de una mejora de los niveles de bienestar de la población considerando como indicadores los aspectos relacionados a salud, vivienda, educación, recreación y seguridad.
2. Igualdad intergeneracional e intrageneracional. La igualdad intergeneracional implica que la actividad de la construcción debe aplicar métodos y tecnologías adecuados, que no dejen residuos, contaminantes o daños en general para las futuras generaciones. El principio de la igualdad intrageneracional se refiere a que el proceso de construcción de la obra se realice de manera tal que sea considerado como un instrumento de prácticas de comercio y de distribución de recursos igualitarios.
3. Protección y mantenimiento de los procesos y sistemas ecológicos. La gestión del diseño y la ejecución de una obra debe realizarse de tal manera que proteja, valore y hasta mejore los ambientes locales.
4. Consideraciones de los aspectos de inseguridad y el riesgo. Esto se logra adoptando criterios preventivos y empleando adecuada

información para la identificación y evaluación del riesgo y su exposición resultantes de la actividad de la construcción.

5. Reconocimiento de las dimensiones globales de la problemática. Se deben adoptar prácticas para la adquisición de recursos, el consumo de la energía y el control de los contaminantes que no sean dañinos para el ambiente local y nacional.

Una visión a futuro del sector de la construcción en todos los países, con especial énfasis en los países en desarrollo, puede y debe incorporar los principios y conceptos del desarrollo sostenible.

El sector de la construcción debe reconocer que las especiales características de sus actividades según tipo de obra —por ejemplo, la magnitud de las obras que desarrolla, la fragilidad de los ecosistemas sobre los que suele impactar, el impacto social y económico que genera en los lugares de la obra— ofrecen la oportunidad de generar decisiones independientes, innovadoras, creativas, locales y *sui generis* a fin de promover una minimización de impactos ambientales negativos para la sociedad, al margen de otros actores de la sociedad.

Existen otros argumentos de valor para la implementación de soluciones hacia una construcción en un contexto de desarrollo sostenible. Por un lado se encuentran los clientes externos —financieras, aseguradoras, clientes, empleados, proveedores, entre otros— quienes sistemáticamente están incrementando las exigencias de desempeño ambiental o de cumplimiento de estándares y regulaciones establecidos de las actividades. Por otro lado, mejores prácticas en el sector de la construcción redundan en ahorros en gastos de materiales, agua y energía, reducción de los costos de disposición final y, en algunos casos, en mayores ingresos por concepto de nuevos giros de negocios.

Otros argumentos a favor se refieren al incremento del valor agregado de una empresa a través de un aumento de su competitividad, una mejor imagen ante los clientes y un desarrollo de liderazgo en el sector.

PREFACIO

Pienso que la iniciativa de nuestra empresa para contribuir a una gestión sostenible en el sector de la construcción en un país en desarrollo, aunada a otras iniciativas que ya existen en otros países y regiones, sirvan como estudios de caso y catalizadores de un movimiento hacia una construcción sostenible especialmente en países en desarrollo.

CAPÍTULO 1

Introducción

1.1 GESTIÓN AMBIENTAL EN EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN INTERNACIONAL

La construcción es una actividad que altera significativamente el ambiente. Según estimaciones del Worldwatch Institute (Roodman 1995), del total de los recursos consumidos mundialmente, la industria de la construcción utiliza el 40% de arena y piedras, el 25% de la madera virgen, el 16% del agua y el 40% de la energía. Con esto se infiere que los impactos ambientales causados por la industria de la construcción, hasta la etapa de producción de obras, son altos en relación con otros sectores productivos. Sin embargo, esas no son las únicas fases donde se originan impactos ambientales negativos. Por ejemplo, en el caso de obras en uso como edificaciones habitadas, existe cierto riesgo para la salud humana, habiéndose comprobado que a nivel mundial un 30% de dichas edificaciones tienen aires interiores que no cumplen con las especificaciones mínimas de salud. Esta situación se debe al inadecuado diseño de ellas y al uso de materiales de construcción y acabados con alto contenido de sustancias nocivas (Roodman 1995).

En relación al «uso de recursos» para todos los sectores productivos, incluido el de la construcción, el consumo de recursos tiende a agudizarse debido, principalmente, al incremento acelerado de la población,

estimándose su duplicación en aproximadamente cincuenta años. Se prevé, además, que dicha población vivirá dentro de cincuenta años con un estándar de calidad de cuatro a ocho veces mayor que el actual, lo que requerirá en su conjunto que la industria de la construcción en ese lapso tenga la capacidad de construir con una mayor eficiencia¹ —entre 15 y 50%— en comparación a los niveles actuales.

Ante este desarrollo se anticipan grandes cambios y retos para la industria de la construcción en las próximas décadas. Por otro lado, hay que tomar en cuenta que las tendencias mostradas anteriormente, por ser generales, no reflejan la situación en los diferentes escenarios internacionales existentes para la actividad de la construcción. Dichos escenarios se diferencian en el nivel de desarrollo económico, tecnológico, de aplicación de gestión ambiental y de sensibilización ambiental del público. Un tipo de escenario avanzado es el existente en países o regiones europeos, que aplican sistemas integrados para la gestión de residuos, incluyendo a los generados en el sector de la construcción. En estos países la sensibilización de la sociedad hacia una construcción compatible con el ambiente es elevada y las políticas ambientales estrictas, habiéndose identificado, por ejemplo, las cuotas de reciclaje de residuos de la construcción más altas a nivel mundial —85% en Holanda, 50% en Suecia, 60% en Alemania—. Otro extremo, es el caso de muchos países no industrializados, donde las cuotas de reciclaje son ínfimas, si no nulas.

En las regiones donde ya existen prácticas de reutilización de materiales secundarios, las opciones son muy variadas y van desde la construcción de carreteras hasta la producción de concreto, ladrillos y otras obras de ingeniería. A pesar de que el reciclaje de materiales en opciones de alta exigencia técnica —por ejemplo, en la producción de concreto— es técnicamente viable, la experiencia internacional mues-

¹ El concepto de eficiencia en la industria de la construcción involucra la conservación de los recursos naturales, manejo óptimo de materias primas y energía, bajas emisiones al ambiente, adaptabilidad de las construcciones, durabilidad y reciclabilidad.

tra que en casi el 100% de las veces se incurre en un *downcycling*. Es decir, en el reciclaje en opciones de baja exigencia técnica como en la construcción de bases y sub-bases sin aglutinantes de carreteras o como material de relleno en obras de construcción y en rellenos sanitarios.

Un factor de éxito comprobado para la implementación de sistemas de gestión de residuos es la existencia de una adecuada y completa legislación. En ese sentido, en los países con sistemas avanzados de gestión ambiental, se percibe una remodelación de esquemas y enfoques que reconocen a este sector como un importante promotor de la economía y, asimismo, como un causante importante de impactos ambientales negativos. En algunos casos ya se han integrado los conceptos de construcción sostenible en las políticas nacionales de construcción —Inglaterra, Alemania, Holanda, Suiza—. De dichas políticas se derivan reglamentaciones ambientales exigentes, por ejemplo, para un adecuado manejo de residuos de la construcción. Tal es el caso de Holanda, un país con escasos recursos naturales y una pequeña área geográfica donde se presentan altos costos de disposición final de sus residuos, llegando a costar hasta US\$ 200/tonelada de residuos no contaminados; dicho país ya cuenta, desde abril de 1997, con una reglamentación según la cual la disposición final de residuos de la construcción y demolición está prohibida. Alemania, Suiza y Austria cuentan con reglamentaciones técnicas bastante desarrolladas que avalan técnicamente el reciclaje de los residuos de la construcción en numerosas opciones.

Además de las iniciativas locales de un país o región en el desarrollo de una legislación y reglamentación adecuadas —es el caso de la Unión Europea que está desarrollando normas técnicas para sus miembros—, se están gestando, para el sector de la construcción, normas internacionales articuladas con otras relacionadas al tema de gestión ambiental y de calidad, como son las normas de la serie ISO 14000 y 9000.

Sobre la base de los trabajos preliminares desarrollados dentro de la serie de normas ISO 14000 e ISO 9000, un comité técnico de la Organización Internacional para la Estandarización (ISO ISO/TC 59/14

«Diseño de la vida de las edificaciones», *Design Life of Buildings*) está integrando las consideraciones de sostenibilidad en la actividad de la construcción, lo cual se expresa en su segunda versión en borrador de una norma ISO para la «Planificación de la vida útil de las edificaciones» (*Service Life Planning of Buildings*). El trabajo del mencionado comité provee de guías para la construcción sostenible usando los principios de ISO 9000 y 14000.

En resumen, las presiones mundiales hacia una construcción con menos impactos negativos al ambiente y que implique un uso sostenible de los recursos naturales son crecientes y, de manera relativamente acelerada, los países están construyendo las bases para una actividad de la construcción más responsable. Hay muchos vacíos por llenar y se recomienda el aprovechamiento de experiencias internacionales probadas, que rescaten las lecciones aprendidas de ellas.

1.2 CONTENIDO

La presente obra se ha estructurado en siete capítulos y un anexo:

En el primer capítulo se presenta de manera introductoria la situación y la problemática de los aspectos ambientales originados por el sector de la construcción a nivel internacional. Asimismo, se establecen los objetivos del presente trabajo.

En el segundo capítulo se detallan las condiciones de marco para la gestión ambiental en el sector de la construcción que abarca:

- un acápite introductorio acerca de los aspectos e impactos ambientales resultantes en las actividades de la construcción;
- otro subcapítulo con la presentación de principios ambientales, también denominados estrategias ambientales, que establecen una dirección de las medidas ambientales factibles de implementar en este sector;

- un siguiente subcapítulo con la descripción de los instrumentos de gestión ambiental más aplicados y de mayor difusión; y, por último,
- una presentación de un sistema normativo para la gestión ambiental en la construcción en un escenario avanzado, como el caso específico de Alemania.

Una vez introducidos los aspectos ambientales más importantes relacionados al sector de la construcción, se presentan criterios ambientales de selección de materiales de construcción y un ejemplo del manejo de un material peligroso —el asbesto— según la normatividad alemana (capítulo 3).

En el cuarto capítulo se describe la implementación de un instrumento ambiental denominado «sistema de gestión ambiental» en el sector de la construcción. De manera específica se detalla en el siguiente punto (capítulo 5) las opciones de reuso y reciclaje de residuos en dicho sector. Como complemento del capítulo anterior, se analizan luego (capítulo 6) los factores técnicos, económicos y de estrategias de mercado para la comercialización de materiales de construcción secundarios.

Las conclusiones y recomendaciones del presente documento, extraídas a lo largo del desarrollo de nuestro estudio, se presentan en el séptimo capítulo. Estas serán de mucha utilidad para los interesados en aplicar sistemas de manejo ambientalmente responsables para los residuos de la construcción.

Finalmente, el anexo revisa las implicancias ambientales por parte de las actividades de la construcción en el contexto peruano actual. Con ello se persigue presentar al lector un marco completo internacional y local de este sector productivo.

1.3 OBJETIVOS

Los objetivos de este estudio son: identificar, recomendar y difundir opciones de manejo de los residuos de la construcción teniendo en cuenta los factores de minimización de impactos ambientales, de costo eficiencia y de viabilidad técnica. De esta forma se contribuye a:

- una protección ambiental;
- una reducción de riesgos a la salud de la población y con ello, un incremento de su bienestar;
- un uso eficiente de los recursos naturales;
- una reducción de las necesidades de rellenos de seguridad para la disposición final.

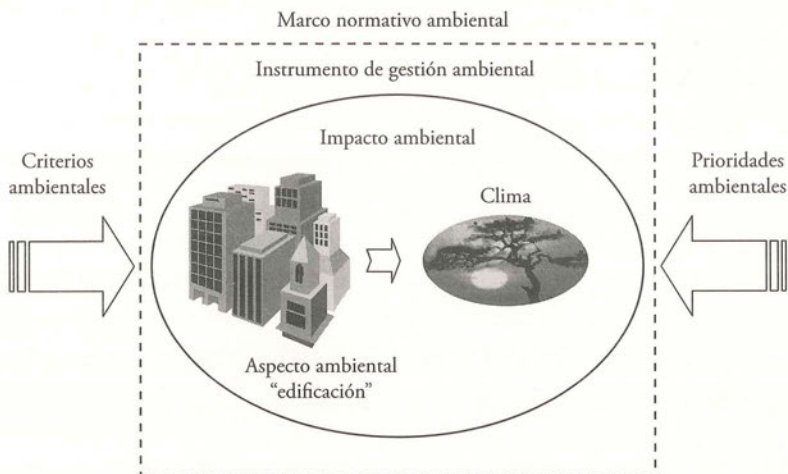
CAPÍTULO 2

Condiciones de marco para la gestión ambiental en el sector de la construcción

Para ilustrar el marco dentro del cual se desarrollan las actividades de la construcción, así como las posibilidades de minimización de los impactos ambientales negativos asociados a dichas actividades, se presenta el siguiente diagrama (véase figura 1). En la ilustración se plantea la implementación de instrumentos de gestión ambiental coherentes con

Figura 1

Relaciones entre instrumentos, impactos, aspectos y criterios ambientales



la normatividad ambiental y basados sobre criterios —en este estudio, también denominados estrategias ambientales— para la minimización de impactos ambientales a partir de las fuentes contaminantes, denominadas también aspectos ambientales. Los instrumentos de gestión ambientales deben ser *ad-hoc*, según los intereses de los afectados por los impactos o involucrados y responsables de la generación de ellos.

2.1 ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES EN LAS ACTIVIDADES DE LA CONSTRUCCIÓN

Los aspectos e impactos ambientales resultantes de las actividades de la construcción son tan diversos y sus relaciones complejas, como las diferentes actividades asociadas a las fases del proceso constructivo, del abastecimiento de materiales de construcción y del uso o habitación en sí de las obras construidas. En los siguientes capítulos se definen, en primer lugar, los conceptos más importantes (subcapítulo 2.1.1). Dada la extensión de los impactos originados por el sector de la construcción en sus diferentes fases, se han dividido los impactos en dos grupos: los originados durante la extracción de recursos naturales (subcapítulo 2.1.2) y los resultantes durante los procesos constructivos (subcapítulo 2.1.3). Un tema importante es el referido a la presentación y discusión de los aspectos ambientales para el sector de la construcción (subcapítulo 2.1.4). Resumiendo lo expuesto anteriormente en relación con los impactos, medios y aspectos ambientales del sector de la construcción, se presenta en el siguiente punto (subcapítulo 2.1.5) una sistematización de ellos. Sobre la base de una metodología propuesta, descrita para la evaluación de aspectos ambientales (subcapítulo 2.1.6), se desarrolla un ejemplo práctico de identificación de aspectos ambientales significativos en el caso de la construcción de una edificación genérica (subcapítulo 2.1.7).

2.1.1 Definiciones

Impacto ambiental

Cualquier cambio en el ambiente, sea adverso o beneficioso, sea por causas naturales o como resultado de la ejecución de actividades humanas y del uso o consumo de productos y servicios.

Medio ambiental

Esencialmente, y en su contexto más amplio, el ambiente abarca las condiciones bajo las cuales se desarrolla la vida y pueden componerse de:

- La combinación de condiciones físicas que afectan o influyen el crecimiento y desarrollo de un individuo o de su comunidad. El ambiente físico de los seres humanos incluyen factores abióticos —como la tierra, el agua, la atmósfera, el clima, los sonidos, olores y sabores— y los factores bióticos —la fauna, la flora, la ecología, las bacterias y virus—.
- Las condiciones sociales y culturales que afectan la naturaleza de un individuo o de su comunidad, referidos a aspectos económicos, de educación, costumbres sociales, tradiciones culturales, etcétera.
- Los objetos con un valor intrínseco social, como por ejemplo, restos arqueológicos.

Aspecto ambiental

Según el ISO 14001, un aspecto ambiental es un elemento de las actividades, productos o servicios de una organización que puede interactuar con el ambiente. Luego de la identificación y evaluación de estos, resultan los aspectos ambientales significativos que tienen o pueden tener impactos ambientales significativos.

2.1.2 Impactos ambientales de la explotación de recursos naturales para la construcción: grava, arena y piedras

Formas de impacto ambiental:

Los impactos de la extracción de arena, grava y piedra se pueden resumir en tres categorías, las cuales se listan a continuación, así como sus efectos:

Categoría del impacto	Efectos
Impacto en la naturaleza y el paisaje	<ul style="list-style-type: none"> • Contaminación de las reservas de agua subterránea. • Daños en la flora y fauna, hasta ocasionar pérdidas de especies. • Cambios del relieve geográfico. • Cambio en el microclima.
Impacto en los intereses de uso de tierras y forestales	<ul style="list-style-type: none"> • Disminución o pérdida de áreas valiosas forestales y de tierras agrícolas. • Contaminación acústica, del aire o molestias por tráfico.
Impacto en la calidad de vida	<ul style="list-style-type: none"> • Pérdida de zonas de recreación en el entorno de zonas de concentración poblacional.

Valdivia 1995

Los principales recursos naturales explotados para ser empleados en las obras de construcción son gravas, arena y piedras. Normalmente, la ubicación de los yacimientos de arena y gravas se diferencia sustancialmente de la ubicación de los de piedras —o piedras chancadas—.

La obtención de gravas y arena se realiza en las riveras y se extraen ya sea por método seco o húmedo.¹ Su extracción se hace a profundidad, es decir, hasta llegar a las capas de valor agregado para la explotación o hasta los niveles de las aguas subterráneas.

La extracción de piedras chancadas se realiza normalmente en las riveras o en canteras rocosas a partir de rocas de gran tamaño.

¹ La extracción por vía seca es extensiva en cuanto a su superficie. Por el contrario, la extracción húmeda se lleva a cabo en superficies más pequeñas.

Impacto en la naturaleza y el paisaje

Reservas de agua:

Impacto ambiental por extracción de arena y gravas: mediante las dos formas de extracción —por vía seca y por vía húmeda— de gravas y arena se pierden capas protectoras de recubrimiento de las aguas subterráneas. Dichas capas de recubrimiento, principalmente compuestas de humus, arena, barro, etcétera, cumplen una función de filtro y de protección en el proceso de infiltración de impurezas desde la superficie. De no existir estas barreras o filtros naturales se corre el riesgo que una mayor cantidad de productos contaminantes pueda ingresar en las reservas de agua.

Además de esta función protectora, estas capas de recubrimiento con vegetación cumplen funciones de retención y almacenamiento de agua en el curso de la renovación del agua superficial.

Impacto ambiental mediante extracción de piedras: en el caso de la extracción de piedras, raramente se produce una intervención directa en el subsuelo hasta llegar a las aguas subterráneas. Por ello, normalmente no se registran impactos ambientales en las reservas de agua por efecto de esta actividad.

- **Flora y fauna:** la conversión de áreas naturales en centros de extracción significa la pérdida de ellas con la desaparición de especies por éxodo o extinción.
- **Paisaje natural:** durante la explotación de gravas, arena y piedras —chancadas— se presentan cambios de carácter permanente en el relieve geográfico y con esto una intervención en el equilibrio ecológico de las áreas naturales.
- **Clima:** en el caso de canteras ubicadas en zonas de costa desérticas, no se registran cambios en los microclimas. Otra es la situación en aquellas zonas de explotación ubicadas en lugares no desérticos, como por ejemplo en la selva o en los bosques. El microclima en el entorno de las canteras de grava, arena y piedras ubicadas en estas zonas está determinado sobre todo por

la vegetación y la relación agua/tierra que caracteriza el área. Durante la explotación de los recursos naturales hay un cambio en la relación agua/tierra, se altera el grado de evaporación, hay cambios de temperatura y de humedad, lo que afecta la flora y fauna cercana, así como a los propios seres humanos.

Impacto a los intereses forestales y de usos de tierras

Como la extracción significa una pérdida de área, la apertura y operación de una cantera puede ocasionar conflictos de intereses basados básicamente en aspectos económicos.

Un método de recuperación de las áreas utilizadas para la extracción es su recultivación. Sin embargo, ello es, en pocos casos, viable; pues, a causa de la extracción de la tierra madre los suelos normalmente pierden nutrientes, así como la capacidad natural de regenerarse. De ser posible una reutilización agrícola de estas áreas, los niveles de cosechas serían bajos (ARL 80).

Impacto en la calidad de vida

El grado de impacto en la población depende de la distancia entre la cantera y los centros poblados. Se ocasiona una molestia a los habitantes producida por el ruido —la maquinaria—, la contaminación del aire —generación de polvo—, el aumento del tráfico —transporte del material— y la existencia de vibraciones —las explosiones y el tráfico—.

2.1.3 Impactos sobre los medios durante los procesos constructivos

Aire

El medio «aire» es negativamente impactado generalmente a causa de los gases de combustión —proviene de los equipos de combustión, compresoras, motores de vehículos y otros equipos pesados—, polvos o partículas generados durante los procesos constructivos y los olores. Los contaminantes mencionados afectan principalmente a los obreros y a las personas directamente involucradas en la obra. Un mayor detalle

acerca de los contaminantes y las fuentes contaminadoras del aire se presenta en los subcapítulos *Emisiones a la atmósfera* y *Polvos y olores* a continuación.

Suelos

De manera ideal, previamente a la obra de construcción, se deben evaluar si los cambios a generarse se encuentran dentro de los lineamientos de un plan de ordenamiento paisajístico para minimizar impactos ambientales de gran magnitud, severos o irreversibles. Sin embargo, es inevitable una alteración estructural de la superficie de la tierra por efecto de una obra de construcción. De esta forma se da el caso que el valioso humus natural de los suelos puede perderse irremediablemente si no se toman previsiones adecuadas. Por ello, se recomienda que durante los trabajos de remoción de tierras la capa superior de los suelos sea extraída evitando el daño de esta, colocada en un lugar adecuado y mantenida por el tiempo que dure la obra. A fin de conservar las estructuras biológicas del humus se debe evitar su mezcla con suelos, tierras o materiales inertes en general. Finalizadas las obras se deben colocar las capas de suelos en las áreas originales o en otras áreas aún naturales. De no haber un requerimiento de estas capas de suelos naturales *in situ*, pueden ser vendidas o regaladas con fines de restauración de suelos en otros lugares.

Otro impacto ambiental es el referido a la contaminación de los suelos con sustancias orgánicas resultantes del manejo inadecuado de combustibles, lubricantes, solventes, limpiadores, entre otros, o durante el lavado de equipos u otros objetos. La contaminación de los suelos con estas sustancias puede ser evitada organizando adecuadamente los centros de lavado y mantenimiento de equipos. Asimismo, estos lugares deben estar acondicionados con canales y pozas especiales para el control de los contaminantes. Es importante tomar en cuenta el nivel de las aguas subterráneas para la construcción de cualquier tipo de infraestructura, especialmente cuando se trata del almacenamiento temporal de residuos.

Otro tipo de contaminación de los suelos resulta del manejo inapropiado de sustancias químicas y peligrosas, que puede corregirse y evitarse por medio de la capacitación, el entrenamiento y la adecuada información a los trabajadores acerca de los aspectos y riesgos ambientales asociados.

Aguas superficiales o subterráneas

Las aguas superficiales y subterráneas pueden llegar a contaminarse de diversas maneras, por ejemplo, como resultado de la contaminación de suelos y la posterior lixiviación de las sustancias tóxicas o por un descontrolado manejo de canales de aguas superficiales, pluviales o de efluentes. Se recomienda una revisión periódica de los equipos, tanques de almacenamiento y vehículos con relación al manejo y control de los lubricantes, combustibles y otras sustancias e insumos empleados durante su operación y mantenimiento. Asimismo, los procesos de limpieza deben llevarse a cabo en lugares protegidos donde se cuente con sistemas de previsión y control de derrames, así como con una capa superficial protectora de los suelos —por ejemplo, geotextiles— o por lo menos con un afirmado de los suelos.

A pesar de la puesta en práctica de estas medidas siempre es posible la ocurrencia de accidentes, por ello siempre deben existir planes de emergencia. Un impacto directo en aguas superficiales puede resultar cuando se realiza la construcción sobre corrientes de agua o durante su uso —por ejemplo en la construcción de diques, paredes de contención de corrientes, redes de canalización, etcétera—. Estos impactos ambientales deben de identificarse y luego proponerse medidas mitigatorias desde la fase de planeación, en el marco de la evaluación de impacto ambiental, previa a la actividad constructiva.

De manera similar como se pueden ver impactadas las aguas superficiales se pueden contaminar las aguas subterráneas. Según el nivel de profundidad de las obras de construcción y de las aguas subterráneas, así como de la ubicación de la canalización de aguas subterráneas, será

necesario un sistema abierto o cerrado de almacenamiento y asentamiento de dichas aguas. En principio se debe evitar que sustancias químicas y tóxicas ingresen a los sistemas de almacenamiento abiertos, los cuales son más vulnerables a la contaminación. En el caso de sistemas de almacenamiento cerrados, se deben realizar pruebas acerca de los contenidos de sustancias de contaminantes, antes que dichas aguas ingresen a los sistemas de distribución de aguas para su consumo, dado que un asentamiento largo de aguas subterráneas puede originar una contaminación de estas a través de otros flujos provenientes de áreas vecinas.

En todas las obras de construcción, el manejo de aguas para consumo o tratamiento, así como el de efluentes, suele impactar el ambiente. Debido a que para la producción de concreto, mortero o yeso, o para algunos procesos constructivos —por ejemplo, cortes en húmedo— se consume agua potable, se recomienda la minimización de su consumo. En principio se recomienda evaluar la posibilidad de reciclar las aguas de lavado o de otras fuentes. Así, por ejemplo, en la producción del concreto, las aguas residuales con restos de concreto pueden, luego de un mínimo tratamiento, reutilizarse dentro de la producción del mismo.

Con respecto a los efluentes resultantes de la producción y de las instalaciones sanitarias y cocinas de la obra, estos se derivan normalmente hacia las redes públicas de canalización. Por ello se recomienda tener información actual y completa acerca de los tipos de efluentes, su composición y cantidades que son derivadas a los canales públicos. Se debe evitar descargar en dichos canales aguas altamente contaminadas con tóxicos como aceites, combustibles, entre otros. Se debe respetar la legislación y los límites máximos permisibles de las sustancias contenidas en los efluentes descargados a los alcantarillados. De ser necesario, se debe recurrir a un previo tratamiento de dichas aguas. Para los casos de accidentes deben existir planes de emergencia pertinentes. En principio se debe perseguir la minimización del consumo de agua,

por ejemplo, eliminando los procesos en húmedo o con alto consumo de agua, reutilizando agua consumida y, en general, ahorrando este recurso cuando sea posible.

2.1.4 Aspectos ambientales en una construcción genérica

En la identificación de las fuentes potenciales de contaminación e impactos ambientales negativos en general se presentan aspectos que se describen detalladamente a continuación.

Combustibles usados en la generación de energía

Para la operación de los vehículos, equipos y motores se utilizan diversos tipos y calidades de combustibles normalmente derivados del petróleo. Adicionalmente se puede llegar a abastecer las necesidades de energía, especialmente para efectos de iluminación, a partir de las redes públicas de energía eléctrica. En el segundo caso no es posible inferir directamente acerca de los niveles de impactos ambientales resultantes pues dependiendo de la fuente —energía nuclear, hidroeléctrica, renovables, etcétera— puede tratarse de una energía más o menos limpia (Lehmann *et al.* 1999).

Dados los grandes volúmenes de energía consumida, este aspecto representa un factor ambiental y de costos muy importante. Se recomienda un uso eficiente de la energía por medio de una minimización de su consumo, evitando el uso de combustibles fósiles y de energías no renovables. Así, por ejemplo, se debe analizar la viabilidad de invertir en el aprovechamiento de la energía solar, opción que a lo largo de diferentes obras puede resultar ser una inversión rentable.

Es importante hacer notar que desde el punto de vista ambiental, las obras de construcción no solo impactan al ambiente durante su construcción, sino también durante el aprovechamiento, uso o habitación de estas obras. Se recomienda, durante las fases de diseño y planificación, proyectar una obra con un consumo mínimo de energía durante el ciclo de vida.

Consumo de agua

Dependiendo del tipo y cantidad de agua consumida, este factor puede resultar un aspecto ambiental significativo o no. Este aspecto es más importante en el caso de emplearse aguas subterráneas o provenientes de fuentes naturales pertenecientes a ecosistemas delicados, pues su consumo puede alterar irreversiblemente las interrelaciones y vida biológica en ellos. Se recomienda la minimización del consumo de estas aguas, evaluando la posibilidad de reutilización de aguas de lavado o de otras fuentes.

Piedras y arena

Estos materiales son considerados como aspectos ambientales por ser empleados en grandes cantidades y, como consecuencia, por los severos impactos ambientales que su explotación genera (véase 2.1.2).

Las piedras y arena se clasifican como materiales naturales obtenidos por medio del cribado. Los productos se diferencian de acuerdo con el tamaño de partícula. Se puede llegar a diferenciar hasta tres tipos de agregados: piedra chancada, gravas —o canto rodado— y arena. Se considera importante hacer una diferenciación entre los diversos tipos de materiales de construcción, pues estos productos tienen un alto potencial de ser sustituidos por materiales secundarios —a partir de residuos—, los cuales deben cumplir con los mismos requisitos de tamaño y calidad. A manera de ejemplo se presentan dos clasificaciones de piedras y arena según el tamaño de partícula para dos escenarios diferentes —Perú y Alemania— en los cuadros 1 y 2, respectivamente.

En Alemania, las gravas —o canto rodado— y arena se clasifican como materiales no quebrados y se obtienen por medio del cribado de piedras naturales. Las piedras chancadas son obtenidas por lo general mediante chancado y posterior cribado. En este grupo están incluidas la arena y gravas cuya superficie quebrada sea más del 50%. De acuerdo con el tamaño de partícula y número de etapas de chancado, los productos reciben los nombres de finos, arena, gravas o canto rodado, piedra chancada, bloques, rocas, entre otros.

Cuadro 1
Clasificación de piedras y arena según tamaño de partícula en el Perú

Nombre	Composición	Características
Arena fina	Cuarzo, mica, feldspato y otros minerales, siendo el cuarzo el de mayor proporción.	Partículas pasando menos malla o tamiz n° 20 ^a . La arena fina no debe tener más del 45% de partículas pasando menos malla o tamiz n° 20 ^a .
Arena gruesa	Cuarzo, mica, feldspato y otros minerales, siendo el cuarzo el de mayor proporción.	Partículas retenidas más malla n° 20 ^a y pasando menos malla n° 40 ^b .
Arena lavada	Similar a las arenas gruesas y finas pero sin contenido de arcilla ni margas.	Partículas retenidas más malla n° 20 ^a y pasando menos malla n° 40 ^b . Dichas partículas han sido previamente lavadas con el fin de eliminar materiales no deseados.
Agregados finos: arenas naturales, piedra triturada y grava cribada	El material debe ser silíceo y libre de cieno, tierra vegetal, materia orgánica, etcétera.	Partículas pasando menos malla n° 4 ^c .
Agregados gruesos: piedra triturada		Partículas retenidas más malla n° 4 ^c . Estas partículas son limpias, insolubles y resistentes a la acción del tiempo.
Piedra 3/8" (Huso 67)		Piedras pasando menos malla n° 3/4" ^d y retenidas más malla n° 4 ^c .
Piedra 1/2" (Huso 5)		Piedras pasando menos malla n° 1" ^e y retenidas más malla n° 1/2" ^f .
Piedra clasificada de 1/4"		Solamente aquellas piedras pasando más malla n° 1/4" ⁱ .
Confitillo (Huso 8)		Piedras pasando más malla n° 3/8" ^g retenidas más malla n° 8 ^h .
Piedra chancada 1/2" (Huso 57)		Piedras pasando más malla n° 1" ^e y retenidas más malla n° 4 ^c .
Piedra chancada 1/2" (Huso 56)		Piedras pasando más malla n° 1" ^e y retenidas más malla n° 3/8" ^g .

Leyenda:

A malla o tamiz n° 20: 840-µm o 0,84 mm.
 B malla o tamiz n° 40: 0,475 mm.
 C malla o tamiz n° 4: 4,75 mm.
 D malla o tamiz 3/4": 19,05 mm.

E malla o tamiz 1": 25 mm.
 F malla o tamiz 1/2": 12,5 mm.
 G malla o tamiz 3/8": 9,5 mm.
 H malla o tamiz No. 8: 2,36 mm.
 I malla o tamiz 1/4": 6,3 mm.

Fuente: ASTM 1

Cuadro 2
Clasificación de piedras chancadas, grava y arena según tamaño de partícula en Alemania

DIN 4022		TL Min-StB 83		DIN 4226	
[mm]	nombre	[mm]	nombre	[mm]	nombre
< 0,002	Arcilla				
3	Arenilla				
0,063 - 2	Arena	0,09 - 0,2	Arena y finos		
		< 2	Arena	< 4	Arena y finos
2 - 63	Grava o canto rodado	2 - 32	Piedra chancada fina	4 - 32	Piedra fina chancada
		32 - 63	Piedra chancada gruesa		
		2 - 63	Canto rodado	> 32	Piedra chancada gruesa
63 - 200	Rocas				
> 200	Bloques				

Fraciones minerales inorgánicas

Un aspecto ambiental de especial significado en este sector son las fracciones minerales inorgánicas como residuos de la construcción. Bajo este término se entienden a los residuos propiamente generados durante el proceso constructivo —excedentes de materiales de construcción— o después de la remoción, levantamiento, demolición, reparación y reforzamiento o adecuación para cambio de uso en general. Según diferentes criterios o perspectivas —como el tipo de obra, de proceso constructivo, de la composición o de los tipos de productos obtenidos a partir de ellos— establecidos en estándares internacionales, los residuos se pueden clasificar de varias formas. Entre algunas normas importantes y novedosas empleadas para este capítulo se encuentran las normas técnicas, alemanas, suizas y peruanas. Una descripción gráfica de las clasificaciones previamente mencionadas se muestra en la figura 4.

Según el tipo de obra, los residuos tienen su origen durante los cuatro siguientes casos: construcción de edificaciones, construcción de obras de infraestructura —carreteras, túneles, represas, etcétera—, renovación y mantenimiento y demolición de obras.

Según el proceso constructivo —remoción, obra de construcción o demolición— y para fines del manejo de residuos de la construcción, estos se pueden dividir en cuatro grandes grupos según lo sugiere, por ejemplo, la Norma Técnica Peruana (NTP 400.050 – 1999):

- Excedentes de remoción. Comprende todo material excedente proveniente del movimiento de tierras. Se divide en tierras reutilizables, reciclables y para disposición final.
- Excedentes de obra. Son todos los materiales de construcción —procesados o no—, que sobran de la ejecución de la obra. Se dividen en reutilizables, reciclables y para disposición final.
- Escombros. Residuos generados por la demolición o destrucción parcial o total de una obra de construcción civil. Se dividen en reutilizables, reciclables y para disposición final.
- Otros residuos que no están comprendidos dentro de los anteriores.

Según su composición —asfalto, concreto u otros—, los residuos de la construcción mencionados se clasifican en (NTP 400.050 – 1999):

- Restos de materiales de construcción primarios. Son sobrantes o excedentes de obra. Según su composición, estos residuos son básicamente materiales primarios como el cemento, piedras y arena, asfalto residual, etcétera.
- Asfalto de demolición. Es el término genérico aplicado a los fragmentos de carpetas asfálticas obtenidos después de la remoción de capas de recubrimiento asfáltico y a fragmentos de capas bituminosas obtenidas por la demolición de estas, por medio de cualquiera de las formas de demolición conocidas (NTP 400.051 – 1999).

- Material no bituminoso de demolición de carreteras. Es el término genérico aplicado a los materiales obtenidos al remover las capas intermedias de base y sub base no tratadas de carreteras por medio de cualquiera de las formas de remoción (NTP 400.052 – 1999).
- Concreto de demolición. Es el término genérico aplicado a los fragmentos de concreto obtenidos por demolición de elementos de las construcciones civiles de concreto —simple o armado— y de pavimentos de concreto. Se incluye al concreto de los excedentes de obra (NTP 400.053 – 1999).
- Material de demolición no clasificado. Es el término genérico aplicado a materiales o mezclas de materiales provenientes de la demolición de edificaciones constituidos primordialmente por compuestos minerales no metálicos, y que no cumple con la definición de concreto de demolición.
- Excedentes de remoción.
- Residuos peligrosos y no peligrosos no comprendidos en las anteriores categorías. Estos pueden ser, por ejemplo, residuos no peligrosos como plásticos, fierros y bolsas de cemento; y residuos peligrosos como restos de lubricantes y asbesto. Dados los volúmenes que se generan, así como su potencial de riesgo ambiental, estos se tratarán en mayor detalle en los subcapítulos *Manejo de residuos y sustancias peligrosas* y *Residuos no peligrosos*.

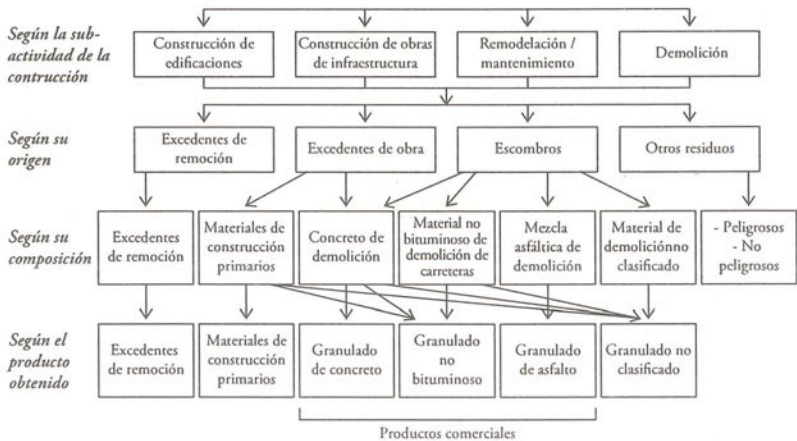
Según los productos obtenidos luego de un tratamiento, los granulados toman básicamente el nombre del compuesto contenido en mayor proporción (NTP 400.050 – 1999):

- Granulado de asfalto. Es el material secundario de construcción obtenido a partir del tratamiento de mezclas asfálticas de demolición.
- Granulado de concreto. Es el material secundario de construcción obtenido mediante el tratamiento del concreto de demolición y mortero.

- Granulado no bituminoso de demolición de carreteras. Es el material secundario de construcción obtenido mediante el tratamiento de materiales no bituminosos de capas de bases y sub bases no tratadas de carreteras.
- Granulado no clasificado. Es el material secundario de construcción obtenido mediante el tratamiento de residuos de la actividad de la construcción, y que no cumple con las tres definiciones anteriores.
- Los excedentes de remoción y los materiales de construcción primarios, al no ser tratados, no cambian de forma ni de composición, por lo que se comercializan bajo la misma denominación anterior.

Acorde a las experiencias internacionales, los productos más comerciales son los granulados de concreto, los granulados de asfalto y los granulados no bituminosos de demolición. Los demás productos tienden a reutilizarse en las mismas obras de la empresa que las genera y a comercializarse solo cuando las condiciones de gestión ambiental y económicas de la región sean favorables.

Figura 2
Clasificación de los residuos de la actividad de la construcción



Manejo de residuos y sustancias peligrosas

Se consideran residuos peligrosos a aquellos que, por sus características o por el manejo al que son sometidos o van a ser sometidos, representan un riesgo significativo para la salud o el ambiente. Sin perjuicio de lo establecido en las normas internacionales o las reglamentaciones nacionales específicas, se considerará peligrosos los residuos que por sus características presenten por lo menos una de las siguientes: inflamabilidad, corrosividad, reactividad, toxicidad o patogenicidad. La autoridad sectorial competente establecerá los procedimientos técnicos para determinar la presencia de dichas características.

Ejemplos de sustancias químicas, peligrosas o tóxicas empleadas en las obras de construcción son:

- sustancias de limpieza o diluyentes
- pegamentos, disolventes, pinturas
- breas, alquitrán
- lacas
- desoxidantes
- derivados del petróleo
- fibras minerales (asbesto)
- explosivos

Actualmente ya existe la posibilidad de sustituir muchos de estos insumos tradicionales por otros con menores contenidos tóxicos, como por ejemplo, en el caso de pegamentos, pinturas y combustibles.

En todo caso, es necesario que los recipientes que contengan estas sustancias, los almacenes que los albergan y aquellas áreas en general donde se manejen, cuenten con las hojas de seguridad correspondientes donde se indiquen los riesgos ambientales e informaciones necesarias para su adecuado manejo y oportuna reacción ante emergencias.

Los materiales de construcción que contienen asbesto, estos representan un gran riesgo para la salud. La protección del personal en actividades de demolición, de saneamiento de obras y durante el manejo de

este material ya está reglamentada en algunos países (véase un estudio de caso en el subcapítulo 3.2).

Otro aspecto ambiental importante relacionado a las sustancias peligrosas es su transporte. Se debe tomar en cuenta la reglamentación nacional para el transporte de estos. De no existir regulación local se recomienda tomar en cuenta los estándares internacionales.

Residuos no peligrosos

Los residuos no peligrosos varían en cantidad y composición según el tipo y tamaño de la obra. Muchos de estos residuos tienen un gran potencial de ser reutilizados y reciclados, generando así ingresos o ahorro, por lo que merecen una atención especial. Entre los residuos no peligrosos comúnmente generados están:

- papeles / cartón de empaques
- plásticos
- estiropor
- metales (ferrosos y no ferrosos)
- maderas
- bolsas de cemento
- residuos de cocina, comedores y de servicios higiénicos (normalmente orgánicos)

Materiales para disposición final

Comprende a los residuos no peligrosos, peligrosos y minerales inorgánicos que por razones ambientales, técnicas y económicas no pueden ser reciclados ni reutilizados.

Emisiones a la atmósfera

Las emisiones a la atmósfera más frecuentes son CO_2 , CO, NO_x y HC y son generadas durante la operación de equipos de combustión, compresoras, motores de vehículos y otros equipos pesados. La concentración de las emisiones depende de la tecnología y antigüedad de los motores y

equipos en general. En este sentido, los equipos de combustión de última generación son mucho más eficientes desde el punto de vista energético. Una alternativa para la reducción de emisiones adicional a la minimización del consumo de combustibles es el uso de filtros y catalizadores en los equipos. Es importante notar que, en este sector, los vehículos que transportan materiales e insumos representan una de las fuentes más contaminantes del aire. Esto se debe a los grandes volúmenes de materiales que deben ser transportados durante todo el proceso constructivo.

Polvos y olores

En relación a las partículas de polvo, estas resultan de los trabajos de demolición, de excavación y perforación, cortes, trituración de materiales y durante el manejo de materiales con alto contenido de partículas finas y gruesas. Las emisiones de polvo pueden controlarse a través de la elección de un proceso adecuado como, por ejemplo, el «corte en húmedo» o el «almacenamiento cerrado de materiales». Una limpieza regular del lugar de trabajo y un afirmado ligero de los caminos contribuye a reducir las partículas de polvo en el área de trabajo. Un tratamiento especial se debe tener con materiales cancerígenos, como es el caso del asbesto. Su manejo debe realizarse según reglamentos nacionales y, de ser necesario, según estándares internacionales con el objetivo principal de proteger al trabajador. Se tiene el caso de Suiza, donde está prohibido el uso de materiales conteniendo asbesto. Sin embargo, aún se pueden encontrar materiales como asbesto cemento —con aproximadamente 15% de contenido de asbesto— o planchas de asbesto —con un promedio de 60% de contenido de asbesto— para techos, paredes, tejados y pisos en instalaciones y edificaciones antiguas. Dada la peligrosidad de este material, las grandes cantidades que aún se utilizan en países especialmente no industrializados y la falta de reglamentación técnica para su adecuado manejo, se provee, en el subcapítulo 3.2, información para su manejo según estándares internacionales, tomando como ejemplo el caso alemán.

Respecto a los olores, estos pueden provenir de suelos contaminados. La eliminación o reducción de ellos no es viable sin considerar, en primer lugar, el tratamiento de la fuente, es decir, de dichos suelos.

Ruido

Un impacto ambiental importante es el causado por el ruido que se origina, principalmente, por el funcionamiento de determinados equipos o durante ciertos procesos de construcción. Como medidas de protección contra los efectos del ruido se deben diferenciar entre las medidas de control que se refieren a la protección del personal: encapsulamiento de los equipos, muros de aislamiento en áreas donde se originan los ruidos, etcétera; y las de prevención, es decir, en las fuentes de ruido como máquinas, procesos constructivos, operaciones de demolición, de perforación, chancado, etcétera.

En muchos países ya existen reglamentaciones que limitan los niveles de ruido para los equipos y vehículos en operación. En este contexto, los equipos de reciente fabricación cumplen con las especificaciones de las mejores tecnologías disponibles del país correspondiente de producción, por lo que no suelen existir problemas como altos niveles de ruidos o el incumplimiento de los límites máximos permisibles. En el caso de Alemania, existen especificaciones para equipos como compresoras, generadores eléctricos, excavadoras, grúas, entre otros. En el caso de excavadoras se ha reglamentado la medición periódica de los ruidos según ciclos de trabajo cuyos niveles deben estar 10 dB por debajo de los límites permisibles. Para las compresoras y generadores eléctricos se estipulan valores aun menores a los límites permisibles en 13 dB.

Existen diversos procesos intensivos en ruidos como los de demolición, de instalación de elementos pre fabricados, de corte, de chancado, etcétera. En el caso de la operación de equipos de demolición y de perforación se pueden registrar niveles de ruido de hasta 113 dB y para sierras de corte niveles de entre 105 y 110 dB. A fin de reducir los niveles de ruido se recomienda analizar la posibilidad de reemplazar estos

equipos por otros del mismo tipo en mejores condiciones o reemplazarlos en el largo plazo por otras tecnologías. Así, por ejemplo, en la práctica de demolición de objetos, es más conveniente el empleo de tenazas hidráulicas en vez de martillos hidráulicos. De la misma manera, en vez de la práctica tradicional de voladuras para la separación de materiales, se puede aplicar una separación hidráulica o chorros de oxígeno.

En la aplicación de procesos de martillos o de golpe suelen darse altos niveles de ruidos (100 dB – 110 dB) que en zonas habitadas pueden sobrepasar los límites máximos permisibles de 50 dB (zonas residenciales) o de 70 dB (zonas industriales). Equipos alternativos a estos pueden ser los martillos hidráulicos o de vibración que generan niveles menores de ruido de 75 dB a 85 dB.

El ruido como aspecto ambiental se puede evitar o minimizar desde la planificación de los procesos constructivos, eligiendo adecuadamente los equipos, procesos y diseñando adecuadamente la distribución y logística de la obra. Además, es viable evitar de esta forma posteriores medidas mitigatorias que pueden resultar costosas.

Se debe evaluar la posibilidad de realizar las operaciones de pre acabado de partes en los talleres cerrados, los cuales evidentemente están mejor preparados y equipados, y sus trabajadores suelen estar mejor protegidos para la realización de este tipo de operaciones.

Vibraciones

Durante el empleo de los equipos, así como durante los procesos constructivos mismos, es común la generación de vibraciones que a la larga impactan negativamente en la salud de los trabajadores. La gravedad de los impactos de las vibraciones depende de la frecuencia, la extensión, la duración y el momento de ocurrencia de las vibraciones. Equipos como las aplanadoras, perforadoras y martillos son los principales causantes de vibraciones.

Si se da el caso que aun empleando tecnologías alternativas de menor impacto, como la demolición con tenazas o aplanadoras estáticas,

no es posible eliminar o reducir las vibraciones a niveles tolerables, se recomienda aplicar otro tipo de soluciones, como una mejor planificación de las actividades y de la logística, o cambios en los procesos constructivos, como por ejemplo, la producción de vibraciones menores en períodos más largos de tiempo.

Transporte

El transporte de materiales hacia la obra, de restos y residuos fuera de ella, así como el del personal y el transporte interno de insumos, generan impactos ambientales especialmente relacionados con las emisiones a la atmósfera, consumo de combustibles no renovables, el desorden ocasionado por el tráfico, el ruido y las vibraciones. En muchos casos se han detectado serios y graves problemas ambientales causados por esta actividad, que aparentemente es de soporte y no está directamente relacionada con la obra. Por esta razón se recomienda considerar el «transporte» como un aspecto ambiental y evaluar su significancia —es decir, si es un aspecto ambiental significativo o no—.

Insumos y energía empleados durante las fases de uso y mantenimiento del objeto construido

Este aspecto ambiental es de especial relevancia en el contexto de las fases de uso y mantenimiento de la edificación u otra obra de infraestructura en general. Según los materiales utilizados, sea para acabados o como parte de la obra construida, y el tipo de energía consumida se puede generar impactos ambientales durante las últimas fases del ciclo de vida del objeto: habitación o uso de una edificación, carretera, túnel, represa, etcétera. Dos aspectos ambientales importantes durante el uso de la obra se refieren a «materiales para acabados» y al «tipo de energía» que abastece a la edificación u otra obra en general.

En la elección de materiales de construcción, así como de acabado, se recomienda tener en cuenta las siguientes propiedades: tipo de recursos empleados —renovables o no— para su producción, su reciclabilidad

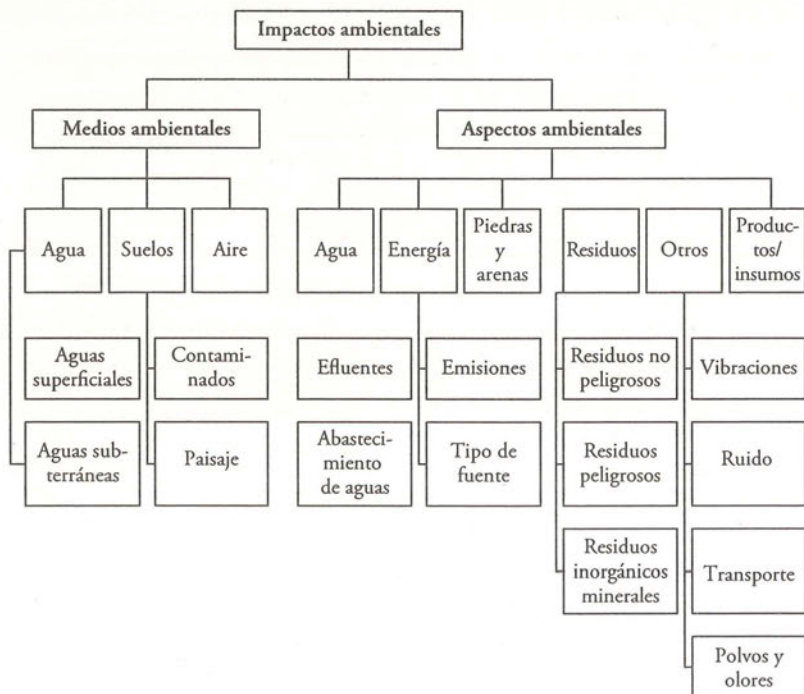
y su toxicidad (véase 3.1). En el caso de materiales prefabricados se debe prestar atención a características de desmontabilidad —para efectos de futuro reciclaje— y durabilidad —con el objetivo de minimizar el consumo de recursos—. Estas cualidades pueden contribuir enormemente a minimizar los impactos ambientales directos en los usuarios o habitantes de las obras durante la vida útil de ellas, e indirectos en el ambiente mismo, el que finalmente provee de recursos y paradójicamente también recibe los residuos de todas las actividades humanas.

En el caso del tipo de energía consumida es importante prever desde la fase de planificación el tipo de sistema que abastecerá de energía a la edificación, carretera, etcétera, con el fin de reducir los impactos ambientales que este sistema inevitablemente generaría. Cada vez hay más avances en el diseño y arquitectura de los llamados edificios limpios o energéticamente eficientes. Esto quiere decir que estas edificaciones no solo emplean energías más limpias, sino que también hacen un uso más eficiente de ellas. Este mismo concepto se puede aplicar a cualquier tipo de obra como un túnel, una carretera o un parque industrial. Un ejemplo de edificio diseñado para ser energéticamente eficiente es el caso del parlamento alemán o Reichstag (Valdivia *et al.* 1999).

2.1.5 Sistematización de impactos, aspectos y medios ambientales

Los medios y aspectos ambientales anteriormente descritos pueden sistematizarse en el marco de un diagnóstico de impacto ambiental como se aprecia en la figura 3. A efectos de facilitar al lector de este trabajo el desarrollo de un diagnóstico de impacto ambiental detallado y sistemático, la identificación de los aspectos ambientales significativos y la implementación de un SGA, se presenta en la figura 3 una sistematización de impactos, medios y aspectos ambientales típicos para una obra de construcción genérica. Se recomienda continuar con el desarrollo de este tipo de esquema, identificando además las fuentes específicas del impacto y los responsables de su manejo —sean equipos o procesos constructivos—, tal como se ilustra en el cuadro 3.

Figura 3
Impactos, medios y aspectos ambientales



Cuadro 3
Aspectos ambientales, fuentes y responsables

Fuente/responsable \ Aspecto ambiental	Fuente 1/ responsable	Fuente 2/ responsable	Fuente «N»/ responsable
Aspecto ambiental 1	Demolición / Ing. Villagarcía
Aspecto ambiental 2
Aspecto ambiental «M»

2.1.6 Metodología para la identificación de aspectos ambientales significativos

Para identificar aspectos ambientales se puede emplear la siguiente metodología (Schwarz 1998):

- **Paso 1:** Delimitación de los alcances de los impactos de la actividad de la construcción: se delimita el entorno en el cual una organización opera, incluyendo los medios ambientales que directamente son afectados como el aire, las aguas —superficiales y subterráneas—, los suelos, los recursos naturales directamente empleados o afectados, la flora, la fauna, los seres humanos y sus interrelaciones. Se recomienda, luego de un análisis serio y objetivo, no solo incluir dentro de los alcances los aspectos ambientales exclusivamente restringidos al área geográfica de la actividad en cuestión, sino también a otros aspectos relevantes que se encuentren fuera de dichos límites.
- **Paso 2:** Desarrollo de un diagrama de flujo de procesos. Esto se realiza para todas las áreas de la empresa, tanto productivas como no productivas —almacenes, laboratorios, oficinas, comedores, transporte, etcétera—, pues todas son fuentes potenciales de contaminación.
- **Paso 3:** Identificación de los aspectos ambientales en forma de recursos consumidos, contaminantes y productos. Esta clasificación es importante y representa un avance en los esquemas tradicionales de identificación de aspectos ambientales en un sistema productivo al incluir el rubro de «recursos» y «productos o servicios». Esto se ilustra en la figura 4 (Schwarz 1998). Para cada unidad de proceso del diagrama de flujo donde se generen cambios físicos o químicos, se deben identificar:
 - recursos consumidos
 - contaminantes generados

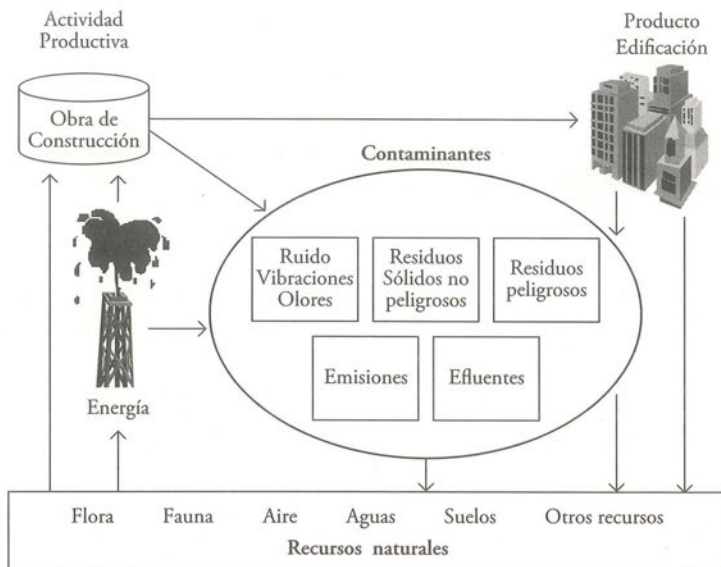
- productos que tengan un potencial impacto —positivo o negativo— sobre el ambiente.
- **Paso 4:** Identificación del nivel de impacto ambiental causado por los aspectos ambientales referidos a recursos consumidos en cada proceso.
- **Paso 5:** Identificación del impacto ambiental de los aspectos ambientales referidos a contaminantes o a productos finales y servicios generados.
- **Paso 6:** Evaluación de los aspectos ambientales identificados en el paso 3 sobre la base de los valores estimados en los pasos 4 y 5 y aplicando metodologías comparativas *ad hoc*, como se puede apreciar de manera ilustrativa en el subcapítulo 2.1.7.
- **Paso 7:** Identificación de los aspectos ambientales significativos.

2.1.7 Determinación de los aspectos ambientales en una obra genérica

A continuación se ilustra la aplicación de la metodología descrita en subcapítulo 2.1.6 en el caso de la construcción de una edificación genérica de veinte pisos en un área de 10.000 m². La edificación se construye básicamente a partir de concreto en una zona urbana en el centro de una ciudad.

- **Paso 1:** Delimitación de los alcances de los impactos de la actividad. El ambiente considerado corresponde al área de la obra en construcción. En este caso no se consideran las vías aledañas utilizadas para el estacionamiento de los vehículos empleados para el transporte de materiales.
- **Pasos 2 y 3:** desarrollo de un diagrama de flujo de procesos e identificación de los aspectos ambientales en forma de recursos consumidos y contaminantes. En este sentido se presenta en la figura 5 el diagrama de flujo de los procesos constructivos de la edificación en cuestión (Gold 1999). Las subactividades de la

Figura 4
Esquema de aspectos ambientales en un sistema productivo



construcción de la edificación se dividen en diez grupos y para cada una de ellas se especifican:

- los subprocesos
- los insumos en forma de materiales, energía y agua consumidos
- los subproductos, residuos, contaminantes y productos finales generados

Las diez subactividades del proceso constructivo son:

1. obras preliminares
2. movimiento de tierras
3. obras de concreto simple
4. preparación estructural
5. preparación de instalaciones
6. obras de concreto armado
7. arquitectura
8. acabados
9. instalaciones
10. inspecciones y pruebas finales

Los insumos relevantes identificados son los siguientes:

Recursos naturales:

1. combustibles
2. agua
3. energía eléctrica
4. madera
5. piedras y arena

Sustancias tóxicas

6. pegamento
7. limpiadores

Insumos:

- | | |
|-------------------------|-------------------------|
| 8. encofrados metálicos | 14. concreto |
| 9. alambres y clavos | 15. interruptores |
| 10. desmoldantes | 16. tubos |
| 11. ladrillos | 17. cables |
| 12. cerámicos | 18. tableros eléctricos |
| 13. cemento | |

Los contaminantes y residuos relevantes generados son los siguientes:

- | | |
|--------------------------------------|---|
| 1. ruido | 13. cortes de metal |
| 2. efluentes | 14. chatarra de fierro y aluminio |
| 3. gases de combustión | 15. chatarra de acero |
| 4. residuos domésticos no peligrosos | 16. restos de cables |
| 5. maleza | 17. residuos de madera |
| 6. polvos | 18. aserrín, viruta |
| 7. excedentes de remoción | 19. cortes y retazos de vidrio |
| 8. escombros | 20. cortes y retazos de plásticos (tubos) |
| 9. excedentes de cemento | 21. bolsas de cemento |
| 10. mezclas de concreto | 22. excedentes de pintura |
| 11. cascotes de ladrillo | 23. solventes gastados y restos |
| 12. cortes y retazos de cerámicos | 24. estiropor |

- Pasos 4 y 5: identificación del nivel de impacto ambiental causado por los aspectos ambientales —referidos a recursos consumidos y a contaminantes generados en cada proceso—. Para la posterior identificación del nivel de impacto ambiental causado por el consumo de los recursos y del nivel de contaminación de cada proceso, se sugiere el empleo de una escala de valoración que permita comparar criterios que no siempre son numéricos (véase cuadros 4a y 4b). De esta forma los aspectos ambientales pueden compararse según los criterios de:
 - la magnitud de los recursos consumidos o contaminantes generados;

Cuadro 4a

Tabla de puntuación para la evaluación de aspectos ambientales

Criterio	Nivel	Intervalos de magnitudes de los aspectos ambientales					Puntaje	
		Recursos			Contaminantes			
Magnitud	Alta	Recursos naturales	Petróleo	Agua	Residuos sólidos	Gases	Ruido	10
		>1000 TM/año	>5000 gal/año	>100 m ³ /año	>100 TM/año	>100 m ³ /hr	>100 dB	
	Media	>500, 1000 <TM/año	>2500, 5000< gal/año	>1000, 5000< m ³ /año	>50, 100 <TM/año	>50, 100 <m ³ /hr	>80dB	6
	Baja	>100, 500 <TM/año	>1000, 2500 <gal/año	>100, 1000 <m ³ /año	>10,50 <TM/año	>20,50 <m ³ /hr	<80dB	4
Muy baja	>0,100 <TM/año	>0,1000 <gal/año	>0,100 <m ³ /año	>0,10 <TM/año	>0,20 <m ³ /hr		2	
Frecuencia	Muy frecuente	Diario					10	
	Frecuente	Semanal					6	
	Periódico	Mensual					4	
	Eventual	Anual					2	

(Schwarz 1998)

Cuadro 4b
Tabla de valoración de aspectos ambientales

Parámetro	Nivel	Descripción de los niveles de valoración de los aspectos ambientales		Puntaje
		Recursos	Contaminantes	
Riesgo	Mayor	Recursos en vías de agotamiento	Sustancias peligrosas manejadas en grandes volúmenes	10
	Medio	Recursos existentes en sistemas frágiles en grandes cantidades	Sustancias peligrosas manejadas en pequeños volúmenes (como las sustancias de laboratorio) y otras sustancias no peligrosas que afectan la salud manejados en grandes volúmenes (como los gases de combustión)	5
	Bajo	Recursos renovables y existentes en grandes cantidades	Sustancias no peligrosas manejadas en pequeños volúmenes	2
Existencia de control	No controlado	No se realiza monitoreo del consumo (en el caso de residuos) o de la generación (en caso de contaminantes)		10
	Controlado	Sujeto a monitoreo del consumo (en caso de residuos) o de la generación (en el caso de contaminantes)		5
Ahorro	Bajo	No es sustituible	Ni reutilizable ni reciclable	10
	Medio	Es técnicamente sustituible pero costoso	Reutilizable (botellas, envases, etcétera)	4
	Alto	Es técnica y económicamente sustituible	Reciclable (papel, cartón, escorias, etcétera), es técnica y económicamente sustituible	0

Schwarz 1998

- la frecuencia del consumo de los recursos o generación de los contaminantes;
- el riesgo en el manejo de los contaminantes generados o de agotamiento de las reservas de los recursos consumidos;
- la existencia de medidas de control de los recursos consumidos o contaminantes generados; y
- el ahorro o las posibilidades de reducción de recursos consumidos o contaminantes generados

En los cuadros 4a y 4b se sugieren tablas de puntuación para la evaluación de aspectos ambientales de acuerdo a los criterios previamente mencionados (Schwarz 1998). El puntaje más alto (10) corresponde al mayor impacto ambiental y el más bajo (0) a un impacto ambiental inexistente.

En el caso del criterio «magnitud» se proponen cuatro rangos de magnitud —alta, media, baja y muy baja— con sus respectivos puntajes numéricos para los dos grupos de aspectos —recursos consumidos y contaminantes—. Las magnitudes más altas resultan con un puntaje de diez y las más bajas de dos.

La «frecuencia» se valora según las categorías de muy frecuente, frecuente, periódico y eventual con la misma escala de puntuación que para el caso anterior. En el caso del «riesgo» se propone tres posibilidades —mayor, medio y bajo— también diferenciado para el tipo de aspecto —recursos consumidos o contaminantes—. Para el criterio «existencia de medidas de control» se consideran solo dos posibilidades, es decir, si existen o no existen.

Por último, el «potencial de ahorro» es un parámetro interesante pues puede reflejar el aspecto positivo de reciclar o reutilizar los contaminantes, o de reducir o sustituir los recursos consumidos con ahorros e ingresos importantes para el administrador de la actividad. Se establecen tres categorías de reciclabilidad y de capacidad de sustitución —bajo, medio y alto—. Aplicando los criterios de los cuadros 4a y 4b se presentan en el cuadro 5 los resultados de la comparación de los impactos ambientales causados por el consumo de los recursos por cada proceso y en el cuadro 6 de la comparación de los niveles de contaminación de cada proceso.

Luego, como se puede apreciar en algunas columnas adicionales de los cuadros 5 y 6, otros criterios, también importantes, que determinan la selección de aspectos ambientales significativos son:

- si el «monitoreo» del aspecto es un requisito dentro de la legislación ambiental existente;
- si hay partes interesadas que exigen un monitoreo del aspecto ambiental;
- si la casa matriz se ha autoimpuesto un control del aspecto ambiental en cuestión;
- si es un requisito voluntario de la instalación el control del aspecto ambiental.

De aplicarse adicionalmente uno de los cuatro criterios anteriores, se procede a dar un mayor peso al subtotal resultante hasta ese momento —denominado subtotal en condiciones normales— multiplicando dicho valor por 2, 1,5, 1,5 o 1,1 respectivamente.

Como se puede apreciar en algunas columnas adicionales de los cuadros 5 y 6, para la comparación de los aspectos ambientales se prescinde de las cantidades generadas. El criterio «magnitud» refleja, sin embargo, en cierta medida el nivel del impacto en relación a los volúmenes de contaminación generada así como a los recursos consumidos.

- **Pasos 6 y 7:** identificación de los aspectos ambientales significativos. En los cuadros 5 y 6 se observan resultados interesantes. Los aspectos ambientales con más altos puntajes —a partir de 39 puntos— son identificados como «significativos» y son los siguientes:
 Recursos naturales como aspectos ambientales:
 - combustibles usados en la generación de energía (75 puntos)
 - consumo de agua (46 puntos)
 - piedras y arena (45 puntos)
 Contaminantes como aspectos ambientales:
 - ruido (149 puntos)
 - polvos (149 puntos)
 - aguas residuales (77 puntos)
 - gases de combustión (50 puntos)

- manejo de residuos y sustancias peligrosas, por ejemplo, restos de pinturas, solventes gastados, estiropor (46 puntos)
- residuos minerales inorgánicos, por ejemplo, escombros, mezclas de concreto (entre 39 y 43 puntos)
- residuos domiciliarios no peligrosos (39 puntos)

Resumiendo se tendrían tres aspectos ambientales referidos a recursos naturales y siete a contaminantes generados.

2.2 ESTRATEGIAS AMBIENTALES

En las siguientes líneas se introducen, desde el punto de vista ambiental, conceptos y enfoques innovadores para ser aplicados en el sector de la construcción con el objetivo de minimizar la generación de impactos ambientales negativos.

En primer lugar se introduce un concepto interesante, cuyos alcances están siendo actualmente investigados en el marco de la implementación de instrumentos de gestión ambiental, es el «ciclo de vida» (subcapítulo 2.2.1) para productos. En este caso el producto es la obra construida en sí. Como complemento, se aclara otras estrategias que deben ser adecuadamente entendidas por el lector y que deben seguir la siguiente secuencia, en un orden de prioridades:

- > Prevención de la contaminación (subcapítulo 2.2.2)
- > Reutilización y reciclaje (subcapítulo 2.2.3)
- > Disposición final (subcapítulo 2.2.4)

Con esto se enfatiza la priorización de la práctica de la prevención de los contaminantes frente a las demás opciones tecnológicas. Si por razones técnicas y económicas no fuese posible evitar generar los contaminantes, se propone como siguiente alternativa la reutilización y reciclaje de los residuos. De esta forma se reducen los volúmenes de contaminantes que finalmente deben ser dispuestos en rellenos sanitarios controlados.

2.2.1 Integración del ciclo productivo y de consumo: ciclo de vida

El principio de análisis de ciclo de vida, método alternativo a las metodologías tradicionales de evaluación de impacto ambiental, implica que los productos, actividades o sectores económicos sean analizados a través de la cuantificación de impactos acumulados que un producto genera desde la etapa de explotación de los recursos naturales y generación de la energía requerida, hasta la disposición final de los residuos generados directa o indirectamente. Otra definición similar establece que el ciclo de vida incluye la consideración de todas las fases implicadas en el manejo de los materiales, productos y la energía desde que nacen hasta que mueren.

En el caso de las obras construidas, su vida útil depende básicamente del tipo de construcción, de los materiales empleados, de la modalidad de construcción, así como de la forma de uso de dicha obra. Teóricamente se puede contar con una vida útil de una obra de entre quinientos y mil años —por ejemplo, la Gran Muralla China—. Dependiendo del mantenimiento de esta, se pueden tener vidas útiles para paredes de ladrillos de entre ochenta y cien años, para construcciones masivas de entre sesenta y ochenta años y para estructuras de acero entre cincuenta y sesenta años (Rieger 1999).

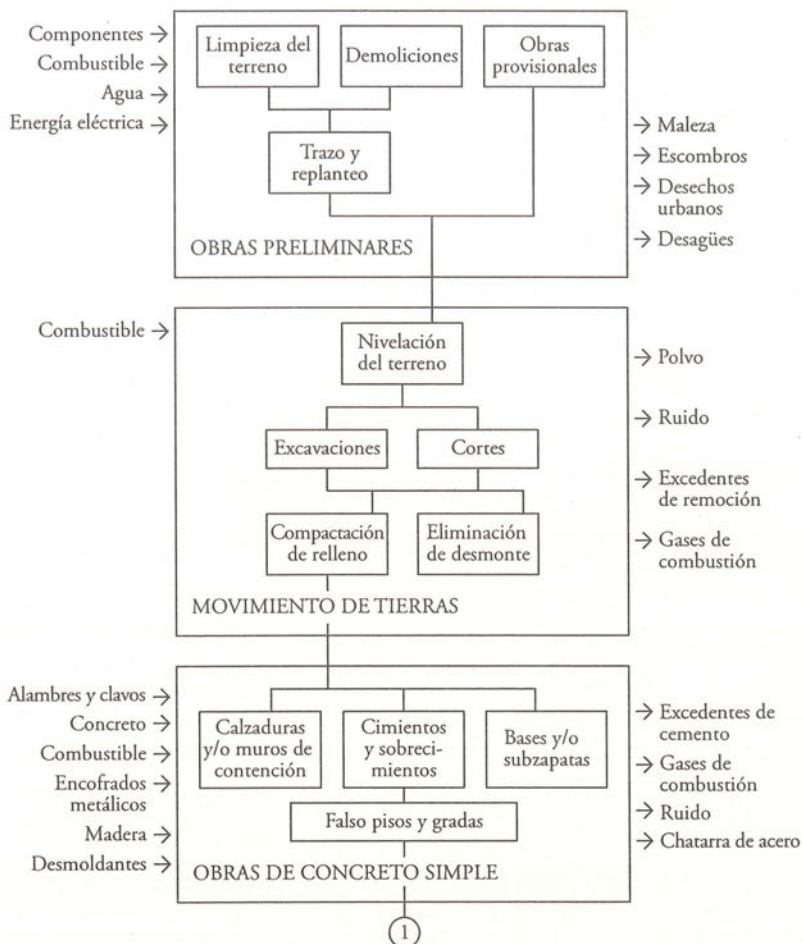
Aplicando el principio de análisis de ciclo de vida para el sector de la construcción se identifica lo siguiente:

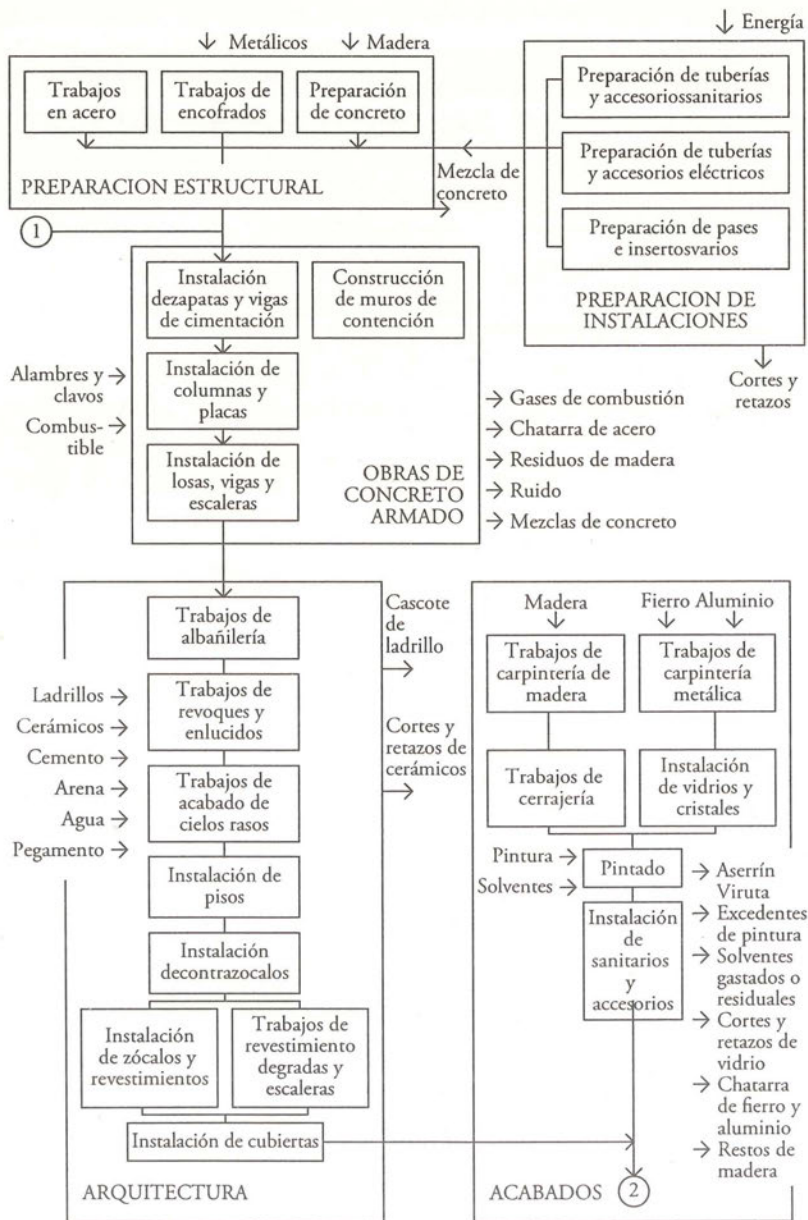
1. El producto en cuestión a ser evaluado es la edificación u obra construida en general.
2. Las fases del ciclo de vida de una construcción son:
 - explotación de recursos naturales
 - manufactura de productos de acabados y otros insumos de la construcción
 - transporte de estos recursos y de otros insumos
 - proceso constructivo

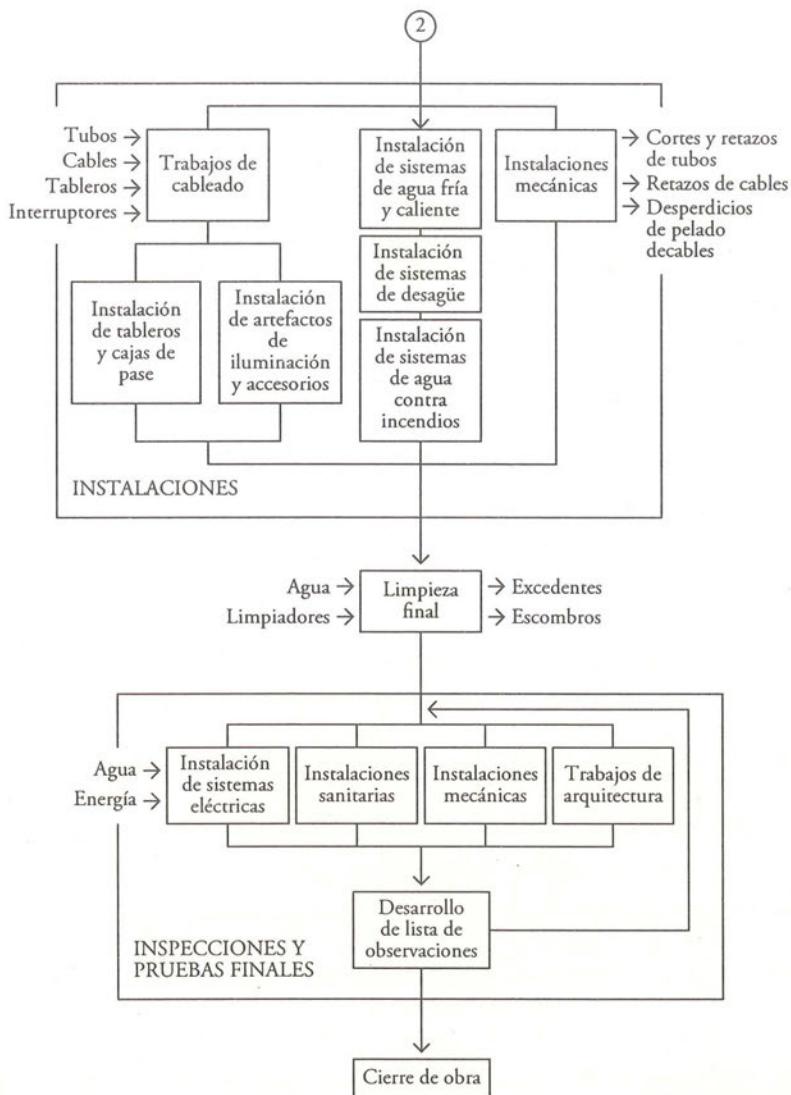
- uso de las obras construidas
- demolición de las obras
- reutilización y reciclaje de residuos
- disposición final de residuos generados en las diferentes etapas

Figura 5

Diagrama de flujo de procesos constructivos de una edificación genérica (Gold 1999)







Cuadro 5

Recursos consumidos como aspectos ambientales en la construcción genérica de una edificación

Aspecto Ambiental	Proceso	Cantidad	Unid/año	Magnitud	Frecuencia	Riesgo	Control	Ahorro	Ttl. Condición normal	Requisitos legales x 2	Req. Partes interesadas x 1,5	Requisitos de casa matriz x 1,5	Requisito voluntario x 1,1	Total	Ranking
Agregados	Arquitectura Preparación de concreto simple	N.D.	TM/año	10	10	5	10	10	45	45	45	45	45	45	3
Agua	Arquitectura Inspección final Limpieza Obras preliminares	N.D.	m3/año	6	6	10	10	10	42	42	42	42	46.2	46.2	2
Arena	Arquitectura	N.D.	TM/año	10	10	5	10	10	45	45	45	45	45	45	3
Combustible	Movimiento de tierras Obras de concreto armado Obras preliminares Preparación de concreto simple	N.D.	lt/año	4	6	10	10	4	34	68	68	68	74.8	74.8	1
Energía eléctrica	Inspección final Obras preliminares Preparación de instalaciones	N.D.	kWh/año	4	10	2	10	4	30	30	30	30	33	33	5
Madera	Preparación de concreto simple Preparación estructural	N.D.	TM/año	6	4	10	10	4	34	34	34	34	37.4	37.4	4

Leyenda: N.D.: no determinado

Cuadro 6
Contaminantes como aspectos ambientales en la construcción
genérica de una edificación

Aspecto Ambiental	Proceso	Cantidad	Unid/año	Magnitud	Frecuencia	Riesgo	Control	Ahorro	Tl. Condición normal	Requisitos legales x 2	Req. Partes interesadas x 1,5	Requisitos de casa matriz x 1,5	Requisito voluntario x 1,1	Total	Ranking
Aguas residuales	Obras preliminares	N.D	m/3 año	6	10	5	10	4	35	70	70	70	77	77	3
Aserrín y viruta	Acabado	N.D	TM/año	2	4	5	10	0	21	21	21	21	21	21	
Cascote de ladrillo	Arquitectura	N.D	TM/año	6	6	5	10	4	31	31	31	31	31	31	14
Chatarra de acero	Obras de concreto armada	N.D	TM/año	6	4	5	10	0	25	25	25	25	25	25	21
Chatarra de aluminio	Preparación de concreto simple Acabado	N.D	TM/año	4	4	5	10	0	23	23	23	23	25,3	25	20
Chatarra de fierro	Acabado	N.D	TM/año	4	6	5	10	0	25	25	25	25	27,5	28	18
Cortes de cables	Instalaciones	N.D	TM/año	2	6	2	10	10	30	30	30	30	33	33	13
Cortes de cerámicos	Arquitectura	N.D	TM/año	4	6	5	10	4	29	29	29	29	29	29	16
Cortes de tuberías	Instalaciones	N.D	TM/año	2	6	5	10	10	33	33	33	33	33	33	11
Cortes de tuberías	Preparación de instalaciones														
Cortes de vidrio	Acabado	N.D	TM/año	2	6	5	10	4	27	27	27	27	27	27	19
Escombros	Limpieza	N.D	TM/año	10	10	5	10	4	39	39	39	39	42,9	43	7
Excedentes de cemento	Obras preliminares Preparación de concreto simple	N.D	TM/año	4	6	5	10	4	29	29	29	29	29	29	17

Aspecto Ambiental	Proceso	Cantidad	Unid/año	Magnitud	Frecuencia	Riesgo	Control	Ahorro	Tt. Condición normal	Requisitos legales x 2	Req. Partes interesadas x 1,5	Requisitos de casa matriz x 1,5	Requisito voluntario x 1,1	Total	Ranking
Excedentes de remoción	Movimiento de tierras	N.D	TM/año	10	4	5	10	4	33	33	33	33	36,3	36	10
Gases de combustión	Movimiento de tierras	N.D	TM/año	10	10	5	10	10	45	45	45	45	49,5	50	4
	Obras de concreto armado														
Maleza	Preparación de concreto simple	N.D	TM/año	6	6	5	10	4	31	31	31	31	34,1	34	12
Mezcla de concreto	Obras preliminares	N.D	TM/año	6	10	5	10	4	35	35	35	35	38,5	39	8
	Obras de concreto armado														
Polvo	Preparación estructural	N.D	TM/año	10	10	5	10	10	45	90	135	135	148,5	149	1
Residuos domiciliarios	Movimiento de tierras	N.D	TM/año	10	10	5	10	10	45	90	135	135	148,5	149	1
	Limpieza	N.D	TM/año	6	10	5	10	4	35	35	35	35	38,5	39	9
Restos de madera	Obras preliminares	N.D	TM/año	6	6	5	10	4	31	31	31	31	31	31	15
	Acabado														
Restos de pinturas	Obras de concreto armado	N.D	TM/año	10	6	10	10	10	46	46	46	46	46	46	5
Ruidos	Acabado	N.D	TM/año	10	6	10	10	10	46	46	46	46	46	46	5
	Movimiento de tierras	N.D	dB	10	10	5	10	10	45	90	135	135	148,5	149	5
	Obras de concreto armado														
Solventes gastados	Preparación de concreto simple	N.D	TM/año	10	6	10	10	10	46	46	46	46	46	46	6
	Acabado														

Leyenda: N.D.: no determinado

3. Los recursos naturales requeridos son principalmente agua, piedras y arena, combustibles fósiles y madera.

4. En principio, en todas las fases del ciclo de vida, se consumen recursos, agua, energía y se generan residuos y otros contaminantes.

5. La duración del ciclo de vida depende del tipo de obra, de los materiales empleados, del tipo de proceso constructivo y de la forma de uso y mantenimiento de la obra.

De manera ilustrativa se muestra en la figura 6 el desarrollo de un análisis del ciclo de vida de una puerta de madera (Berry 1998). Las fases del ciclo de vida consideradas son la extracción de recursos, la producción primaria, la producción secundaria, la distribución, el uso y la disposición final. Como se aprecia, los impactos durante el ciclo de vida de una puerta de madera se extienden enormemente.

Por razones de practicidad no suele aplicarse en muchos sectores económicos y empresas el concepto de evaluación de ciclo de vida para determinar los alcances de impacto ambiental de las actividades de la construcción. Sin embargo, se recomienda extraer algunos elementos importantes que justifican el extender los alcances de una evaluación más allá del área geográfica de la empresa. De esta manera se puede incluir el transporte, el tipo de materiales que se emplea en los acabados, el tipo de fuente energética, el tipo de agua para el abastecimiento de las edificaciones, etcétera.

Pueden generarse soluciones importantes para la prevención de impactos ambientales negativos en las etapas de diseño de la obra —en este caso, decisiones simples como la elección de los materiales, espesor de las capas aisladoras, tipo de puertas y ventanas, etcétera pueden influir en la calidad ambiental de las obras construidas, así como en los impactos ambientales finales del producto en cuestión—, tecnologías de explotación de recursos naturales y tecnologías y procesos constructivos.

Según unas investigaciones desarrolladas por Smith *et al.* (1997) se demostró que los cambios en el diseño de las especificaciones de una edificación podría reducir los impactos ambientales del proceso constructivo, de acabados, de demolición y de disposición final en un 70% frente a los impactos ambientales causados por una edificación tradicional. Los resultados de la comparación de ambos tipos de edificaciones se muestran en el cuadro 7.

Cuadro 7
Comparación de impactos durante el ciclo de vida de dos edificaciones:
una tradicional y otra mejorada

Actividad	Edificación tradicional	Edificación mejorada	Reducción de impactos	
	Eco-puntos*	Eco-puntos*	Eco-puntos*	(%)
Procesos constructivos	12,8	3,82	8,98	70
Transporte de materiales	1,1	0,51	0,59	54
Energía y calefacción	109,0	27,30	81,70	75
Demolición y disposición	0,49	0	0,49	100
Total en un ciclo de 60 años (excluyendo calefacción)	14,39	4,33	10,06	70
Total en un ciclo de 60 años	123,39	31,63	91,76	74

* Eco-punto es la unidad de medida empleada según una metodología de evaluación de ciclo de vida.

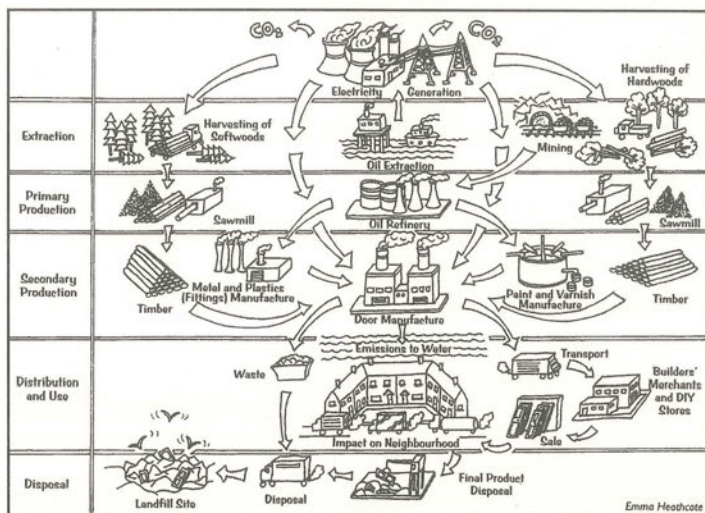
Smith *et al.* 1997

Las conclusiones de las investigaciones de Smith *et al.* (1997) invitan a emplear los siguientes criterios para la minimización de daños ambientales en este sector:

- reducir los impactos ambientales de los materiales usados
- reducir la obsolescencia e incrementar la duración de los productos, insumos y de la obra en sí
- incrementar el reuso y reciclaje

- incrementar la eficiencia en el uso de materiales y de energía: producir más con menos
- adoptar nuevas prácticas de trabajo
- emplear insumos, materiales y prácticas locales

Figura 6
Análisis de ciclo de vida de una puerta de madera



Berry 1998

2.2.2 Prevención de la contaminación y mejora continua

Dos estrategias importantes que permiten una reducción sistemática y definitiva de los impactos ambientales negativos son la prevención de la generación de contaminantes y la mejora continua del desempeño ambiental.

La prevención de los contaminantes contempla el diseño y ejecución de obras o actividades encaminadas a evitar los posibles impactos y efectos negativos que un proyecto, obra o actividad pueda generar sobre la salud y el ambiente. La reducción de la contaminación en la

fuente generadora podrá incluir modificaciones en los equipos o tecnologías, cambios en los procesos o procedimientos, reformulación o rediseño de productos, sustitución de materias primas, mejoras en el mantenimiento, entrenamiento del personal y controles de inventario.

En el transcurso de las actividades del sector de la construcción es viable la prevención de la generación de contaminantes especialmente desde la fase del diseño en el que se determinan:

- los materiales y productos a ser empleados
- los procesos constructivos
- los sistemas de abastecimiento de agua y energía

En las fases posteriores pueden tomarse medidas adicionales con este propósito, sin embargo, los alcances de estas prácticas son normalmente mucho menores que los que resultan en caso de planificarse una minimización de la contaminación desde el diseño. De manera ilustrativa se puede tomar la fase de la demolición de una edificación como una de las últimas fases del ciclo de vida y analizar los potenciales de prevención de la contaminación al aplicar el desmontaje selectivo frente a la tradicional práctica de demolición (Valdivia 1995). A través de esta práctica —desmontaje selectivo— se logra una separación previa de materiales de construcción o partes de la obra y su posterior demolición con los fines siguientes:

- recuperar materiales que todavía tengan un valor en el mercado
- obtener residuos con una composición homogénea que facilite la reutilización y el reciclaje
- facilitar la demolición
- minimizar los volúmenes de residuos generados a ser dispuestos finalmente en un relleno sanitario
- minimizar riesgos a la salud y al ambiente

Para efectuar un desmontaje selectivo de manera efectiva y eficiente es conveniente la planificación de esta actividad considerando

básicamente cuatro etapas relacionadas a los cuatro grupos de materiales o partes de una obra que deben separarse:

- Piezas fácilmente desmontables como el tejado de los techos y las lunas de las ventanas y puertas, así como las partes de tamaño relativamente grande: alfombras, puertas, rejas, ventanas, tinas de baño, calderas, etcétera.
- Acabados: interruptores, focos, lámparas, cableado exterior, etcétera.
- Pisos, cubiertas de paredes interiores, exteriores y techos.
- Ladrillos, bloques de piedra, losetas de pisos, piezas de cerámicos y otros elementos estructurales factibles de desmontar.

2.2.3 Reciclaje y reutilización de residuos en el sector de la construcción

Por reciclaje se entiende la transformación de residuos para su reincorporación en un círculo productivo como insumos de otros productos. Una versión más elaborada de la diferenciación entre reciclaje y reutilización es desarrollada en la legislación alemana (Valdivia 1995), donde expresa que, según el tipo de preparación de los residuos antes de su re inserción en el círculo productivo, se consideran dos tipos de reciclaje:

- El reciclaje del producto —o reutilización—, donde se mantiene la forma del producto, como en el caso de una botella retornable. En este caso el tratamiento no implica cambios físicos ni químicos de los materiales.
- El reciclaje de material —o reciclaje propiamente dicho—, en el cual el producto cambia su forma, como en la fundición de materiales metálicos. En este caso sí se dan cambios físicos y químicos de los residuos antes de ser incorporados al ciclo productivo.

Se considera justificable la diferenciación entre reciclaje y reutilización; sobre la base de la experiencia en la legislación internacional se ha determinado que la reutilización es preferible al reciclaje por las siguientes razones:

- minimiza el consumo de materiales y energía adicionales requeridos para tratar los residuos;
- minimiza la pérdida de propiedades originales de los materiales de construcción; y,
- prolonga la vida útil de los productos.

Ejemplo de reciclaje y reutilización de la «madera de encofrados de elementos de carga baja»

La madera empleada para este tipo de elementos no necesita ser muy resistente, debido a las bajas cargas que debe soportar. En algunos casos para los encofrados de este tipo de elementos se llega a emplear triplay.

La reutilización, por definición, no requiere de un tratamiento previo de los residuos. Implica el uso de dichos residuos considerados como productos cumpliendo su función original u otra diferente. De esta manera, la madera residual de este tipo de encofrados puede reutilizarse como madera para la construcción de nuevos encofrados, o como material para la construcción de mesas, mobiliario u otras instalaciones de madera.

Por otro lado, el reciclaje sí implica un tratamiento de la madera, pudiendo el material tratado formar parte del mismo tipo de producto que le dio origen o de otro diferente. Así, por ejemplo, se pueden obtener a partir de la madera de encofrados planchas de madera prensada para nuevos encofrados, o chips que pueden ser utilizados en reemplazo de leña para hornos caseros.

2.2.4 Disposición final

Como última solución a los residuos generados por alguna actividad económica, está la disposición final de ellos. Esta debe realizarse en los rellenos sanitarios o a través de una incineración. Para la elección del método de disposición final se toma en cuenta el tipo de residuo, las cantidades, las condiciones de mercado para el caso de subproductos —por ejemplo, metano o cenizas como agregado del concreto— y los

aspectos económicos —como criterios de costos, rentabilidad—. En el caso de rellenos sanitarios, se conocen en la práctica cuatro tipos:

- para residuos domésticos
- para residuos de la construcción
- para residuos especiales
- para residuos radioactivos

En muchos países en desarrollo se disponen los residuos de la construcción conjuntamente con los residuos domésticos. Esto genera más problemas ambientales y desaprovechando las posibilidades de reciclaje a futuro.

2.3 INSTRUMENTOS DE GESTIÓN AMBIENTAL

El creciente desarrollo de la legislación ambiental a nivel mundial ha introducido instrumentos de gestión ambiental tanto obligatorios como voluntarios. Los más extendidos y de mayor antigüedad de aplicación son la evaluación de impacto ambiental (EIA) (subcapítulo 2.3.1). Los sistemas de gestión ambiental (subcapítulo 2.3.2) y las auditorías ambientales (subcapítulo 2.3.3) son algo más recientes y están extendiéndose de manera rápida en casi todos los países. Especialmente, la auditoría ambiental es empleada como instrumento de verificación interna y externa —llevada a cabo por las autoridades o por terceros a fin de proveer de una certificación tipo ISO 14001 o una etiqueta ambiental—. El ecoetiquetado se aplica especialmente para algunas actividades o productos con altos potenciales de impactos ambientales (subcapítulo 2.3.4) y es de reciente popularización a través de presiones locales o internacionales. Un último instrumento de menor difusión y aplicación es la evaluación de desempeño ambiental, para lo cual ya se han desarrollado diversas metodologías y se conocen algunas experiencias de su aplicación. En esta ocasión se presenta una metodología bastante novedosa denominada IMPS o *input* de materiales por unidad

de servicio (véase subcapítulo 2.3.5), de reciente aplicación, especialmente a productos y actividades caracterizados por un uso intensivo de recursos como en el sector de la construcción.

2.3.1 Evaluación de impacto ambiental

La evaluación integrada de impacto ambiental es considerada un instrumento preventivo que sintetiza y evalúa los efectos colaterales y posteriores en el lugar de las actividades a ser ejecutadas. Un objetivo importante de esta evaluación es el fortalecimiento del criterio «aspecto ambiental» dentro del proceso de otorgamiento de «licencias y permisos» y la introducción de una especie de presión para la justificación de las actividades desde el punto de vista ambiental. Con ello se introduce un nuevo enfoque de calidad total en los procesos de planificación y licenciamiento, dejando atrás los enfoques limitados solo a los criterios económicos y legales.

Proceso de desarrollo de un estudio de impacto ambiental

El proceso de evaluación de impacto ambiental se inicia con una etapa de identificación de los alcances de las actividades y posibles impactos (*scoping process*). Luego, se lleva a cabo el diagnóstico de compatibilidad ambiental y finalmente se desarrolla el estudio de impacto ambiental.

- **Identificación de los alcances de las actividades y posibles impactos:** en esta etapa se define los alcances de la evaluación y la metodología que debe aplicarse desde el punto de vista ambiental. En cuanto a la metodología a emplearse, existen diferentes criterios y métodos, siendo los más conocidos los siguientes (véase subcapítulo 2.3.1.2):
 - análisis costo-beneficio
 - análisis costo-efectividad
 - costo-oportunidad
 - el efecto multiplicador

- valor de contingencia
- aproximación de los costos de viaje
- técnica de los precios hedónicos
- evaluación ecológica
- matrices y listas de evaluación
- **Diagnóstico de compatibilidad ambiental:** una vez determinados los alcances, se lleva a cabo un diagnóstico de la situación ambiental y una evaluación de los bienes que deben ser protegidos según criterios de sensibilidad y su valor. Adicionalmente se desarrolla una evaluación de riesgos ambientales. Los resultados referidos a la compatibilidad ambiental integran el estudio de impacto ambiental final.
- **Estudio de impacto ambiental:** este estudio contiene los resultados de las fases anteriores y provee de datos y recomendaciones útiles para la decisión final acerca de la compatibilidad ambiental del proyecto, así como del otorgamiento de la licencia de operación.

Metodologías de identificación y evaluación de aspectos e impactos ambientales

Es pertinente hacer una breve reseña de los más importante dada la variedad e importancia de los métodos de identificación y evaluación de aspectos e impactos ambientales:

- **Análisis costo-beneficio:** es un procedimiento de comparación en términos monetarios, en lo posible, de los «costos» con los «beneficios sociales» de un proyecto. La diferencia entre los beneficios y costos sociales se denomina «beneficio social neto» y se prefiere los proyectos con mayor beneficio neto. Para ello se lleva a valor presente las estimaciones de los flujos de costos y beneficios futuros por el tiempo de vida establecido para el proyecto. Este método es especialmente empleado por las agencias de gobierno y de desarrollo. Las herramientas más comúnmente usadas para estimar los costos y beneficios son:

- El costo de oportunidad: el costo de sacrificio de alternativas rentables;
- el valor de contingencia: establecimiento de un valor monetario de un bien tangible o intangible, que se obtiene preguntando a la gente cuánto estaría dispuesta a pagar por tenerlo o por no perderlo;
- el precio sombra: refleja la escasez real de un recurso ambiental en la sociedad;
- la tasa de descuento: tasa que permite llevar a presente los valores futuro; y,
- el óptimo de Pareto: el punto a partir del cual es imposible obtener una mejora, sin perjudicar a terceros.

Este tipo de evaluación permite explicar los costos y beneficios que normalmente no resultan de un análisis simple económico-financiero. A continuación se muestra algunos ejemplos de costos y beneficios ambientales y sociales.

Costos	Beneficios
Agotamiento de los recursos naturales	Desarrollo sostenible
Desigualdad social	Crecimiento económico
Reducción de empleo	Uso más eficiente de recursos
Riesgos ambientales	Creación de zonas de amortiguamiento
Congestión de tráfico	Reducción en tiempo de viajes
Deterioro del paisaje	Programa de rehabilitación de áreas
Daños de áreas silvestres	Protección de áreas silvestres
Contaminación de aire, agua y suelos	Reducción de la contaminación
Intromisión en áreas protegidas	Empleo de las mejores tecnologías disponibles
	Pérdidas de activos culturales
	Eliminación de actividades en áreas protegidas
	Preservación de activos culturales

- **Análisis costo-efectividad:** cuando el análisis costo-beneficio sea impracticable por la imposibilidad de estimar numéricamente valores de los parámetros a ser evaluados, se puede emplear el análisis costo-efectividad, que concretamente mide el cumplimiento de objetivos.

- **El efecto multiplicador:** este criterio se aplica para estimar beneficios o daños sociales más allá de los directos. Es empleado por las entidades de gobierno o de desarrollo para tomar en cuenta las interrelaciones de las actividades a nivel local y regional, y así promover conjuntamente el desarrollo de su área de gobierno.
- **Valor de contingencia:** refleja de alguna manera el valor de un bien intangible desde la perspectiva de los actuales usuarios —en el caso de un bien que puede perderse— o de potenciales usuarios —en el caso de un bien o recurso deseado—.
- **Aproximación de los costos de viaje:** bajo este criterio se valora de manera simplificada el recurso que es empleado como recreación sumando los costos incurridos por viajes a zonas deseadas —por ejemplo las áreas de recreación— y las tarifas de ingreso —de existir este pago— que los usuarios suelen pagar.
- **Técnica de los precios hedónicos:** para valorar el ambiente se recurre a una comparación de valores existentes que están indirectamente relacionados a la disponibilidad de los compradores a pagar más por un ambiente mejor. La diferencia de estos valores determina el «precio» de una «mejor calidad ambiental». Un ejemplo de estimación de esta diferencia resulta de la comparación de los precios de dos viviendas similares pero situadas en zonas diferentes: una situada en una zona deprimida y otra situada en una zona con mejores condiciones de servicios, seguridad, etcétera. El método aparentemente es simple pero su aplicación es compleja. Es realmente difícil llegar a un acuerdo acerca de qué se entiende por una «mejor calidad ambiental». Se conocen, sin embargo, ejemplos de aplicación de esta metodología para productos de más fácil comparación como autos o viviendas según su cercanía a los aeropuertos.
- **Evaluación ecológica:** a través de este método se trata de evaluar el valor de lo que se ganaría o perdería en términos ambientales no monetarios. Dada la subjetividad, complejidad, falta de información y conocimiento, así como los altos costos que

este tipo de evaluación implicaría, este método se aplica mayormente desde el punto de vista científico y de investigación y no de forma práctica.

- **Listas de revisión y matrices:** una metodología para hacer un seguimiento sistemático de los aspectos y factores ambientales que deben tomarse en consideración en la evaluación de proyectos es el empleo de «Listas de revisión». A continuación se presenta un ejemplo de lista de revisión para el factor: «evaluación de riesgos ambientales de un proyecto».
 1. Elección de la ubicación del proyecto: cercanía a viviendas, áreas naturales protegidas, a otras áreas vulnerables como colegios, hospitales, almacenes de materiales peligrosos, tóxicos, explosivos o inflamables.
 2. Propuesta de zonas de amortiguamiento.
 3. Rutas de vehículos hacia y fuera de las instalaciones.
 4. Identificación de la naturaleza de cada proceso —entradas, salidas, instrumentos y controles operacionales—.
 5. Ubicación de los almacenes de materiales peligrosos, tóxicos, explosivos o inflamables dentro de las instalaciones.
 6. Ubicación de las plantas y equipos de tratamiento de aguas, de control de las emisiones, de los residuos sólidos y la composición de ellos.
 7. Riesgos de fallas de equipos, componentes o partes, por fatiga, fugas, corrosión, explosión, fuego, exceso de presión, vibraciones, choques, operaciones incorrectas, diseño inadecuado, monitoreo inadecuado, falta de registros, etcétera.
 8. Uso de técnicas de minimización de riesgos y peligros: almacenes con alarmas y controles electrónicos, sistemas de monitoreo de aguas subterráneas, sistemas de identificación de químicos, áreas riesgosas protegidas con barreras especiales.
 9. Cumplimiento con las normas técnicas de almacenamiento, movimiento y el uso de materiales y sustancias peligrosas;

con la legislación ambiental, de salud ocupacional y otras licencias y regulaciones pertinentes.

10. Experiencias en plantas similares en cuanto a los aspectos de seguridad y lecciones aprendidas de ellas.
11. Reciclaje y disposición final de residuos.
12. Medidas, planes y procedimientos de emergencia.
13. Revisión periódica de las medidas de seguridad y resultados de monitoreo; programas de auditorías independientes.
14. Prácticas de laboratorio, muestreo y análisis.
15. Controles operacionales y gestión de riesgos ambientales, existencia de manual de procedimientos, multas, etcétera.
16. Capacitación de los responsables, involucrados y asignación de responsabilidades.

El empleo de matrices de evaluación permite comparar los diferentes criterios —que pueden ser cuantificados o no cuantificados— para las diversas actividades y subactividades identificadas en el proyecto. Dicha matriz es una revisión resumida de la evaluación ambiental del proyecto. A esta matriz siempre acompaña una explicación del proceso y los resultados obtenidos. Una matriz bastante conocida y ampliamente empleada con sus variantes es la matriz de Leopoldo.

2.3.2 Sistemas de gestión ambiental (SGA)

Un sistema de gestión ambiental es la parte del sistema general de gestión de una empresa, que incluye la estructura organizacional, planificación de las actividades, responsabilidades prácticas, procedimientos, procesos y recursos para desarrollar, implementar, revisar y mantener dicho sistema.

Los requisitos básicos para la implementación de un SGA son la determinación de la política ambiental, los aspectos ambientales, los objetivos y las metas. Con ese punto de partida se procede a una planificación del SGA, a su posterior implementación y operación, al control

y acción correctiva del sistema en operación y, por último, a la revisión por la dirección. Dicho proceso redundará en una mejora continua basada en el principio de prevención de la contaminación.

Como instrumento de gestión ambiental, un SGA apoya enormemente a la organización en la definición de su misión ambiental y en el establecimiento de planes y programas requeridos para lograr sus objetivos. Un SGA bien implementado también provee de cierto orden y de consistencia en las prácticas organizacionales para cubrir oportunamente las expectativas crecientes por parte de los interesados y de las autoridades a través de una mejora continua. El SGA hace énfasis en la conformidad de las actividades y operaciones con la legislación ambiental.

Un SGA de reconocimiento internacional es aquel basado en la serie ISO 14000, la que consta de una norma auditable (ISO 14001) y otras normas guías o soporte del sistema.

- **Norma auditable ISO 14001:** esta norma provee los elementos básicos a ser implementados en un SGA, para que luego este pueda ser certificado por terceros. Este sistema se aplica a todo tipo de organizaciones.
- **Documentos guías:** estas normas no son obligatorias y por ello tampoco son auditables. Sin embargo se recomienda su revisión y el análisis de su aplicación, pues sirven de apoyo en la implementación de un SGA. Dichas normas abarcan los siguientes temas:
 - auditoría ambiental
 - evaluación ambiental
 - ciclo de vida
 - eco-etiquetado
 - otros

En el cuadro 9 y en la figura 7 se presentan la relación de las normas de la serie ISO 14000 publicadas y en proceso de desarrollo a la fecha (enero del año 2008).

Cuadro 8

Lista de normas de la serie ISO 14000 - estado a febrero del año 2000

Norma	Título / Descripción	Año	Comentario
Implementación de un SGA			
ISO 14001	Sistema de Gestión Ambiental - Especificación con orientación para su uso.	2000	Publicado como NTP por INDECOPI en el 2002
ISO 14001	Sistema de Gestión Ambiental - Directrices generales sobre principios, sistemas y técnicas de apoyo. Provee de un soporte a las organizaciones en la iniciación, implementación y mejora de SGA. Este documento describe los elementos de SGA y provee de recomendaciones técnicas para su implementación. Los principios de un SGA consideran cumplimiento con la legislación, compromiso de mejora continua y monitoreo continuo del desempeño ambiental.	1996	Publicado como NTP por INDECOPI en el 1998
Auditorías Ambientales			
ISO 19011	Directrices para la auditoría de los sistemas de gestión de la calidad y/o ambiental	2002	Publicado como NTP por INDECOPI en el 2003
14013	Gestión de programas de auditorías ambientales		
Eco-etiquetado			
ISO 14020	Etiquetas ambientales y declaraciones - principios generales.	1999	Publicado como NTP por INDECOPI en el 2004
ISO 14021	Etiquetas y declaraciones ambientales. Autodeclaración ambiental (etiquetado ambiental, tipo II)	1999	Publicado como NTP por INDECOPI en el 2001
14022	Símbolos.		
14023	Metodologías de prueba y verificación.		
ISO 14024	Etiquetas ambientales y declaraciones - Etiquetado ambiental Tipo I - Directrices y procedimientos.	1999	Publicado como NTP por INDECOPI en el año 1999

Norma	Título / Descripción	Año	Comentario
Desempeño ambiental			
ISO 14031	Gestión ambiental. Evaluación del desempeño ambiental. Directrices	FDIS	Publicado como NTP por INDECOPI en el año 2001
ISO TR 14032	Gestión ambiental. Ejemplos de desempeño ambiental (EDA)	Draft	Publicado como NTP por INDECOPI en el año 2005
Evaluación de ciclo de vida			
ISO 14040	Gestión ambiental. Evaluación el ciclo de vida. Principios y marco	2006	
ISO 14043	Gestión ambiental. Evaluación del ciclo de vida. Requerimiento y directrices	2006	
ISO TR 14047	Ejemplos de aplicación de la ISO 14042.	NP	
ISO 14048	Formularios de documentación de datos de ciclo de vida.	NP	
ISO TR 14049	Ejemplos de aplicación de la ISO 14041.		
Otros			
14014	Revisión inicial.		
ISO 14015	Evaluación ambiental de ubicaciones y entidades.	CD	para votación
ISO TR 14061	Información de soporte a organizaciones forestales en la aplicación de las normas de SGA ISO 14001 e ISO 14004.	1999	
ISO Guide 64	Aspectos ambientales en estándares de productos.	1997	
ISO 14050	Gestión ambiental. Vocabulario.	1998	Publicado como NTP por INDECOPI en el año 2003

CD: *Committee Draft* (Borrador de comité)

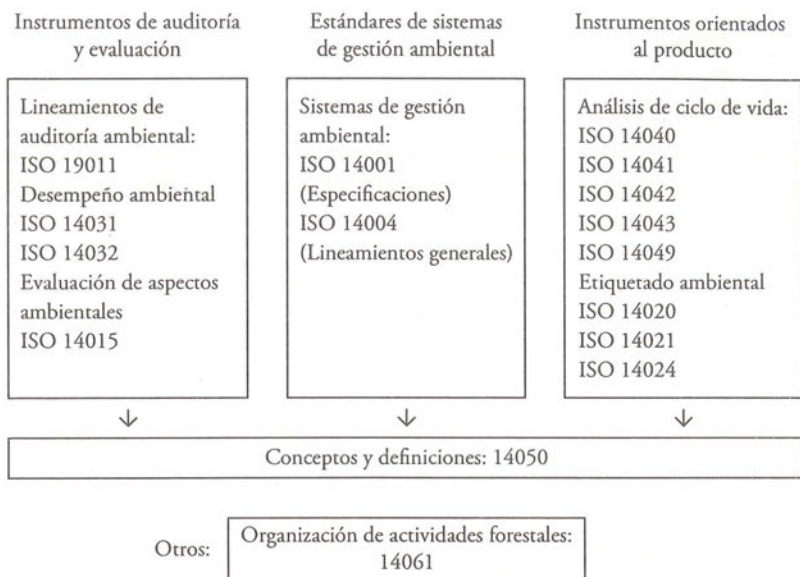
FDIS: *Final Draft International Standard* (Norma internacional en borrador final)

NP: *New Project* (Proyecto nuevo)

DIS: *Draft International Standard* (Norma internacional en borrador)

Draft: Borrador

Figura 7
Normas de la serie ISO 14000



2.3.3 Auditoría ambiental

Una auditoría ambiental consta de una serie de actividades orientadas a evaluar directa o indirectamente el desempeño ambiental de una organización. Según una declaración de la Cámara Internacional de Comercio (CIC), una auditoría ambiental consiste en una revisión metódica que puede involucrar pruebas, análisis y verificaciones del cumplimiento con las políticas de la compañía y los requisitos legales ambientales (ICC 1991); y la comunicación final de los resultados al cliente. En este contexto los auditores basan sus juicios de cumplimiento y conformidad en la evidencia recopilada durante la auditoría. Las auditorías difieren de las inspecciones o evaluaciones, dado que en estas últimas sí se dan opiniones basadas en juicios profesionales.

Existen tanto auditores internos o externos, según la vinculación de estos con la empresa auditada.

Tipos de auditorías ambientales (CSA 1994)

Con el creciente interés y aplicación de las «auditorías ambientales» y el amplio espectro de partes interesadas, objetivos y alcances de ellas, se han identificado diversos tipos de auditorías. Entre los tipos de auditorías ambientales según sus alcances se encuentran:

- auditorías de sistemas de gestión ambiental —según criterios del ISO 19011—;
- auditorías de desempeño ambiental —según criterios de la ISO 14031—;
- auditoría de legislación ambiental —llevado a cabo para verificar exclusivamente el cumplimiento de la legislación—;
- auditoría de reporte ambiental —llevada a cabo por autoridades—.

Principios de una auditoría ambiental (CSA 1994)

- independencia y objetividad
- competencia profesional
- confidencialidad

Pasos para el desarrollo de un auditoría ambiental (CSA 1994)

- Actividades preparatorias: definición de alcances y objetivos de la auditoría, conformación de un equipo de auditores, identificación de recursos requeridos, revisión inicial de información acerca de la compañía, desarrollo de un plan de auditoría.
- Recopilación de evidencias a través de técnicas como: entrevistas, observación personal, empleo de los sentidos, revisión de la documentación y de registros, comunicados de terceras partes, análisis de controles internos, revisión de cálculos, etcétera.

- Evaluación de evidencias acorde a los criterios establecidos en las actividades preparatorias
- Comunicación de los resultados de manera clara y consistente.

Auditoría de certificación según ISO 14001

Esta es una auditoría de sistemas de gestión ambiental y es llevada a cabo por auditores externos acreditados para este fin. La certificación es otorgada por una institución acreditada para ello por el organismo nacional o internacional correspondiente. La certificación obtenida debe ser revalidada periódicamente —por ejemplo cada dos o tres años— a través de auditorías posteriores.

2.3.4 Ecoetiquetado

Una ecoetiqueta es un medio de comunicación a través del cual se difunde información relativa a determinados aspectos y atributos ambientales relevantes del producto, actividad o servicio en cuestión como su reciclabilidad, (bio) degradabilidad, capacidad de daño a la capa de ozono, nivel de consumo de recursos no renovables, eficiencia en el uso de energía, etcétera. Estas ecoetiquetas son de aplicación voluntaria y se pueden considerar tres tipos:

- ecoetiquetas de uso general pero que requieren de una previa validación por terceros —institución acreditada para verificar la validez de la información ambiental que se declara en el producto, actividad o servicio—;
- ecoetiquetas de uso general que no requieren de una previa validación por terceros; y,
- autodeclaraciones—ecoetiquetas individuales de cada empresa—.

Los procedimientos y criterios para otorgar una ecoetiqueta se basan normalmente en procedimientos multicriteriales y en una aproximación del ciclo de vida del producto o servicio en cuestión.

Generalmente los criterios de una ecoetiqueta se fijan de tal manera que refleje las presiones ambientales de un país o región y que solo una pequeña porción —5% a 30%— de los productos pueda cumplir con los actuales requerimientos. De superarse esta proporción, la tendencia es que luego de una revisión y modificación de los criterios, estos sean más exigentes y con ello se aliente nuevamente una mejora en los procesos y los productos. Este sistema permite una mejora continua en los productos y servicios.

Las ecoetiquetas son normalmente otorgadas por períodos de dos a cinco años. El productor cuyo producto ha cumplido con los requerimientos de una ecoetiqueta, debe pagar una tarifa fija inicial y eventualmente pagará cuotas anuales dependiendo de las ganancias de la empresa. El sistema de aseguramiento de la validez de la ecoetiqueta requiere de un monitoreo periódico —dos a tres veces al año—, el cual es llevado por un auditor independiente. Otro tipo de control puede ser llevado a cabo por la competencia y asociaciones de consumidores para verificar la validez de las informaciones que la ecoetiqueta está transmitiendo. La popularidad de los productos que voluntariamente tienen una ecoetiqueta depende del contexto en que dichos productos son comercializados.

En los países industrializados, las ecoetiquetas como instrumentos ambientales voluntarios gozan de cierta aceptación, basada principalmente en la existencia de un público ambientalmente sensible. Estos consumidores están dispuestos a pagar precios inclusive ligeramente mayores con el objetivo de contribuir a minimizar los impactos ambientales negativos que tradicionalmente se originan con la producción y el consumo de productos similares tradicionales. Esta acción permite la internalización de costos ambientales —antes ignorados— en la economía de los productos y servicios. Por ejemplo, en EE.UU. y en Europa se estima que los consumidores están dispuestos a pagar entre 5% y 15% más por madera tropical producida de manera sostenible. La situación en países en desarrollo es diferente, dado que no existe una masa mínima

de consumidores sensibilizados con capacidad económica suficiente de asumir los sobrecostos que actualmente implica una ecoetiqueta, ni con el conocimiento e información suficientes. Con esto se desalienta la comercialización de productos menos contaminantes y se crea una barrera no arancelaria a la exportación de productos que no cuenten con dicha certificación —ecoetiqueta—. En este contexto, el ecoetiquetado es un tema de actual controversia en las discusiones de la Organización Mundial de Comercio (World Trade Organization - WTO). En 1978 Alemania introdujo el primer ecoetiquetado —el ángel azul— y actualmente este programa cubre sistemas de ecoetiquetado de más de 3.600 productos para 64 categorías de productos. Canadá y Japón iniciaron luego, en 1988, sus respectivos programas. Actualmente en la mayoría de países europeos existen sistemas de reconocimientos de productos ecoetiquetados para sus mercados.

Ecoetiquetas de mayor aplicación (OECD 1991)

El ángel azul en Alemania, la opción ambiental —Environmental Choice— en Canadá, la ecomarca japonesa —Japanese Ecomark—, el cisne nórdico —Nordic Swan en los países nórdicos—, certificación ISO 14000, etcétera.



En el sector de la construcción

Para el sector de la construcción ya existen ecoetiquetas específicas. De esta manera, en Alemania se conocen tres tipos:

- el ángel azul que se aplica a materiales de construcción que emplean productos reciclados como vidrio, papel y yeso químico (UBA 2000).

- la recomendación del Instituto de Biología en la Construcción Rosenheim GmbH (IBR) (IBR 2000).
- la certificación otorgada por la Asociación de Trabajadores de Productos Compatibles con el Ambiente e.V. (AUB 2000).

Esta última certificación es la más difundida en Alemania, que para setiembre de 1999 ya había certificado por lo menos cuarenta productos para el sector de la construcción como morteros, planchas para techos a partir de cemento, ladrillos, planchas de madera, aditivos para el concreto, materiales aisladores, concreto, aglomerantes del cemento, etcétera. Para calificar a los materiales de construcción o los procesos constructivos como ambientalmente compatibles se emplean los siguientes criterios:

- consideraciones de impacto ambiental durante las fases de obtención de los recursos naturales: materias primas, producción, de uso de los materiales o productos, de su reincorporación en el ciclo productivo a través de un reciclaje o reutilización y de la disposición final de los residuos;
- cumplimiento de la legislación ambiental local y nacional, así como de las normas técnicas existentes durante su producción;
- cumplimiento de las especificaciones técnicas relacionadas al producto en sí;
- cumplimiento de los límites máximos permisibles de contaminantes en los productos como: formaldehidos, biocidas, metales pesados, elementos radioactivos, etcétera.

Un producto que tiene esta ecoetiqueta debe garantizar al consumidor riesgos mínimos a la salud. Un ejemplo de un producto que ha obtenido este tipo de certificación es el caso de las planchas de madera y cemento de la empresa Eternit Aktiengesellschaft - Berlín. Los datos técnicos y ambientales de este producto son los siguientes (AUB 2000):

Nombre comercial	Duripanel (planchas de madera y cemento)
Usos	En paredes, pisos.
Medidas	2,600 x 1,250 mm o 3,100 x 1,250 mm con espesores entre 8 mm y 40 mm
Empaques	Se empaican en folios de PE los cuales pueden devolverse a la empresa Eternit sin costo alguno para su reciclaje o disposición final.
Composición	Cemento portland: 42 - 45 % Madera: no importada y proveniente de la región en un radio de 150 km: 13 - 20% Residuos: virutas y restos de madera generados durante la producción son reciclados y empleados como parte del producto final: 7 % Agua (25 %), granulados (0 - 7 %), otros (2 - 6 %).
Distancias de transporte	Distancia promedio de transporte de las materias primas principales: 150 Km.
Disponibilidad de los recursos naturales escasos	La madera, el cemento y los aglomerantes provienen de recursos naturales para los que no existen en el corto y mediano plazo problemas de escasez.
Aspectos ambientales en la producción	No se genera polvo en las áreas de trabajo, pues, estos son controlados por filtros. Existe un tratamiento mecánico de las aguas residuales, las que luego son recicladas al proceso de producción. Los niveles de ruido están por debajo de los límites permitidos.
Aspectos ambientales en el uso de las planchas	No se han registrado emisiones de polvos a partir de las planchas ni problemas a partir del contacto de la piel con ellas.
Gestión de residuos	Fase de demolición: las planchas son de fácil desmontaje y reutilización. Durante el desmontaje se generan mínimas cantidades de polvo. Fase de reciclaje: hay tres opciones 1. Las planchas son reutilizables como tales. 2. Luego de un proceso de triturado de las planchas, estas pueden reingresar al proceso productivo del producto original. 3. Las planchas también pueden ser empleadas como materiales de relleno en la construcción de carreteras o de rellenos sanitarios. Fase de disposición final: se recomienda la incineración de los residuos de las planchas que no sean recicladas o su disposición controlada en rellenos sanitarios.

2.3.5 Evaluación de desempeño ambiental: indicador IMPS

Hasta el día de hoy no se ha llegado a un consenso de metodología para la cuantificación de la intensidad de impactos ambiental de productos o actividades, y de hecho es casi imposible estimarlos si tomamos en cuenta que muchos impactos son de alcances indirectos. En el análisis de los métodos actualmente existentes se considera interesante la metodología denominada IMPS (*Input* de materiales por unidad de servicio), desarrollada por el Instituto de Wuppertal (Schmidt-Bleek 1994), la cual se presenta en detalle en el subcapítulo 2.3.5.1, complementada con un ejemplo de evaluación de materiales de la construcción como el cemento y agregados del concreto (subcapítulo 2.3.5.2).

Sobre la premisa de la existencia de una relación directa entre el consumo de materiales y los impactos ambientales, el indicador IMPS puede reflejar con bastante certidumbre la magnitud de impactos ambientales y con ello facilitar la comparación de productos o bienes en cuanto a su desempeño ambiental. Este indicador está siendo empleado actualmente en algunas regiones y países —Japón, Austria— como instrumento de gestión ambiental por ser comprensible, de relativa y fácil aplicación, tanto para la industria como para los decisores políticos ambientales y la sociedad en general.

Metodología (Schmidt-Bleek 1994)

El indicador IMPS refleja la intensidad de consumo de materiales y consumo de área por unidad de producto, bien o servicio. El cálculo de la intensidad del consumo de materiales abarca las fases de la explotación de los recursos naturales, la producción, el consumo, el reciclaje de los subproductos, residuos y productos finales, así como la disposición final. La metodología fue desarrollada por Schmidt-Bleek en el Instituto de Wuppertal.

Los *inputs* de masa y energía por unidad de producto, bien o servicio, se calcula en kilogramos, aunque en el caso del empleo de energía

solar y eléctrica se emplean las unidades de kg/kWh. El valor inverso del IMPS representa la productividad de los recursos por unidad de servicio.

El IMPS puede reducirse, de lograr un menor consumo de materiales y energía como inputs o una reducción del consumo de áreas. A este proceso se le conoce como «desmaterialización». Un ejemplo de desmaterialización es el siguiente:

Según las estadísticas en países europeos, los autos normalmente solo necesitan dos asientos para cubrir las necesidades de los pasajeros y usuarios. Si sobre la base de la argumentación anterior se lograsen los siguientes factores de desmaterialización:

- un factor de 2 a través de la reducción del tamaño de los autos y con ello del consumo de materiales por el lado de las firmas productoras de autos;
- un factor de 3 a través de diseños de autos con mínimos consumos de materiales y energía a futuro;
- un factor de 1,5 a través de la reducción de servicios y materiales de acabados por parte de las firmas proveedoras de estos;
- un factor de 3 si el auto pudiese llegar a durar tres veces más de lo que actualmente dura.

Con esto se tendría un factor total de «desmaterialización» de veintisiete o una reducción del indicador IMPS de 96%. Si además se promueve la práctica de compartir el auto entre dos familias, este indicador de desmaterialización podría llegar a casi cien y, con ello, el uso de un automóvil por kilómetro recorrido podría costar al ambiente solo un 2% de lo que ahora cuesta.

IMPS de cemento y agregados del concreto (WP-27 1995)

El concreto es un conglomerado de granulados minerales inorgánicos unidos por aglomerantes; se usan también agregados especiales para proporcionar características especiales al concreto. Para el siguiente ejemplo se asume al cemento como aglomerante y a las piedras, gravas y arena como granulados. Los agregados especiales no son considerados por las cantidades mínimas en que son empleados.

Para efectos del cálculo del indicador IMPS de la producción de concreto se considera el cemento y los agregados consumidos presentados en los cuadros 10 y 11. Por otro lado, el indicador final IMPS para el concreto se calcula sumado los indicadores respectivos determinados para las diferentes fases del proceso y se presenta por separado para los rubros: materiales, agua, aire y energía. Los valores para los combustibles se calcularon internamente y convirtieron a unidades de masa. En cambio, los valores para el petróleo pesado se convirtieron usando la siguiente relación: 1,4 toneladas de material equivalen a aproximadamente 42 MJ. Los aspectos de consumo de materiales y energía de la actividad del transporte no han sido considerados. Resumiendo los resultados del cuadro 12, se tiene que para producir una tonelada de cemento, se consumieron 10,2 toneladas de recursos.

Cuadro 9
IMPS para la producción de Cemento Portland
(con 96% de Klinker)

Fase de la producción	Inputs de materiales y energía
Explotación de recursos naturales: IMPS por tonelada de caliza	Materiales: 1.330 Kg. Aguas subterráneas: 1.500 Kg. Agua de proceso: No hay datos. Aire de proceso: 21 Kg. Petróleo: 55 MJ. Corriente: 3 Kwh.
Proceso de secado: IMPS por tonelada de producto secado	Materiales: 1.070 Kg. Corriente: 15 Kwh.
Proceso de quemado: IMPS por tonelada de Klinker	Materiales: 1.600 Kg. Aire de proceso: 2.750 Kg. Combustible: 3.250 MJ. Corriente: 25,6 Kwh.
Molienda del cemento: IMPS por tonelada de Klinker	Aire de proceso: 850 Kg. Corriente: 104 Kwh.

Cuadro 10
IMPS de la explotación de gravas, piedra chancada y arena

Tipo de agregado	Inputs de materiales y energía
Arena y grava: IMPS por tonelada de agregado	Materiales: 1.100 Kg. Aguas subterráneas y de proceso: 1.250 Kg. Aire de proceso: 2 Kg. Petróleo: 6 MJ. Corriente: 1,9 Kwh.
Piedras chancadas: IMPS por tonelada de agregado	Materiales: 1.330 Kg. Aguas subterráneas y de proceso: 1.500 Kg. Aire de proceso: 22 Kg. Petróleo: 57 MJ Corriente: 3,5 Kwh.

Cuadro 11
IMPS de cemento, piedras y arena

	Materiales	Agua	Aire	Energía a partir combustibles	Total
	[t/t]	[t/t]	[t/t]	[t/t]	[t/t]
Cemento Portland Klinker	2,48	2,82	4,34	0,569	10,209
Gravas y arena	1,1	1,25	0,002	0,006	2,36
Piedra chancada	1,33	1,5	0,022	0,012	2,864

2.4 MARCO NORMATIVO DE GESTIÓN AMBIENTAL EN LA CONSTRUCCIÓN EN UN PAÍS EUROPEO. ESTUDIO DE CASO: ALEMANIA

En las siguientes líneas se describen las políticas de gestión ambiental en un escenario de país industrializado con una alta sensibilización ambiental de la sociedad como es Alemania.

2.4.1 Instrumentos de política ambiental

Una clasificación práctica de los instrumentos es la agrupación entre instrumentos administrativos, político financieros y de fortalecimiento de la sociedad.

Instrumentos administrativos

Estos se refieren a medidas estatales de influencia directa como las leyes, decretos, regulaciones, normas técnicas, ordenanzas, etcétera. El radio de impacto de estos instrumentos se concentra principalmente en las decisiones empresariales acerca de la ubicación de la actividad económica, procesos de producción, elección de insumos y características de productos.

Instrumentos políticos-financieros

Este tipo de instrumentos se refiere principalmente a impuestos, multas, cargos, contribuciones, compensaciones o subvenciones. Los impuestos son considerados como un instrumento clásico para la reducción de impactos ambientales en la medida que el responsable de los daños ambientales asume directamente los costos externos o externalidades. Una desventaja de este tipo de mecanismo es que, en principio, se valora los daños ambientales una vez generados y no se promueve la minimización o la prevención total de ellos.

Fortalecimiento de la conciencia ambiental

Este instrumento es de corte muy subjetivo. A través de él se trata de promover el desarrollo de una conciencia ambiental de la sociedad. Esto puede se lograr a través de programas continuos de educación, capacitación e información en temas de gestión ambiental.

2.4.2 Marco legal y normas relevantes en Alemania

El marco legal ambiental en Alemania se regula en el artículo 70 de su Constitución y diferencia entre la regulación ambiental nacional y la

de estados; esto se debe al tipo de gobierno de dicho país: el sistema federal. Además, al pertenecer a la Unión Europea, debe respetar la legislación ambiental de esta última por ser de mayor jerarquía.

Legislación europea

La legislación ambiental europea relevante se basa principalmente en el Sistema de Gestión Ambiental y de Auditorías EMAS (*Eco-management-audit-scheme*). Los EMAS se reglamentan para todos los países miembros de la Unión Europea a través de la regulación (EWG Nr. 1836/93 1993).

Esta ordenanza hace énfasis en el rol y la responsabilidad de la empresa, tanto para el fortalecimiento de la economía, como para la protección del ambiente. De esta manera, las empresas que implementen un EMA deben fijar una política ambiental donde se declare el cumplimiento de la legislación ambiental y un compromiso de mejora continua de la protección del ambiente. La transparencia y credibilidad de dicho sistema se fortalece por medio de la verificación a través de terceros, como por ejemplo, de inspectores ambientales acreditados, de la validez de la política y la declaración ambiental para ser puestos a disposición pública.

Los EMAS se aplican hasta ahora solo a actividades productivas, excluyendo de manera explícita al sector de la construcción. Esto no quiere decir que de manera voluntaria sea posible la aplicación de este SGA en empresas de dicho sector. Otras normas ambientales europeas relevantes son las listadas en el cuadro 13.

Legislación alemana

La legislación ambiental alemana diferencia el Derecho Administrativo del Derecho Penal. La estructura institucional de ambos grupos, con sus diferentes características y formas de ejercicio, se presentan en el cuadro 14.

Cuadro 12
Relación de normas ambientales europeas y alemanas

Legislación europea	Legislación alemana
80/779/EWG: límites máximos permisibles y estándares de calidad del aire para SO ₂ y partículas.	Ley de protección de contaminación a la atmósfera.
84/360/EWG: tratamientos de emisiones industriales a la atmósfera.	
87/217/EWG: reducción y protección de la contaminación de asbesto.	
Diversas regulaciones para la estimación de límites de niveles de ruido de equipos.	
259/93/EWG: reglamentación para la supervisión y el control del almacenamiento de residuos.	Ley del ciclo económico y de los residuos.
75/442/EWG: reglamentación para residuos.	
75/439/EWG: reglamentación para la disposición final de aceites.	
91/689/EWG: reglamentación para residuos peligrosos.	
91/157/EWG: reglamentación para sustancias peligrosas en baterías y acumuladores.	
76/464/EWG: reglamentación sobre la contaminación por sustancias peligrosas en las aguas.	
80/68/EWG: reglamentación sobre la protección de la contaminación de aguas subterráneas por sustancias peligrosas.	
85/337/EWG: reglamentación sobre estudios de impacto ambiental para determinados proyectos públicos y privados.	Ley de estudios de impacto ambiental.
Pronunciamiento de la comisión europea acerca del desarrollo de una reglamentación de penalidades ambientales.	Ley de penalidades ambientales.

Cuadro 13
Estructura institucional del derecho alemán

	Derecho administrativo	Derecho penal
Nivel de conflicto	Ciudadano - Estado	Ciudadano - ciudadano
Objeto del conflicto	Intromisión en los derechos de los ciudadanos.	Contratos, daños.
Tipo de Derecho Ambiental	Derecho administrativo ambiental.	Derecho penal ambiental.
Leyes aplicables	(BImSchG 1974), (WHG 1996), (ChemG, 1994), (KrW-/AbfG 1994), (BNatG 1987), (UVPG, 1990)	(UmwelthaftG 1991)
Tipo de juzgado	Juzgado administrativo	Juzgado civil

2.4.3 Ley de inmisiones (BImSchG 1974)

Esta ley entró en vigor en 1974 y es válida para la construcción, instalación, puesta en marcha y operación de equipos y plantas, la producción y transporte de combustibles y la operación e inspección de vehículos. La ley diferencia entre equipos que requieren una licencia de operación y los que no lo requieren. Esta ley regula las emisiones a la atmósfera, la liberación de calor, ruido, olores, partículas, vibraciones y otros impactos visuales.

Las empresas del sector de la construcción, como todas las demás, están obligadas a introducir medidas y tecnologías, según el «estado de la técnica», para prevenir, reducir y controlar la contaminación hasta llegar a los niveles tolerables establecidos por la legislación.

En el párrafo 3, capítulo 6 de la Ley de Inmisiones (BImSchG 1974), se establece que el «estado de la técnica» es el «estado del desarrollo de las tecnologías, instalaciones o procedimientos avanzados, que asegura un límite de concentraciones de emisiones». En este contexto resultan recomendaciones de tecnologías, instalaciones o procedimientos que han sido probados con éxito.

Los operadores de equipos, a partir de determinados tamaño y con ciertas características, requieren de una licencia de operación. Estos operadores están obligados a informar a las autoridades acerca de las medidas de protección ambiental que ellos aplican en cumplimiento de la legislación ambiental. Respecto al sector de la construcción, se debe mencionar que las firmas pequeñas y medianas raramente manejan equipos que requieran licencia de operación.

2.4.4 Ley de residuos (KrW-/AbfG 1994)

Las condiciones del marco legal para el manejo de residuos están contenidas en la Ley de Residuos y detalladas en el ámbito del Estado en las ordenanzas y normas administrativas.

El 7 de octubre de 1996 entra en vigencia la Ley del Ciclo Económico y de Residuos (KrW-/AbfG 1994). Esta Ley establece el objetivo central de responsabilidad privada en el manejo de los residuos. Las partes centrales de esta ley son las siguientes:

- Obligaciones en el ciclo económico: el generador y el dueño de los residuos están obligados, en principio, a prevenir la generación de los contaminantes y residuos en cantidades y en niveles de toxicidad y, posteriormente, a reutilizar y reciclar los residuos que no se pudo prevenir sea como material o como energía —es decir, como combustible sustituto—. La prevención de los residuos y contaminantes se debe lograr, en lo posible, en un ciclo cerrado dentro del proceso productivo. El producto final debe, así mismo, generar la mínima cantidad de residuos y contaminantes en su uso, consumo y disposición final.
- Concepto de manejo de residuos: un requerimiento de la autoridad es el desarrollo de un «concepto de manejo de residuos» —que incluye la prevención, reciclaje y disposición final—, lo que permite a las autoridades tener una idea de la situación de los residuos en la empresa. Las empresas obligadas a desarrollar

este «concepto» son las generadoras de residuos especiales en cantidades mayores a dos mil kilogramos o generadoras de residuos en general en cantidades mayores a dos mil toneladas. El «concepto de manejo de residuos» debe contener la siguiente información:

- tipo y cantidad de los residuos
- descripción de las medidas de prevención, reciclaje y disposición final
- justificación de la disposición final de los residuos frente a alternativas de reciclaje
- medidas propuestas para el manejo de residuos en los próximos cinco años

La información contenida en este concepto requerido por la autoridad alimenta el «Balance de Residuos», que es desarrollado anualmente para cada comuna, municipio, ciudad, Estado y, finalmente, para el país.

- Responsabilidad por el producto: esta responsabilidad recae en aquellos que han desarrollado, producido o manejado el producto. Los productos deben ser de tal forma que durante su producción y posterior consumo/uso se minimice la generación de residuos y, de no ser posible la prevención de ellos, se garantice y priorice su reciclaje frente la disposición final. Esta responsabilidad abarca especialmente las fases de desarrollo, producción y puesta en el mercado de productos considerando lo siguiente:
 - posibilidades de reutilización (más de una vez)
 - larga duración
 - aseguramiento de un reciclaje y adecuada disposición final en cumplimiento con la legislación
 - la prioridad del uso de residuos reciclables o materiales secundarios en su producción
 - el etiquetado de productos que contienen sustancias tóxicas o peligrosas

- Inspección: aunque el principio de esta ley se basa en la «auto-gestión», existe el mecanismo de inspección a través de la autoridad del manejo de residuos.
- Designación de un encargado de la gestión de residuos: los operadores de equipos que requieren licencia de operación, que generen residuos de vigilancia especial o que son empleados para el manejo de residuos —plantas separadoras, recicladoras, de tratamiento o de disposición final— deben contar con un encargado de la gestión de residuos, quien además debe estar oficialmente acreditado por las autoridades.

2.4.5 Ley de aguas (WHG 1996)

Esta ley entra en vigencia el 12 de noviembre de 1996 y es aplicable a aguas superficiales y subterráneas. Acorde a esta ley, en el caso de actividades que puedan afectar las aguas superficiales, se está obligado a prevenir cambios y contaminación, en general, de dichos cuerpos de agua, y a minimizar el consumo de este recurso. El consumo de aguas se puede realizar solo previo permiso o autorización. Como usos posibles de las aguas se encuentran:

- consumo y derivación de aguas superficiales
- interrupción o alteración de flujos de las aguas superficiales a fin de construir represas
- extracción de sólidos de las aguas superficiales en la medida que estos impacten en el estado de ellas
- extracción y derivación de aguas subterráneas
- medidas que puedan perturbar las condiciones originales de las aguas en cuestión

La ley regula las condiciones de aprovechamiento, permisos y autorizaciones, así como las obligaciones de los usuarios. Adicionalmente se regula la designación de un «encargado del manejo de aguas» en el caso que la empresa consuma más de 750 m³ de agua por día.

2.4.6 Ley de evaluación de impacto ambiental (UVPG 1990)

El 12 de febrero de 1990 se publica la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental, con el objetivo de identificar temprana y exhaustivamente los impactos ambientales negativos para el ambiente, describir y evaluar dichos impactos, y, finalmente, para que las autoridades los tomen en cuenta en las decisiones de autorización de la actividad generadora de dichos impactos.

2.4.7 Ley de auditoría ambiental (EWG Nr. 1836/93 1993)

En Alemania, durante el proceso de implementación de la reglamentación acerca de Sistemas de Gestión Ambiental EMAS (EWG Nr. 1836/93 1993), aplicable a la Unión Europea, se publicó la Ley de Gestión Ambiental y de Auditoría Ambiental de empresas productivas. Dicha ley, de aplicación voluntaria, tiene como objetivo el de asegurar una efectiva implementación de un Sistema de Gestión Ambiental EMAS, en la medida en que este sistema sea auditado por peritos ambientales independientes, confiables, autorizados y especializados. Los peritos ambientales son autorizados y registrados por una organización ambiental acreditada para ello, según lo establece la ley.

Los tipos de empresas y actividades que pueden implementar un Sistema de Gestión Ambiental EMAS están listados en el anexo I parte «c». A esta lista se ha añadido, a partir de una resolución del 3 de febrero de 1998, otro grupo de actividades económicas como las pequeñas y grandes comercializadoras, las instituciones crediticias, las entidades hoteleras y similares, la administración pública, entidades educativas, hospitales, lavanderías, empresas de abastecimiento de servicios públicos, etcétera.

2.4.8 Ley de penalidades ambientales (UmwelthaftG 1991)

Esta ley se publicó el 1 de enero de 1991 y, de este manera, introdujo en el sistema jurídico la penalidad para daños individuales. Hasta entonces el sistema jurídico ambiental solo consideraba el principio

de «culpa», con lo cual se otorgaba a los damnificados el derecho a reclamar compensaciones. Todo el proceso de demanda lo asumía el damnificado. En el caso de instalaciones, se considera responsables de los daños causados por los contaminantes generados a los dueños de las fuentes contaminadoras.

Con la Ley de penalidades ambientales (UmwelthaftG 1991) se facilita el proceso de demanda en el caso de fuentes contaminadoras, dado que se establece criterios más claros y duros en cuanto a la adjudicación de responsabilidades ambientales y se introduce incentivos para reducir la contaminación —por ejemplo, promoviendo el empleo de tecnologías que corresponden al «estado de la técnica»—. Esta ley es considerada como una de las más avanzadas dentro de la Unión Europea, aunque aún tiene algunos vacíos por llenar. Así, por ejemplo, la responsabilidad ambiental no se aplica a todas las actividades aparentemente riesgosas, como actividades de transporte y almacenamiento de sustancias peligrosas, o las estaciones de transferencia de residuos. Esta ley aún no contempla los daños a los seres vivos no humanos, como plantas y animales.

Dada la limitada aplicación de la ley a cierto tipo de instalaciones, muchas empresas del sector de la construcción por su tamaño —pequeño y mediano— no estarían contenidas en el ámbito de su aplicación. Solo estarían sujetas a control las plantas de destilación, de tratamiento de productos que contengan brea o alquitrán, asbestos y otras plantas indicadas en el anexo I de esta ley.

2.4.9 Regulaciones técnicas

La legislación ambiental descrita en los capítulos anteriores, aplicable tanto en la Unión Europea como en toda en Alemania, no contiene detalles o recomendaciones acerca de los modos de protección de la salud y de los ecosistemas. La legislación ambiental anteriormente presentada se centra más bien en describir conceptual e institucionalmente

la aplicación de la ley. Se requieren, sin embargo, recomendaciones de procedimiento acerca de su implementación. Esta necesidad se ve cubierta en gran parte por una serie de estándares y normas denominadas «regulaciones técnicas», las cuales han sido desarrolladas y publicadas por instituciones o gremios autorizados. Estas regulaciones son consideradas como recomendaciones que promueven una comparabilidad y homogeneización en el área técnica, aunque su obligatoriedad está aún limitada. Sistemáticamente se está promoviendo e introduciendo la obligatoriedad de estas regulaciones dada su importancia y utilidad.

En este sentido son importantes las normas desarrolladas por las instituciones alemanas como el Instituto Alemán de Normalización (DIN) y la Asociación de Ingenieros Alemanes (VDI), así como por instituciones internacionales como la Organización Internacional para la Normalización (ISO) y el Comité Europeo para la Normalización (CEN).

2.4.10 Certificación *Security Certification Contract* (SCC)

La certificación SCC tiene su origen en Holanda —donde tiene el nombre de *Veiligheids Certifikatie Aannemers* (VCA)— y se aplica a empresas de la industria del petróleo (y afines) que cuentan con el respectivo Sistema de Gestión de Seguridad, de Salud y Ambiental (Follmann 1998). Las empresas que están implementando este sistema están a su vez exigiendo a sus proveedores —entre ellos constructoras como proveedoras de infraestructura de las empresas de petróleo durante sus operaciones— la implementación de estos SGA a fin de minimizar los riesgos en aspectos de seguridad. La certificación SCC contempla ciertos aspectos ambientales en el proceso de implementación, pero está ciertamente más orientada al ámbito de seguridad en el trabajo. El objetivo de este estándar es el de proveer de normas uniformes tanto a los empleadores como a los empleados y con ello minimizar los casos de accidentes y de riesgos ambientales. La certificación se obtiene

a través de instituciones acreditadas para ello y es de reciente aplicación en Europa. La primera certificación se dio en Alemania en 1996. Según los resultados de una encuesta en empresas alemanas acerca de dicho sistema, estas reconocieron que, aunque se presentó una mayor carga de trabajo especialmente ocasionada por la documentación requerida, las ventajas fueron las siguientes:

- prácticas más seguras y mejor comprendidas por los empleados;
- procesos sistemáticos en la protección en el trabajo; y,
- una sensación de mayor seguridad por parte de los trabajadores.

La estructura y procedimiento de un Sistema Integrado de Gestión de Seguridad, Salud y Ambiental es, en muchos puntos, similar a los elementos de los sistemas de gestión de la calidad y ambiental según ISO 9001 y 14001, respectivamente. De contar con la existencia de cualquiera de estos sistemas, y aprovechando los efectos de sinergia, se facilita el desarrollo de otro sistema de gestión.

CAPÍTULO 3

Materiales en el sector de la construcción

La tendencia actual en las edificaciones modernas urbanas refleja un uso extendido de productos manufacturados, muchos de ellos provenientes de procesos petroquímicos, y en menor proporción de productos de origen natural. Así, por ejemplo, la madera es reemplazada por plástico PVC para ventanas; las alfombras sintéticas, a las de lana o de fibras naturales; las pinturas de paredes, a los empapelados de papel, etcétera.

Otras tendencias son, por ejemplo, las referidas a los sistemas de calefacción más eficientes, los que, combinados a un uso mayor de materiales sintéticos, generan gases de compuestos orgánicos volátiles (COV) en los interiores de las edificaciones.

Investigaciones de la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los EE.UU. determinaron la existencia en el aire interior de una habitación de casi trescientos tipos de COV (Tucker *et al.* 1989). Los COV más comúnmente registrados en aires interiores son el formaldehído, los cloruros orgánicos y los fenoles cuyos efectos se resumen en el cuadro 14.

Otros tipos de emisiones en interiores son las de radón —o radioactividad— que pueden provenir de materiales como el granito, el concreto y de otras piedras naturales empleadas en la construcción.

Estos impactos ambientales en interiores llevan a reflexionar acerca de la selección adecuada de materiales, la cual debe obedecer ciertos criterios (véase subcapítulo 3.1), así como un adecuado manejo de aquellos materiales especialmente tóxicos o peligrosos. Este tema se ejemplariza a través de un caso concreto, el asbesto, en el subcapítulo 3.2.

Cuadro 14
Compuestos orgánicos volátiles encontrados en edificaciones

COV	Impacto en la salud	Producto que lo contiene o genera
Formaldehido	Irritaciones en los ojos, dolores de cabeza, dificultades en la respiración. Posible carcinogénico	Planchas de madera, pegamentos, espumas aislantes de formaldehido.
Cloruros orgánicos	Irritaciones en los ojos, piel y pulmón, dolores de cabeza, náuseas, daño al sistema nervioso y depresión. Carcinogénico. Puede dañar los riñones y el hígado.	Refrescadores de aire, pulidores, plásticos.
Fenoles	Corrosivo para la piel, daño al sistema respiratorio.	Desinfectantes, resinas, plásticos, pinturas, barnices, preservantes.

(Pearson 1989)

3.1 CRITERIOS DE SELECCIÓN DE MATERIALES

Los criterios tradicionales de costos mínimos y de calidad de los productos son los que predominan en la selección de materiales. El objetivo de este capítulo es el de discutir la necesidad y la aplicabilidad de otros criterios en este proceso. A lo largo de este trabajo se han presentado diversos argumentos y herramientas en favor de la protección del ambiente durante la ejecución de actividades del sector de la construcción; y en este contexto, se presentan los criterios adicionales para seleccionar materiales de construcción:

- uso racional de la energía y minimización de sustancias tóxicas en la producción de materiales;
- renovabilidad —se refiere a si los recursos empleados son renovables o no— y reciclabilidad de los materiales;
- producción descentralizada de los materiales, así como el aprovechamiento de los recursos locales en la construcción —a fin de minimizar las distancias de transporte—; y,
- contribución positiva al bienestar y a la salud.

Son necesarios el interés, el conocimiento, el entendimiento de la problemática, creatividad y capacidad de convencimiento de los arquitectos e ingenieros responsables del diseño de una obra, para la implementación de criterios de selección de materiales que otorguen ventajas a los clientes, usuarios de las obras y al ambiente en general.

Los especialistas Krushe, Althau y Gabriel (Krusche *et al.* 1982) trabajaron en la comparación de los materiales de construcción más usados, empleando los criterios anteriormente mencionados. Los resultados de la comparación se presentan en los cuadros 15 y 16.

En los cuadros 15 y 16 se puede apreciar resultados interesantes respecto a la valoración de los materiales según aspectos ambientales.

Los materiales que menos impactan al ambiente son los de origen natural, puntualmente, aquellos que han sufrido un mínimo tratamiento como la madera, paja, virutas, tierras y piedras y arena de construcción. Para la evaluación se asume que estos recursos naturales han sido manejados desde su explotación hasta su acabado como material de construcción, de manera racional, sin depredar ni extinguir recursos naturales en peligro, de áreas frágiles, reservadas. De esta manera, se parte del supuesto que, por ejemplo, un material como la madera procede de una industria formal de forestería y los árboles son extraídos de bosques no vírgenes manejados adecuadamente según criterios de conservación de los recursos.

Cuadro 15

Comparación de materiales de construcción bajo criterios ambientales en los exteriores de una edificación

Material de construcción	CRITERIOS						
	1	2	3	4	5	6	7
Materiales de base para las paredes							
Madera	50	+	+	+	+	+	+
Ladrillo	130 - 150	o	-	o	+	+	+
Concreto no armado	45	o	-	o	+	o	o
Concreto armado	105	-	-	o	-	-	-
Granito	10	o	-	+	o	+	-
Adobe	30	+	-	+	+	+	+
Materiales de aislamiento en las paredes (a) y protección ante el clima en paredes exteriores (b)							
(a) Paja	50	+	+	+	+	+	+
(a) Virutas	13	+	+	+	+	+	+
(a) Espuma de poliestirol	65	-	-	o	-	-	-
(a) Corcho	18	+	+	+	-	-	+
(b) Madera	5	+	+	+	+	+	n.r.
(b) Vidrio	60	-	-	o	o	o	n.r.
(b) Plásticos	120 - 150	-	-	o	-	-	n.r.
(b) Aluminio	350	-	-	o	-	-	n.r.
Materiales para techos							
Paja	2 - 4	+	+	+	+	+	+
Tejas/planchas de concreto	25	o	-	o	+	o	o
Cemento con asbesto	15	-	-	o	-	-	-
Tejas de arcilla	30	o	-	o	+	+	+
Madera	5	+	+	+	+	+	+
Plomo	250	-	-	o	-	-	-
Aluminio	350	-	-	o	-	-	o
Cobre	100	-	-	o	-	-	o
Planchas de acero bañados en zinc	70	-	-	o	-	-	o
Marcos de ventanas							
Madera	8	+	+	+	+	+	n.r.
Plástico	250	-	-	+	-	-	n.r.
Aluminio	800	-	-	+	-	-	n.r.

Cuadro 16

Comparación de materiales de construcción bajo criterios ambientales en los interiores de una edificación

Material de construcción	CRITERIOS						
	1	2	3	4	5	6	7
Materiales de acabado/revestimiento de las paredes							
Yeso (20 mm)	5	o	-	-	+	o	+
Cal (20 mm)	5	o	-	-	+	o	+
Cemento (20 mm)	8 - 16	o	-	o	+	+	o
Losetas	8	o	-	-	+	o	-
Planchas de yeso	12	o	-	-	+	o	-
Planchas de plásticos	25	-	-	-	-	-	-
Fundamentos y soportes de techos							
Madera	20 - 30	+	+	+	+	+	+
Concreto armado	150 - 200	-	-	o	-	-	o
Acero	550	-	-	o	-	-	o
Materiales para pisos							
Tierra	0 - 50	+	-	+	+	+	o
Madera	3 - 10	+	+	+	+	+	+
Piedra	5 - 10	+	-	+	+	+	o
Plásticos	20 - 40	-	-	o	-	-	-
Alfombras							
De lana de algodón	2 - 4	+	+	+	+	+	+
De lana animal	4 - 6	+	+	+	-	-	+
Sintéticos	20 - 35	-	-	o	-	-	-
Pinturas para paredes							
Con bases biológicas y/o naturales	0,5 - 2	+	o	+	+	+	+
Con base en sustancias químicas tóxicas	20	-	-	-	-	-	-
Tuberías para aguas y efluentes							
De acero bañado en zinc	5	-	-	o	-	-	o
Cobre	8	-	-	o	-	-	o
PVC u otros plásticos	2	-	-	o	-	-	o
Hierro fundido	55	-	-	o	-	-	o

Leyenda:1: Consumo de energía kWh/m³

2: Sustancias tóxicas empleadas

3: Recursos renovables

4: Reciclabilidad

5: Disponibilidad local de recursos

6: Descentralización en la producción y el uso

7: Impacto en la salud y el bienestar

+: impacto positivo

o: impacto neutral

-: impacto negativo

n.r.: criterio no relevante para este caso

Otros productos de origen natural con bajos impactos ambientales, especialmente empleados en el acabado de las edificaciones, son los tapetes o alfombras a partir de lana de algodón y las pinturas compuestas con sustancias naturales.

Otro grupo de productos con impactos ambientales bastante bajos son los adobes, ladrillos y materiales a partir de arcilla, los cuales, sin embargo, tienen básicamente el inconveniente de un bajo potencial de reciclabilidad, sean por razones técnicas, económicas o de falta de mercado.

Productos con impactos ambientales severos al ambiente durante su ciclo de vida son el concreto armado, los PVC y plásticos en general —dada su baja reciclabilidad y altos consumos de energía—. El aluminio, aunque es reciclable, se considera altamente perjudicial al ambiente debido a los altos consumos de energía.

Los más dañinos, especialmente para la salud humana, son los productos a partir del plomo y de asbesto-cemento. Su manejo es bastante delicado y en muchos países su uso y producción están estrictamente controlados y, en el caso del asbesto, prohibidos.

En este contexto y de manera ilustrativa se detalla en el siguiente capítulo el manejo del asbesto según las regulaciones de un país con una legislación ambiental avanzada como Alemania.

3.2 MANEJO DEL ASBESTO COMO MATERIAL TÓXICO (RÜHL *et al.* 1999)

La gran versatilidad y las excelentes propiedades técnicas de este material —fibra mineral natural— han sido reconocidas y aprovechadas por diversos sectores productivos, en especial el sector de la construcción. Se estima la existencia de más de cuatro mil productos conteniendo fibras de asbesto. Este material se caracteriza por su estructura fibrosa, su baja densidad, el elevado módulo de elasticidad, la baja conductividad

eléctrica y térmica, su alta resistencia a elevadas temperaturas, su buena resistencia frente a sustancias ácidas y alcalinas y una buena resistencia al envejecimiento.

Los principales grupos de productos que contienen asbesto en el sector de la construcción son el asbesto-cemento conteniendo 15% de asbesto —con una densidad de $1,4 \text{ gr/cm}^3$ — y en productos de baja densidad conteniendo en promedio 60% de asbesto —con una densidad de $1,0 \text{ gr/cm}^3$ —. Se estima que un 70% de asbesto producido y consumido se emplea para el primer grupo de productos —asbesto-cemento que ha sido usado en revestimientos de techos, paredes, en tuberías, etcétera— y un 15% en el segundo grupo —productos de baja densidad como morteros, planchas de asbesto, espumas, cubiertas de pisos, cubiertas de protección, cubiertas de tuberías, partes de equipos eléctricos, tubos y trajes de protección—.

Las enfermedades reconocidas por efectos de un manejo de asbesto son la asbestosis, el cáncer a la laringe, a la pleura, peritoneo y el pericardio.

En el caso de Alemania, este material se regula por primera vez en el año 1973 a través de la ordenanza (UVV 1973). La prohibición restringida en Alemania, tanto en el uso como en la producción de asbesto, se establece recién en 1979 y en 1993 se extiende la prohibición de su manejo, con muy pocas excepciones (GefStoffV 1993). En Europa se establece una prohibición restringida a partir de 1986.

Según la ordenanza para materiales peligrosos (GefStoffV 1993) y otra ordenanza complementaria de sustancias químicas (ChemVerbotsV 1996), está prohibida en Alemania la circulación de asbesto, de mezclas conteniendo asbesto en un porcentaje mayor a 0,1% y productos asbestosos. Las excepciones incluyen el uso de asbestos en:

- productos conteniendo crisotilo con fines de mantenimiento de equipos e instalaciones siempre y cuando no se encuentren en el mercado productos sustitutos;
- pruebas analíticas:

- investigación:
- trabajos de demolición, saneamiento y mantenimiento de productos conteniendo asbesto; y
- explotación, tratamiento y producción de productos que no contengan más de 0,1% de asbesto en su masa total.

La emisiones de asbesto se miden sobre la base del número promedio de fibras de asbesto por metro cúbico (F/m^3) y según una norma técnica (ChemVerbotsV 1996) se establece el límite de $15.000 F/m^3$.

Medidas de reconocimiento de productos libres de asbesto
(TRGS 519 1995)

No es fácil el reconocimiento de la existencia o no existencia de asbesto en los productos por medio de pruebas organolépticas. Actualmente se emplean símbolos o abreviaturas como NT —nueva tecnología— o AF —libre de asbesto— para diferenciar los productos.

Se recomienda solicitar la información por parte del proveedor y, tanto mejor, realizar una prueba en laboratorio del producto.

Medidas de información al personal (GefStoffV 1993)

El empleador está en la obligación de informar al personal acerca de los peligros de este material y de las medidas requeridas de protección. Se debe documentar por escrito este tipo de comunicado al personal y mantener este documento por lo menos dos años.

Análisis médicos preventivos (TRGS 519 1995)

En el caso de trabajos donde se genere emisiones de asbesto mayores a $15.000 F/m^3$, los empleadores solo pueden contratar personal luego que este haya pasado por análisis médicos preventivos de rigor.

Medidas de protección personal durante los trabajos (TRGS 519 1995)

Mientras no se demuestre que las emisiones de asbesto no superan el límite establecido por las autoridades ($15.000 F/m^3$), los trabajadores

deben emplear trajes protectores y protectores del sistema respiratorio. Dependiendo del nivel de las concentraciones de asbesto, se puede llegar a imponer el uso de máscaras con filtros de partículas.

Medidas de higiene (TRGS 519 1995)

Se requiere de un almacenamiento por separado de los trajes para trabajos con asbesto, de la existencia de duchas para los trabajadores, y de la limpieza periódica de los trajes usados.

Las mujeres en estado de gestación y en la fase de lactancia de bebés, no pueden estar expuestas a estos materiales. En caso de concentraciones de asbesto mayores a 15.000 F/m^3 , no está permitido trabajar más de ocho horas por día y cuarenta horas por semana.

Manejo de residuos de asbesto (TRGS 519 1995)

En el manejo de residuos de asbesto se diferencia las etapas de:

- colección de los residuos
- transporte
- almacenamiento y disposición final

Los residuos deben almacenarse y transportarse por separado en contenedores, barriles o bolsas de plástico resistente, es decir que se debe asegurar que no haya contacto con otros residuos libres de asbesto. Para reducir los efectos de dispersión, estos residuos deben mantenerse húmedos o se debe aplicar un tratamiento de solidificación usando aglomerantes de polvo. Los polvos recolectados en los filtros y aspiradoras durante las operaciones deben tratarse con dichos aglomerantes de polvo. El proceso de solidificación debe llevarse a cabo en equipos cerrados.

No están permitidos el desmenuzamiento o la trituración de estos materiales a excepción de tuberías, cuando así lo requiera el tratamiento previamente autorizado para estos residuos.

Los productos conteniendo asbesto no pueden ser reciclados o reutilizados. La única excepción es la reutilización en trabajos de mantenimiento para lo cual estas partes deben desmontarse y reubicarse posteriormente (GefStoffV 1993).

La disposición final de estos residuos sólo puede realizarse en los rellenos especialmente autorizados para este fin.

Tratamiento para la destrucción de fibras de asbesto

Usualmente se emplean tratamientos químicos y térmicos para la destrucción de las fibras de asbesto. En el tratamiento químico se usa ácido fluorhídrico, lo que obliga a tomar en cuenta una serie de aspectos técnicos y de cumplimiento de la regulación que puede complicar administrativamente la actividad. En el caso del proceso térmico, se funde el asbesto aplicando temperaturas que varían entre 800° C y 1.400° C —dependiendo del equipo y del tiempo de permanencia—. En el primer caso resulta un granulado libre de asbesto y en el segundo caso otros tipos de minerales como el forsterit y el olivin.

CAPÍTULO 4

Sistemas de gestión ambiental en obras de construcción

Lo expuesto en los capítulos anteriores ofrece una gama de herramientas y ejemplos de soporte de un sistema de gestión ambiental en una obra de construcción, cuyo desarrollo se presenta en el subcapítulo 4.3 sobre la base de una metodología general (subcapítulo 4.2).

4.1 OBJETIVOS

- Identificar los aspectos ambientales de la obra.
- Diseñar un sistema adecuado a la obra para el manejo de residuos de la construcción.
- Implementar el sistema previamente diseñado, enfatizando en las actividades de clasificación, cuantificación, reutilización y reciclaje de los residuos generados en la obra, identificados como aspectos ambientales.
- Identificar las oportunidades en el mercado de productos secundarios.
- Evaluar la viabilidad técnica y el costo-beneficio del sistema.
- Identificar lecciones aprendidas del proceso de implementación de un sistema de gestión ambiental en obras de construcción aplicable a futuras obras de construcción de la misma empresa.

- Fortalecer las capacidades del personal que rotará hacia otras obras.
- Preparar un sistema que puede ser certificable según ISO 14001, con las ventajas comparativas que esto le traería frente a las empresas de la competencia.

4.2 METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN AMBIENTAL EN UNA OBRA DE CONSTRUCCIÓN

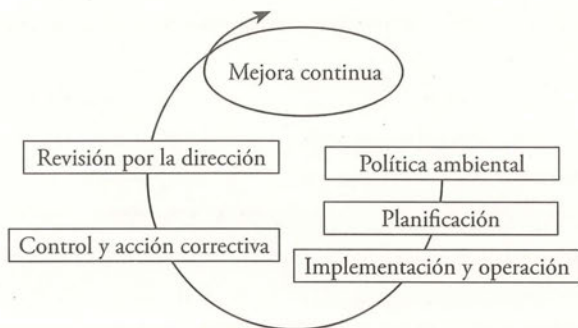
Los requisitos de un sistema de gestión ambiental y de su implementación en empresas se encuentran establecidos en diversas normas y estándares —ISO 14001, EMAS, etcétera—. Dado que los elementos son similares, se puede considerar la siguiente metodología como compatible con los sistemas estándares existentes. Los pasos son los siguientes:

1. Compromiso ambiental de la gerencia
2. Definición de los alcances del sistema
3. Planificación:
 - definición de la política ambiental
 - descripción de la obra
 - identificación de legislación ambiental
 - identificación y evaluación de aspectos ambientales significativos
 - determinación de objetivos y metas
 - programa de acciones para el cumplimiento de objetivos
4. Implementación:
 - asignación de responsabilidades y autoridades
 - capacitación de empleados y obreros
 - diseño e implementación de canales de comunicación interna y externa
 - documentación del sistema de gestión y control
 - organización de un sistema de gestión de residuos y recursos naturales:

- separación, reutilización y reciclaje de los residuos generados en la obra
 - manejo de los recursos naturales considerados como aspectos ambientales
 - implementación de planes de contingencia y capacidad de respuesta ante emergencias
 - control operacional del sistema de gestión
5. Monitoreo del sistema
 6. Acciones correctivas y preventivas
 7. Auditoría del SGA —conformidades y no conformidades—
 8. Revisión por la dirección
 9. Compatibilización de los sistemas de gestión existentes

Una representación estándar que ilustra adecuadamente los elementos de un SGA en un proceso dinámico de implementación, mantenimiento y mejora continua del mismo sistema es el que provee la norma ISO 14001 (ver figura 8). Los alcances, el nivel de detalle, la complejidad, la extensión de la documentación y registros, los recursos invertidos y la velocidad de la mejora continua, son determinados por la misma empresa. Un instrumento imprescindible de control y mejora del sistema es la auditoría que se detalla en la norma ISO 14010.

Figura 8
Sistema de gestión ambiental según ISO 14001



4.3 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN AMBIENTAL

4.3.1 Compromiso ambiental de la gerencia

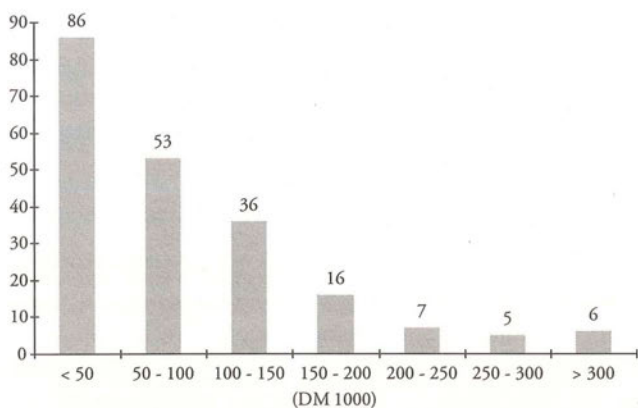
La alta dirección es responsable del sistema de gestión general de la empresa y, con ello, del sistema de gestión ambiental y de la protección ambiental. El compromiso debe resultar de una decisión madura y consciente de los directivos, quienes deben tener muy en claro el significado de un SGA para su organización, así como de las ventajas y desventajas de su implementación. En la práctica, este tipo de compromisos no se adoptan en un día, sino que resultan de un proceso de discusiones, consultas, capacitación y sensibilización ambiental. Un tema muy importante que determinará la decisión de implementación de un SGA será la comparación de las ventajas cualitativas —mejora de imagen ante los *stakeholders*, acceso a más mercados, cumplimiento con la legislación, empleados y obreros mejor calificados y más motivados, mejora de los ambientes de trabajo y del ambiente en la vecindad de la organización, menores impactos ambientales a través del uso o consumo de sus productos, etcétera— y cuantitativas —ahorros en agua y energía, ahorros en recursos naturales, ahorros en multas por un inadecuado manejo de residuos, reducción de gastos por la disposición de residuos y por menores volúmenes de efluentes, polizas menores de seguros por haber menores riesgos ambientales, etcétera— con los gastos de la implementación y el mantenimiento del sistema —costos de capacitación, de horas-hombre extra requeridos, certificación, inversión en equipos de control de la contaminación, así como en la sustitución de equipos inadecuados, sustitución de materiales e insumos tóxicos o prohibidos, inversión en la mejora de infraestructura, etcétera—.

Según una encuesta realizada por la Comisión de Peritos Ambientales (UGA: Umweltgutachterausschuß) entre noviembre de 1996 y abril de 1997, se obtuvieron los siguientes resultados de las 398 empresas que participaron —la muestra original incluía a 465 industrias— (UGA 1997):

Con respecto a las ventajas de haber implementado un SGA:

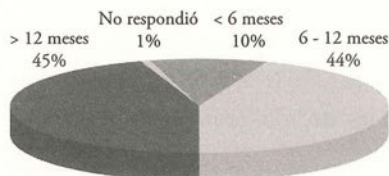
- el 89% manifestó que el desempeño ambiental de su empresa había mejorado;
 - el 58% afirmó que su imagen empresarial había mejorado;
 - el 57% dijo que se sentía más seguro de estar cumpliendo con la legislación en general que regula su actividad;
 - el 46% declaró que habían registrado ahorros en las operaciones;
 - el 27% opinó que habían mejorado las relaciones con las autoridades;
 - el 8% reveló que había obtenido ventajas comparativas frente a la competencia.
-

Con respecto a los costos de implementar un SGA:



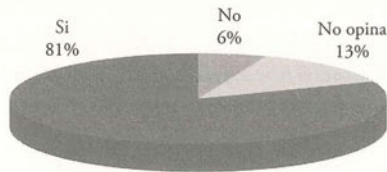
Un 41% de las empresas declaró que los costos de implementación no superaron los DM 50.000 o US\$ 28.570. El tipo de cambio a inicios de 1997 fue de US\$ 1 = DM 1,75.

Con respecto a los tiempos de duración de implementación de un SGA:



El 44% de los encuestados manifestó que la implementación no demoró más de seis meses, y el 45%, más de un año.

Con respecto a si valió la pena la inversión en la implementación de un SGA:



El 81% de los encuestados manifestó que «sí» y un 6% que «no» había valido la pena invertir en la implementación de un SGA.

Con respecto a los costos de validación/certificación del SGA a través de una certificadora:

- El valor medio ascendía a DM 15.675 (US\$ 8.957) con un mínimo de DM 1.500 (US\$ 857) y un máximo de DM 126.000 (US\$ 72.000).

La experiencia en empresas que han implementado un SGA demuestra que, dependiendo del punto de partida, es decir del nivel inicial de desempeño ambiental, los costos se recuperan entre períodos de seis meses a tres años. En el caso de obras de construcción no hay información. En todo caso, el período de recuperación de la inversión deberá basarse en el número de obras luego de la implementación de un SGA la primera vez. Es importante tomar en cuenta que el número de obras obviamente depende de la magnitud, tipo de ellas y de los alcances del sistema. Los puntos más sensibles de mejora son aquellos referidos a manejos de agua, energía y residuos reciclables —papel, metales, etcétera—. Ver en el subcapítulo 4.4. y en el cuadro 22 más detalles acerca de la rentabilidad de un SGA.

El compromiso de la gerencia debe finalmente estar documentado y difundido en el interior de la organización.

4.3.2 Definición de los alcances del sistema

En el caso de una empresa constructora, un sistema de gestión abarca las áreas de la casa central o matriz y las obras en desarrollo. Para efectos de la certificación, si este es el objetivo de la empresa, la auditoría normalmente no abarca todas las obras en desarrollo, sino una muestra representativa de ellas. Las actividades relevantes son:

En áreas administrativas

- Compras - proveedores
- Planificación
- Ofertas de proyectos
- Entrega de obras
- Área de Relaciones Públicas
- Personal y capacitación
- Otras áreas (financieras, etcétera)
- Servicios (comedores, baños, etcétera)

En áreas administrativas y en obras de construcción

Obra de construcción

Áreas colaterales

- almacenes de materiales y equipos
- área de control de ingreso de materiales
- área de control de salida de materiales
- área de colección y separación de residuos
- área de control de salida de residuos
- área de manejo de sustancias peligrosas
- áreas de seguridad

Parque de equipos

- áreas de mantenimiento de equipos y vehículos
- áreas de estacionamiento de equipos y vehículos

- áreas de mantenimiento y estacionamiento de vehículos de transporte de sustancias peligrosas

De las actividades mencionadas resultan impactos tanto directos como indirectos hacia el ambiente.

4.3.3 Planificación

Definición de la política ambiental

Esta debe ser definida por la alta dirección y debe ser apropiada a la naturaleza, magnitud e impactos ambientales de la actividad de la construcción. Para que el sistema sea efectivo y realmente promueva una mejora del desempeño ambiental, debe contener elementos como el «Compromiso de mejora continua», «Prevención de la contaminación», «Cumplimiento de las regulaciones ambientales aplicables a la construcción» y «Disponibilidad al público». Durante el diseño de la política es importante revisar su compatibilidad con la política general de la empresa, así como otras políticas existentes, como por ejemplo, la de gestión de la calidad o de seguridad.

La política ambiental debe estar adecuadamente documentada y actualizada. Además debe ser comunicada a todos los empleados, entendida por ellos y estar disponible para el público en general.

Un ejemplo ilustrativo de política ambiental desarrollada por una empresa líder a nivel internacional en el sector de la construcción es la establecida por la firma sueca SKANSKA (<http://www.skanska.com/environment/index.html>).

Descripción de la obra

El SGA se implementa en las actividades de la organización, que en este caso se refiere a las obras de construcción. No todas las obras son iguales, por ello es pertinente considerar este paso para cada proyecto.

De manera ilustrativa se presenta el caso de un proyecto de planta industrial (Mayurí 1999) que consta de cuatro partes:

- la nave de producción y el montaje de la planta
- las oficinas y servicios del personal
- las áreas de mantenimiento
- obras exteriores

Para este ejemplo se listan las tareas específicas:

A. Obras preliminares	Construcción del patio de salvataje Movilización de equipo Desmovilización de equipo Instalaciones provisionales Trazo y replanteo
B. Movimiento de tierras	Excavación Relleno compactado Eliminación de desmonte
C. Trabajos de concreto simple	Construcción de losas de concreto Construcción de falsas zapatas Construcción de encofrado sobrecimiento Construcción de concreto sobrecimiento
D. Trabajos de concreto armado	Zapatas Vigas de cimentación Pedestal Columnas Muros Vigas Losas
E. Trabajos en estructuras metálicas y cobertura	
F. Trabajos de albañilería	
G. Trabajos de carpintería	Metálica De madera
H. Acabados	
I. Instalaciones eléctricas y sanitarias	
J. Inspecciones y pruebas finales	

Un ejemplo de diagrama de flujo de procesos en una obra es el mostrado en la figura 5.

Skanska's Environmental Policy

(<http://www.skanska.com/environment/index.html>)

To all employees at Skanska,

Our vision is that Skanska shall become the world's leading company in construction-related services and in project and real estate development. This requires, among other things, that all of us take environmental issues seriously.

What we do today affects the environment of both current and future generations. Caring about people and the environment must therefore permeate all of our work. This responsibility rests with all of us. Our environmental awareness will help us prevent and minimize adverse environmental impact and improve our operations, thereby generating new business opportunities. We must be open-minded in our dialogue with others. In order to be successful, we need knowledge and commitment. We shall always follow these principles in our work at Skanska:

- Think ahead about how your work will affect the environment.
- Ask questions and obtain help if you are unsure. Use common sense.
- Be cautious and avoid materials or methods if you cannot properly assess their environmental risks.
- Bear in mind that there are circumstances where, due to environmental risks, we should not participate.
- Choose or propose environmentally better alternatives when this makes sense.
- Conserve natural resources.

Every operative unit must build up an environmental management system and set its own environmental goals in order for our environmental policy to yield results in our daily work. Legislation and the environmental demands of our clients provide a foundation for our environmental ambition. Beyond this, we shall endeavor to make continuous improvements. All operations shall have environmental management systems in place no later than December 31, 1999 and be certified no later than December 31, 2000.

By letting responsibility for the environment and the future permeate our day-to-day work, we will gain the confidence and respect of others.

Danderyd, April 1998

Claes Björk
President and CEO

Identificación de legislación ambiental y de otros requisitos

Este punto es de suma importancia pues, sobre la base de la legislación ambiental pertinente, la empresa debe realizar todos los cambios y esfuerzos posibles para cumplir, por lo menos, con lo requerido por la regulación nacional e internacional y con los requisitos internos voluntariamente establecidos.

La legislación ambiental, así como otros requisitos —compromisos voluntarios como ecoetiquetado, compromisos de la casa matriz, y otros compromisos, a fin de superar los estándares mínimos establecidos— deben estar adecuadamente documentados y deben ser periódicamente actualizados. Además, su cumplimiento debe ser continuamente revisado por los responsables asignados para ello a partir de los involucrados en los procesos relacionados a los aspectos e impactos ambientales —como, el operador de la caldera debe tener conocimiento del manejo de este equipo y de las concentraciones permisibles de las emisiones, a fin de monitorear el cumplimiento— y a otros requisitos —por ejemplo, los responsables de control de calidad monitorearán las características de los productos que deben cumplir con los requisitos establecidos por algún etiquetado deseado por la empresa—.

En la práctica se da normalmente una serie de dificultades en la identificación y mantenimiento de la legislación. A continuación se presenta algunos casos-problema y alternativas de solución:

- Inexistencia de límites máximos permisibles para cuerpos receptores. En este caso se sugiere, por lo menos, planificar el monitoreo de la contaminación de los medios contaminados y, para evaluar los niveles de contaminación, usar como límites máximos referenciales aquellos establecidos en normas internacionales, como EPA, WHO, otros países en condiciones similares.
- Ambigüedad en la regulación. Interpretar la legislación en favor de la protección del ambiente. Tomar en cuenta que los SGA deben ser transparentes y reflejar el deseo de mejora continua

ante los interesados y afectados. Un aspecto ambiental obvio no puede ni debe ser obviado del sistema.

- Inexistencia de regulación acerca de temas concretos. Emplear la constitución nacional del país como base del tema y complementarlo con normas técnicas existentes, y regulaciones reconocidas de otros países o instituciones. En el caso de países en desarrollo, se recomienda hacer referencia a la reglamentación de países en condiciones similares a la del país en la que se encuentra la empresa.

Un ejemplo de lista maestra de normas y leyes que regulan la actividad de una empresa para el medio «aire» puede tener la estructura mostrada en el cuadro 17. Una lista de este tipo se debe complementar con informaciones acerca de los medios agua, suelos, con otros contaminantes —ruido, olores, vibraciones, temperaturas— y con legislación internacional pertinente como el Protocolo de Montreal —que regula las sustancias depletoras de la capa de ozono—, la Convención de Basilea —que regula el transporte de sustancias tóxicas—, tratados para la protección de la flora, fauna, áreas costeras, etcétera.

Cuadro 17
Ejemplo de lista maestra de normas y leyes reguladoras
de los impactos ambientales al aire

Área de regulación	Norma y fecha de publicación	Descripción	Periodicidad de aplicación	Límite máximo permisible	Responsable
	XXX-1990	Autorización de funcionamiento de equipos de combustión	Al inicio de la operación		Jefe de producción
Aire	YYY-1991	Control de gases CO ₂ , NO ₂ , SO ₂ , HC y partículas	Reporte anual	Se establecen límites de concentraciones para cada gas	Jefe de planta
	ZZZ-1980	Métodos de monitoreo de gases de combustión	Monitoreo continuo		Jefe de laboratorio

Identificación y evaluación de aspectos ambientales significativos

La organización debe introducir y mantener procedimientos para identificar continuamente los aspectos e impactos ambientales. La prevención, el control, o por lo menos el monitoreo de los aspectos ambientales deben ser considerados en el sistema. Luego de una evaluación de los aspectos ambientales (véase subcapítulos 2.1.6 y 2.1.7) se identifica los más significativos. Estos deben tomarse en cuenta en el planteamiento de los objetivos y metas.

En la identificación de los aspectos e impactos ambientales deben considerarse las tres situaciones:

- condiciones normales de operación
- condiciones anormales de operación (accidentes, emergencias)
- condiciones eventuales (actividades presentes, pasadas y futuras que se llevan a cabo de manera irregular o periódicamente)

Así, por ejemplo, las actividades requeridas hasta la obtención de una pared de concreto generan diversos contaminantes y consumen una gran cantidad de recursos. Las tareas en las que se identifican los aspectos ambientales —contaminantes generados y recursos consumidos— se muestra en el cuadro 18.

Cuadro 18
Actividades y aspectos ambientales en la obtención
de una pared de concreto

Tareas	Residuos
Movimiento de tierras	Excedentes de remoción
Excavación	Excedentes de remoción
Habilitación de fierros	Restos de fierro de construcción, alambre y alambón
Encofrado	Clavos (poca cantidad)
Preparación del concreto	Bolsas de cemento (gran cantidad)
Vaciado de concreto	Lechada de cemento Concreto excedente de obra
Desencofrado	Clavos (gran cantidad) Restos de madera (gran cantidad)

Aplicando la metodología descrita en el capítulo 2.1.6 se identifica los siguientes aspectos ambientales significativos:

Contaminantes generados

- concreto de demolición y excedentes de obra
- material no clasificado, como por ejemplo los cortes de cerámicos, restos de ladrillos y restos de cemento
- desmontes de remoción, compuestos por material excedente proveniente del corte y relleno de tierras
- restos de fierro de construcción y alambazón, los que se genera principalmente en la actividad de encofrado y habilitación de fierro
- polvo
- ruidos
- bolsas de cemento
- madera

Recursos consumidos

- madera
- agua

Determinación de objetivos y metas

Los «objetivos» —fin ambiental de carácter general que tiene su origen en la política ambiental— y «metas» —requisito detallado del desempeño ambiental, cuantificable en lo posible y que tiene su origen en los objetivos ambientales— deben estar «establecidos» para un período determinado —un año, tres años, etcétera—, documentados y ser periódicamente revisados y actualizados. Para ello deben tenerse presente los requerimientos legales y otro tipo de requerimientos, los aspectos ambientales «significativos», las opciones tecnológicas económicamente viables, los criterios financieros, así como los intereses de «las partes interesadas» como los trabajadores, la comunidad vecina —especialmente en el caso de obras de alto impacto ambiental en la zona—, entre otros.

Los objetivos y metas deben ser consistentes con la política ambiental, incluyendo el compromiso de prevención de la contaminación.

Deben existir procedimientos documentados para cada una de las funciones y niveles relevantes de las actividades requeridas para el cumplimiento de los objetivos y metas.

Es muy común el empleo de indicadores ambientales como metas concretas de desempeño de un SGA. De esta forma se puede tener metas basadas en indicadores absolutos —como los totales de emisiones en toneladas— o en indicadores relativos —por ejemplo, metros cúbicos de efluentes por unidad de producto—. Una sugerencia de indicadores ambientales para el establecimiento de las metas se muestra en el cuadro 19.

Cuadro 19
Indicadores ambientales

Indicador	Unidad para valores absolutos	Unidad para valores relativos (por unidad de producto)
Producción	piezas	-
Consumo de recursos	kg, m ³	kg/producto, m ³ / producto
Consumo de energía	kWh	kWh/ producto
Consumo de agua	m ³	m ³ / producto
Generación de residuos	kg	kg/ producto
Cuota de reciclaje	-	%
Efluentes	m ³	m ³ / producto
Emisiones	kg	kg/producto
Ruido	dB	-

Programa de acciones para el cumplimiento de objetivos

En una obra se debe establecer y mantener programas que permitan alcanzar los objetivos y metas previamente definidos. En dicho programa se debe incluir la asignación de responsabilidades en cada función y el nivel relevante de la organización, así como los recursos y el plazo en el que la meta será alcanzada. Los programas ambientales deben actualizarse con los nuevos proyectos, aspectos ambientales, responsables, modificaciones en los recursos y plazos que pudiesen surgir. Estos cambios no deben servir para dilatar el cumplimiento de los objetivos.

Cuadro 20
Programa ambiental

Aspecto ambiental	Objetivo	Responsable	Meta	Inversión US\$	Plazo
Consumo de energía eléctrica	Reducción del consumo de energía (base: 150 MW)	Jefe de mantenimiento	30%	15.000	2001
Residuos tóxicos	Sustitución de insumos tóxicos (base: 10 TM)	Jefe de compras	50%	5.000	2002

4.3.4 Implementación

Asignación de responsabilidades y autoridades

Se debe definir, documentar y difundir las funciones, responsabilidades y autoridades en el SGA. Las personas involucradas deberán de contar con el respaldo de la alta dirección, apoyo material y otro tipo de intangibles, además de la autoridad suficiente para llevar a cabo las acciones correspondientes. La gestión de la implementación y operación del SGA es liderada por el comité ambiental, quien a su vez designa un representante ambiental. Dependiendo del tipo de empresa y de la estructura organizativa de ella, se puede dar diversos tipos de organigramas del SGA. Importante es, sin embargo, que la alta dirección esté representada y, más aún, que efectivamente lidere el proceso.

Capacitación de empleados y obreros

Es necesario identificar las necesidades de capacitación según el nivel de especialización del personal. Se considera como punto de partida que todo el personal, cuyo trabajo puede tener un impacto significativo sobre el medio ambiente, debe haber recibido la información y capacitación adecuadas, de forma que tengan el mejor comportamiento ambiental posible, es decir, que se logre una «sensibilización».

Todos deben conocer las consecuencias potenciales de la falta de seguimiento de los procedimientos establecidos.

Se recomienda incluir a los subcontratistas o terceros que brinden sus servicios a la obra, especialmente a aquellos que provean de insumos y materiales de construcción.

Dado que existe una curva de aprendizaje por parte de los ingenieros, empleados y obreros en participar implementando un SGA—incluye manejo de residuos—, se espera que en obras posteriores el personal emplee menos tiempo y recursos. Sin embargo, se recomienda mantener un programa continuo de capacitación al personal involucrado en la implementación del sistema, dada la alta rotación que existe en este tipo de actividad.

Por ejemplo, los programas de información y capacitación pueden consistir en un adecuado manejo de los residuos generados en la obra—como la identificación de residuos generados y su posterior separación—, de las materias primas relevantes y en técnicas de reducción de mermas y pérdidas.

Diseño e implementación de canales de comunicación interna y externa

El SGA debe establecer, mantener e implementar procedimientos de comunicación interna—a partir de y para los trabajadores— y externa—para con los interesados, involucrados y afectados— en relación a los aspectos ambientales y al mismo SGA. Se debe atender las comunicaciones y documentarlas en registros.

Documentación del sistema de gestión y control

Se requiere que toda la información pertinente al SGA sea manejada y mantenida por escrito o en formato electrónico. En este sentido se conocen cuatro niveles de información según el grado de detalle:

- **El manual de gestión ambiental:** contiene la política ambiental, las metas y objetivos, y una descripción de los elementos del sistema. En el caso de la existencia de un Sistema de Gestión de la Calidad (como el ISO 9000) en la empresa, los manuales pueden ser directamente compatibilizados. En principio, un manual tiene una estructura libre. Sin embargo, para facilitar al lector la

comprensión de sus alcances, así como el desarrollo de uno, se presenta en el cuadro 21 una estructura promedio.

- **Los procedimientos:** describen los pasos derivados de la implementación de uno de los elementos del sistema
- **Los instructivos:** describen detalles acerca de actividades y operaciones específicas.
- **Los registros:** contienen la información que valida la operación del sistema. La información debe ser registrada y mantenida por un período determinado. Deben ser posibles el rastreo y comprobación de la veracidad de la información a través de fechas, responsables y otros datos que identifiquen al documento.

Cuadro 21
Manual ambiental y de procedimientos

Elemento del documento	Manual	Procedimiento
1. Política ambiental	x	
2. Identificación de legislación ambiental y otros requisitos	x	
3. Objetivos y metas ambientales	x	
4. Programa ambiental	x	
5. Organización y responsabilidades	x	
6. Identificación y evaluación de aspectos ambientales	x	
• Emisiones a la atmósfera		x
• Efluentes		x
• Residuos		x
• Contaminación de suelos		x
• Aprovechamiento de aguas, suelos, energía y otros recursos naturales		x
• Ruido, olor, vibraciones, etcétera		x
7. Capacitación	x	
8. Comunicación	x	
9. Control de las operaciones	x	
• Actividades en la empresa y en la obra		x
• Proveedores		x
• Actividades de los socios		x
10. Planes de contingencia y capacidad de respuesta ante emergencias	x	
11. Monitoreo y medición	x	
12. No conformidades, medidas correctivas y preventivas	x	
13. Auditoría	x	
14. Revisión por la dirección		

Implementación de planes de contingencia y capacidad de respuesta ante emergencias

La empresa debe introducir y mantener procedimientos para identificar riesgos de accidentes y emergencias. Luego, debe probar en forma regular sus procedimientos a través de simulacros. Este punto es de especial importancia para este sector y debe compatibilizarse con los sistemas o regulaciones existentes para el tema de seguridad en las actividades de la construcción.

Control operacional del sistema de gestión

Con el fin de lograr el cumplimiento de lo establecido en la política ambiental, la organización debe identificar las operaciones y actividades en relación con los aspectos ambientales. Las operaciones y actividades deben planificarse y mantenerse a través del establecimiento de procedimientos —incluye una descripción de los criterios operacionales— y de su mantenimiento para dos grandes grupos:

- Grupo 1: operaciones y actividades, sin cuya existencia se puede poner en peligro el cumplimiento de la política ambiental
- Grupo 2: operaciones y actividades vinculadas a aspectos ambientales de insumos, materiales y servicios empleados —esto involucra a los sub contratistas y proveedores en general—.

A continuación se describe, para el específico caso de una obra de construcción, una serie de operaciones referidas directamente a la gestión de aspectos ambientales —residuos sólidos peligrosos y no peligrosos— y en algunos casos las operaciones complementarias necesarias para involucrar a los proveedores. La siguiente descripción se presenta de manera resumida, aunque para efectos de la documentación del sistema, deben existir procedimientos específicos controlados y eventualmente instructivos para cada uno de los casos.

Ejemplo: control operacional de las actividades de manejo de residuos sólidos en una obra de construcción. Como se ha explicado en

capítulos anteriores (subcapítulo 2.1.4 y figura 3), los residuos pueden clasificarse en varios grupos.

1. Concreto de demolición o residual
2. Excedentes de remoción.
3. Asfalto de demolición
4. Material de demolición no clasificado
5. Restos de materiales de construcción primarios
 - cemento
 - ladrillos
 - cerámicos
6. Residuos comunes no peligrosos
 - papeles /cartón de empaques
 - plásticos
 - estiropor
 - metales (ferrosos y no ferrosos: fierro de construcción, cortes de aluminio)
 - maderas
 - bolsas de cemento
 - residuos de cocina, comedores y de servicios higiénicos (normalmente orgánicos)
7. Residuos peligrosos y no peligrosos
 - sustancias de limpieza o diluyentes
 - pegamentos, disolventes, pinturas
 - breas, alquitrán
 - lacas
 - desoxidantes
 - derivados del petróleo
 - fibras minerales (asbesto)
 - explosivos

Para un adecuado manejo de estos residuos se acondiciona en principio un área de acopio. Previa a la actividad de construcción y dependiendo

de la magnitud de la obra y de la ubicación de esta, el área o las áreas requeridas estarán ubicadas de tal forma que causen mínimos impactos ambientales y molestias a los trabajadores.

A continuación se presenta algunas posibilidades de manejo para diferentes tipos de residuos.

Residuo	Opciones de manejo
Concreto residual: • Concreto excedente luego del vaciado del concreto • Lechada de concreto — luego del lavado de concreto—	<p>Se plantean tres opciones de reciclaje. Sin embargo, es el ingeniero residente de la obra quien debe finalmente evaluar la conveniencia, desde el punto de vista técnico, del reciclaje de este material:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Una vez que este haya fraguado, y luego de una proceso de granulado y tamizado hasta cumplir con las curvas de granulometría para agregados de concreto, este puede usarse como tal. Esta opción es conveniente solo si existen las cantidades mínimas que permitan que las operaciones de tratamiento por lo menos cubran los costos. 2. Si los residuos resultan de manera eventual y las cantidades son pequeñas, antes que el concreto haya fraguado, se puede emplear este excedente en ciertas partes de la obras que sí lo van a requerir como en la construcción de caminos. Se recomienda hacer de conocimiento las opciones de requerimiento de concreto para una óptima planificación. 3. En el caso de la lechada del concreto, este se puede emplear para el afirmado de caminos, lo que a su vez contribuye a la disminución de la generación de polvo. <p>Cuando no sea posible su uso, por no ser necesario o apto bajo aspectos técnicos, se debe llegar a un acuerdo con el responsable de la producción del concreto —puede ser un proveedor externo u otra área de la empresa— para que él se haga responsable de este residuo. Se le debe sugerir, sin embargo, que acumule este residuo hasta tener cantidades que puedan ser vendidas o utilizadas como agregado del concreto —luego de un mínimo tratamiento— en otras obras.</p>
Fierro de construcción	<p>Se recomienda su recolección para una posterior reutilización dentro de la obra, en obras posteriores, o para su venta a empresas de fundición o recicladoras de metales. Usualmente se obtiene ingresos interesantes a partir de este residuo.</p>

Residuo	Opciones de manejo
Bolsas de cemento	<p>Las bolsas de cemento pueden ser una gran molestia por los volúmenes generados. Una alternativa de solución es su recopilación y posterior reciclaje por terceros, quienes luego de una limpieza superficial —extracción de mermas de cemento— lo usan como material para la producción de cartones. Su venta puede generar ingresos extras a la obra.</p>
Restos de madera	<p>En este caso surgen dos argumentos por los cuales se debe manejar adecuadamente este recurso:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li data-bbox="311 428 926 509">1. Es un recurso natural que en países en desarrollo, especialmente, proviene de bosques o áreas no manejadas adecuadamente, con la consiguiente deforestación que implica su uso. <li data-bbox="311 514 926 620">2. Especialmente en países en desarrollo, los residuos de madera son usados como leña para quemar, generando gases de combustión dañinos para el ambiente y para la salud de las personas cuando esto se realiza en interiores de las casas. <p>Se plantea una adecuada separación de la madera, la extracción de otras piezas, como clavos, que puedan dificultar su reciclaje, evitar pintarlas o cubrirlas con sustancias para su protección —son usualmente sustancias tóxicas— y finalmente tratar de emplearla en otras obras de construcción, cederla o venderla a los recicladores o a otras obras. Cuando no sea posible su uso, por no ser necesario, se puede ceder este material a los mismos obreros o las familias de la vecindad, quienes lo emplean como leña para quemar. De ser este el caso, se puede contribuir a sensibilizar al personal dando informaciones generales acerca de los impactos ambientales y a la salud al usar este material para generar calor. La última opción sería su envío a un relleno sanitario controlado.</p>
Casco de ladrillo y de cerámicos	<p>Se recomienda analizar las siguientes posibilidades:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li data-bbox="311 1005 926 1111">1. Identificar otras obras de infraestructura —carreteras, afirmado de suelos, construcción de barreras de protección contra el sonido, construcción de rellenos sanitarios, clausura de minas, etcétera— donde se pueda requerir este tipo de material inerte. <li data-bbox="311 1116 926 1253">2. Idealmente, se puede llegar a un acuerdo con el o los proveedores de estos materiales y tratar de comprometerlos a recoger sus residuos. Se puede sugerir que analicen el reciclaje de estos residuos como agregado para nuevos materiales —como ladrillos, cerámicos, etcétera—. <li data-bbox="311 1258 926 1310">3. Ceder los residuos a aquellos que puedan tener interés en el material: otras constructoras o proveedoras de materiales similares. <li data-bbox="311 1315 926 1364">4. Como última posibilidad, disponer adecuadamente los residuos en un relleno sanitario.

Residuo	Opciones de manejo
Excedentes de pinturas	<p>Este es un residuo tóxico y, como tal, su manejo es más delicado. A continuación se describen algunos pasos.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Almacenarlos en un centro de acopio especial para residuos peligrosos tomando en cuenta las condiciones especiales que requieren. Estas deben especificarse en la hoja de seguridad respectiva. 2. Identificar otros usos posibles en la obra actual, en otras obras de la empresa o en futuras obras donde se pueda requerir este insumo. 3. En algunos países ya existen regulaciones que permiten retornar los restos a los proveedores de estos materiales. Dado el gran peso de algunas empresas constructoras frente a sus proveedores, que pueden ser empresas más pequeñas, se puede llegar a este tipo de acuerdos de manera voluntaria. 4. Una alternativa viable es su uso como combustible alternativo en hornos de alta temperatura, como los de las productoras de cemento y de centrales termoeléctricas. 5. Ceder los residuos a aquellos que puedan tener interés en el material: los trabajadores, el sector público para obras públicas, etcétera. 6. Como última posibilidad se deben disponer adecuadamente los restos de pinturas en un relleno para residuos especiales.

4.3.5 Control y acción correctiva

Luego de la implementación del SGA se requiere un control continuo coherente con la política ambiental.

Monitoreo y medición del sistema

Consiste en procedimientos documentados para controlar, medir y registrar —indicadores de desempeño, cumplimiento de metas, etcétera— de forma regular las características claves de sus operaciones y actividades asociadas a los aspectos ambientales. Esto incluye la evaluación periódica y cumplimiento de los requerimientos legales vigentes.

De existir equipos de medición que reporten datos al sistema, estos deben estar calibrados y mantenidos.

Acciones correctivas y preventivas

La empresa debe introducir y mantener procedimientos, así como asignar responsabilidades y autoridades para el tratamiento de no conformidades, medidas correctivas y preventivas. El levantamiento de las no conformidades y la implementación de las acciones deben estar registrados.

Auditoría del SGA (conformidades y no conformidades)

El sistema debe controlarse periódicamente para comprobar su efectividad en el cumplimiento de su política ambiental, sus objetivos y metas.

Las auditorías se realizan internamente o externamente, dependiendo de los propósitos de esta (véase subcapítulo 2.3.3).

Debe existir un programa de auditorías internas que contengan información acerca de responsables, fechas, métodos y regularidad de la auditoría. Los auditores internos deben estar adecuadamente calificados para ello. Los resultados de las auditorías deben ser informados a los responsables de las medidas correctivas, así como al comité ambiental y a la alta dirección.

4.3.6 Revisión por la dirección

La alta dirección debe revisar el SGA y generar un informe a intervalos definidos para asegurarse que el sistema es actual, conveniente, adecuado y efectivo.

El informe debe considerar a los objetivos y metas frente al desempeño alcanzado, cambios empresariales que pueden afectar al SGA, legislación nueva o modificada, establecimiento de nuevas metas y objetivos, cambios en la tecnología que pueden ser aplicados incluyendo procesos de trabajo, incidentes ambientales, no conformidades y acciones correctivas/preventivas a la fecha.

La revisión por la dirección de la obra cumple el papel de retroalimentar al SGA.

4.3.7 Compatibilización de los sistemas de gestión existentes

La empresa tiene la opción o necesidad de contar con uno o más sistemas de gestión. En el caso de una empresa constructora, aunque por el tipo de actividad, debe manejar conceptos de calidad, de gestión ambiental responsable y de seguridad, tradicionalmente no ha implementado sistemas reconocidos o certificables de este tipo.

Recién se nota más una necesidad de armonizar dos o más sistemas (Sistema de Gestión de la Calidad: SGC, Sistema de Seguridad: SS) debido a las crecientes presiones a través de las regulaciones y de los interesados.

Diferencias entre un SGA, SGC y un SS:

- En el caso de aseguramiento de la calidad, el producto —la obra a construir— está por delante. El sistema debe asegurar su calidad según estándares establecidos.
- En el caso de la gestión ambiental, se debe asegurar que los impactos ambientales causados por la obra sean mínimos. Esto no es posible con un SGC, pues simplemente no se encuentra dentro de sus objetivos.
- La gestión de la seguridad tiene como objetivo principal la protección de los trabajadores y vecinos a las obras.

Otros aspectos a considerar en la comparación de los tres sistemas son:

- **Los objetivos:**
 - Los objetivos en un SGC se determinan por la alta dirección sobre la base de lo que quieren los clientes.
 - En el caso de un SGA, los clientes son las autoridades, la sociedad y el ambiente en sí, y sobre sus intereses se plantean los objetivos.
 - En un SS los interesados son las personas —trabajadores y vecinos— y los objetivos deben orientarse a ofrecerles seguridad.
- **La obligatoriedad:** los tres sistemas de gestión son normalmente voluntarios. En ciertos casos es requerido por un proveedor o eventualmente recomendados por las autoridades.

- **La posibilidad de certificación:** los sistemas de gestión de la calidad y ambiental pueden ser certificables, pero los de seguridad, por sí solos, aún no los son.
- **Sinergias en la implementación de un SGA, SGC y un SS:** en la compatibilización de los tres sistemas se debe tomar en cuenta los dos caminos posibles:
 - Integrar los tres sistemas en uno solo que implique el desarrollo de un único manual de gestión. Sin embargo, la práctica demuestra que estos sistemas integrados no son tan efectivos y el proceso de unión puede ser complicado.
 - Desarrollar e implementar tres sistemas por separado, en los que los procedimientos e instructivos se definan de tal manera que incluyan tópicos relacionados a los tres temas —calidad, protección ambiental y seguridad—. De esta manera, se facilita la operatividad de los sistemas a través de los operadores y responsables, quienes reciben un solo procedimiento o instructivo que contiene las informaciones y detalles de su área y actividad, sin necesidad de tener que usar más documentos.

Según Werner Wohlfarth (1997), consultor alemán reconocido en el área, lo más recomendable es la segunda opción, es decir, tres manuales diferentes con procedimientos e instructivos comunes.

4.4 EVALUACIÓN DE LOS COSTOS Y BENEFICIOS

La rentabilidad de sistemas de gestión no es fácil de estimar, dado que los beneficios no siempre son cuantificables y por ello tampoco comparables frente a los costos del sistema. Una clasificación de los beneficios y los costos resultantes de la implementación de un sistema, así como de su potencial de ser cuantificados, son presentados en el cuadro 22.

Follmann (1998) sistematiza de manera más detallada los costos y beneficios en los diferentes procesos de desarrollo e implementación del sistema.

Cuadro 22
Beneficios y costos generales estimados de un SGA

Beneficio	¿Cuantificable?	Costo	¿Cuantificable?
Aseguramiento de la competitividad	No	Tiempo extra en el desarrollo y la implementación del sistema	Sí
Incremento de la satisfacción del cliente	No	Desarrollo de un sistema de documentación y registros	Sí
Nuevos mercados	Sí	Asesorías externas	Sí
Mayor seguridad de cumplimiento con las autoridades	No	Inversiones en cambios de procesos y del sistema en general	Sí
Protección del ambiente	No	Capacitación	Sí
Mejora sistemática de los procedimientos de trabajo	Sí (estimar a través de ahorros en tiempos)	Sistema de comunicación (trípticos, página electrónica, etcétera)	Sí
Satisfacción de los trabajadores	No	Auditorías externas	Sí
Prevención de riesgos ambientales	Sí (a través de una reducción de casos y con ello de sus costos)	Certificación	Sí
Reducción de costos de disposición final	Sí		
Reducción de pólizas de seguros	Sí		
Mejora en la calidad de comunicación interna y externa	No		
Uso más eficiente de insumos	Sí		
Ahorros en agua y energía	Sí		
Ingresos por nuevos subproductos (residuos como materiales secundarios)	No		

Cuadro 23
Beneficios y costos por actividad en el desarrollo
e implementación de un SGA

Actividad	Beneficio	Costo
Compromiso ambiental de la gerencia	<ul style="list-style-type: none"> • Negocio más consciente acerca de sus actividades • Motivación de los trabajadores, quienes sienten más presencia de la gerencia • Mejora continua de la sensibilidad ambiental de la gerencia y de los trabajadores a través de una retroalimentación requerida por el sistema 	<ul style="list-style-type: none"> • Costos en asesorías • Tiempo extra requerido para esta actividad
Desarrollo del sistema	<ul style="list-style-type: none"> • Capacitación de los involucrados en la organización • Procesos estructurados y responsabilidades claras • Documentación del <i>know-how</i> • Procesos estructurados más eficientes y con ello ahorro de tiempo 	<ul style="list-style-type: none"> • Eventualmente nuevos puestos de trabajo para el desarrollo y mantenimiento del sistema • Desarrollo y mantenimiento de la documentación y registros
Elaboración de propuestas de obras y revisión de contratos	<ul style="list-style-type: none"> • Alto grado de satisfacción del cliente • Grandes posibilidades de obtención de contratos • Prevención de incumplimiento de regulaciones 	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo extra requerido para esta actividad
Planificación de las obras	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción de la probabilidad de errores o cambios en los procedimientos • Plan acordado • Reducción de costos durante el uso de las edificaciones y de demolición • Prevención de accidentes y de problemas de salud de los trabajadores • Reducción de riesgos a la salud de los habitantes de las edificaciones 	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo extra requerido para esta actividad • Capacitación en aspectos ambientales en la construcción
Control de los proyectos y de la documentación/registros	<ul style="list-style-type: none"> • Existencia de archivos comunes con la información de cada obra • Prevención de errores u omisiones 	<ul style="list-style-type: none"> • Trabajo extra de actualización, impresión • Costos de mantenimiento de la documentación y registros

Actividad	Beneficio	Costo
Adquisición de materiales	<ul style="list-style-type: none"> • Mejores sistemas de transporte y de almacenamiento • Sustitución, reducción o eliminación de riesgos ambientales y a la salud por insumos tóxicos • Reducción de costos de operación de equipos • Reducción de costos de insumos ahorrados • Reducción de costos de agua y energía 	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de una base de datos actualizada con los proveedores, servicios, productos y precios • Algunos insumos puestos en obra resultarán ser más caros
Procesos constructivos	<ul style="list-style-type: none"> • Prevención de distorsiones e irregularidades en los procesos • Prevención de riesgos a la salud y accidentes • Ahorros en la disposición final de residuos • Ingresos por nuevos subproductos con valor en el mercado 	<ul style="list-style-type: none"> • Capacitación de los subordinados
Controles, inspecciones internas y externas	<ul style="list-style-type: none"> • Prevención de fallas • Identificación de potenciales de mejora 	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo extra requerido para esta actividad y para las correcciones y medidas recomendadas o requeridas
Registros	<ul style="list-style-type: none"> • Proceso de comprobación sistemático 	<ul style="list-style-type: none"> • Mantenimiento de los registros
Auditorías internas y externas	<ul style="list-style-type: none"> • Identificación de puntos débiles del sistema • Proceso de mejora continua 	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo y personal extra requerido para esta actividad
Capacitación y sensibilización	<ul style="list-style-type: none"> • Personal más calificado • Incremento de la motivación • Prevención de riesgos ambientales y de la salud 	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo requerido para la capacitación
Estadísticas ambientales, balances, registros	<ul style="list-style-type: none"> • Instrumento de control y evaluación de la gestión de la empresa • Pruebas de desempeño ambiental frente a lo establecido en la política, metas y objetivos • Desarrollo de una cultura de la información y sistematización 	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de sistemas estadísticos y de manejo de datos

CAPÍTULO 5

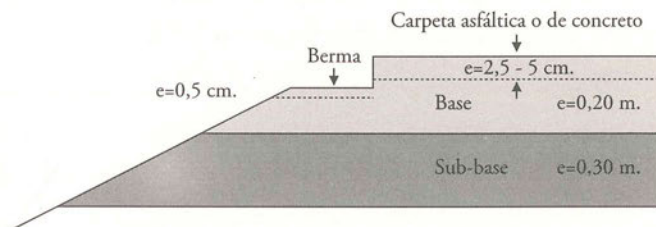
Opciones de reciclaje para fracciones de residuos de la construcción

Este tema cobra importancia por ofrecer una opción interesante y posiblemente costo-eficiente para los generadores —constructoras, productoras de materiales de construcción o personas que de manera independiente renuevan sus edificaciones— o responsables de los «residuos minerales inorgánicos» del sector de la construcción. Los responsables, acorde a la ley, no siempre son los generadores, lo que sería lo sensato si aplicáramos el principio de «los contaminadores pagan» —*polluters-pay-principle*—. Entre los responsables se puede señalar, además de los generadores, a las municipalidades o los administradores de rellenos sanitarios. Para concluir acerca de la rentabilidad de reciclar residuos de la construcción que inevitablemente se han generado, se debe combinar análisis técnicos, económicos y de mercado (véase capítulo 6).

En este capítulo se describirá las propuestas de opciones de reciclaje desde el punto de vista técnico, según dos contextos diferentes: el primer ejemplo presenta las opciones de reciclaje en un país industrializado —Alemania— sobre la base de reglamentos técnicos actualmente vigentes y que son ampliamente aplicados (subcapítulo 5.1); el segundo caso describe las opciones en un país en desarrollo —como el Perú— que recientemente ha desarrollado reglamentaciones adaptadas a su realidad (subcapítulo 5.2).

Finalmente, se describe los requisitos de calidad de los materiales reciclados los cuales deben ser, en principio, los mismos correspondientes a materiales de construcción naturales o tradicionales (subcapítulo 5.3).

Figura 9. Perfil de una carretera



5.1 OPCIONES DE RECICLAJE SEGÚN REGLAMENTOS TÉCNICOS EN ALEMANIA

De acuerdo a la hoja técnica para la reutilización de residuos de la construcción (MVIN-StB 85) se define seis clases de materiales aptos para diferentes usos (véase cuadro 24). Cada clase de material agrupa materiales de construcción que, debido a su procedencia, proceso de obtención, aglutinante contenido u otras propiedades comparables, tienen características semejantes. Hay tres criterios para la clasificación de las opciones de reciclaje:

- Según el grupo de actividad de la construcción
 - materiales nuevos de construcción —concreto, ladrillos, tejas, etcétera— para obras de construcción pesada o edificaciones;
 - obras de construcción pesada —puentes, carreteras, túneles, presas, etcétera—;
 - obras de construcción de carreteras;

- obras de infraestructura —obras previas a la construcción de obras de edificación y de carreteras: movimientos de tierras, construcción de rompeolas, demolición, etcétera—.

El grupo de opciones de reciclaje que requiere una mayor calidad de los materiales de construcción empleados es el referido a la producción de materiales nuevos de construcción.

El grupo que representa un nivel intermedio de calidad está integrado por las obras de construcción pesada. Según el nivel de exigencia técnica, continúan las obras de construcción de carreteras y, por último, las obras de infraestructura.

- Según el empleo de aglutinantes: las opciones de reciclaje se dividen en dos grupos: construcciones o productos que emplean aglutinantes —por ejemplo, cemento— u obras de construcciones o productos sin aglutinantes.
- Según la calidad técnica de los materiales de construcción empleados: estos grupos se subdividen de acuerdo a los requisitos de calidad. Se diferencian tres categorías para los productos reciclados, desde aquellos con bajos requerimientos de calidad —como material de relleno— hasta los que imponen requisitos exigentes de calidad —producción de concreto—.

Según los reglamentos técnicos alemanes (MVIN-StB 85), los materiales de construcción requeridos para las opciones E, F1, F2, G, H1 y H2 —opciones como bases, sub-bases y carpetas asfálticas o de concreto de carreteras, así como la producción de materiales con aglomerantes como el concreto y el ladrillo— son de mayor calidad que los materiales empleados en las opciones A, B, C1, C2 y D —opciones como materiales de relleno o materiales para afirmado de caminos y trochas— (véase cuadro 24). Una descripción gráfica del perfil de una carretera en la que pueden ser reciclados materiales de construcción aparece en la figura 9.

Cuadro 24
Opciones de reciclaje para residuos de la actividad de la construcción según reglamentación alemana
(MVIN-StB 85)

Nivel de exigencia	Menor						Intermedio			Mayor	
	Construcciones complementarias en la construcción de carreteras y edificaciones						Construcción de carreteras			Materiales de construcción	
	Construcciones sin aglutinantes						Obras o productos con aglutinantes				
Opciones de reciclaje	A	B	C1	C2	D	E	F1	F2	G	H1	H2
Tipo de material	Muro de protección contra el sonido	Superficies de terrenos no afirmados y trochas	Reforzamiento y mejoramiento de terrenos de basamento y suelos en general	Relleno y recubrimiento de construcciones	Relleno de zanjas de tuberías	Carpetas portantes sin aglutinantes	Bases con aglutinantes bituminosos	Carpetas asfálticas	Bases de concreto	Concreto	Ladrillos
1. Asfalto	√	√	•	•	•	•	√ ⁽¹⁾	√ ⁽²⁾			
2. Concreto	√	√	√	√	√	√	•		√	√	
3. Piedras chancadas	√	√	√	√	√	√	√	√	√		
4. Grava, arena	√	√	√	√	√	√	√	•	√		
5. Otras mezclas de materiales aglutinantes	√	•	•	•	•						
6. Ladrillos, rocas	√	√	√	•	√	•			•		•

√ Utilización posible • Utilización restringida

[1] Como parte de la mezcla con materiales del tipo 2 al 4, de acuerdo a los resultados de laboratorio o de acuerdo a la experiencia.

[2] Ver «Hoja técnica para la conservación de pistas de asfalto; parte medidas civiles - reutilización de asfalto» (MERA 1990)

5.2 OPCIONES DE RECICLAJE SEGÚN REGLAMENTOS TÉCNICOS EN PERÚ

De acuerdo a la Norma Técnica Peruana para el reciclaje y la reutilización de residuos de la construcción (NTP 400.050 – 1999) se definen cinco fracciones de materiales aptos para diferentes opciones de aprovechamiento (véase cuadro 25). Las fracciones son:

- asfalto de demolición
- concreto de demolición
- excedentes de remoción
- material no bituminoso de demolición de carreteras
- materiales de demolición no clasificados
- restos de materiales de construcción primarios

Si bien es cierto que el nombre sugiere que las fracciones provienen de la actividad de la demolición, las fracciones que tengan la misma composición de las mezclas anteriores y que no provengan de una demolición serán incluidas dentro de los grupos anteriores. Por ejemplo, en el caso de los cascotes de concreto como mermas de una actividad de vaciado del concreto, estos serán considerados como concreto de demolición.

Las fracciones tratadas se convierten en los siguientes materiales secundarios:

- granulado de asfalto —a partir de la mezcla asfáltica de demolición—;
- granulado no bituminoso de carreteras —a partir de material no bituminoso de demolición de carreteras—;
- granulado de concreto —a partir de concreto residual durante el vaciado o de demolición—;
- granulado no clasificado —a partir de la materiales de demolición no clasificados—.

Cuadro 25a
Características de los residuos de la actividad de la construcción según reglamentación peruana
(NTP 400.050 – 1999)

Fracciones de Residuos / Información relevante	Asfalto de demolición		Material no bituminoso de demolición de carreteras	Concreto de demolición		Materiales de demolición no clasificados	Excedentes de remoción
	Procedencia	Carpetas asfálticas	Tratamiento asfáltico superficial	Base y sub-base granulares no tratadas de pavimentos	Losas de concreto	Edificaciones, carreteras, canales	
Procesos de obtención de fracciones de los residuos	Fresado	Levantamiento / fresado	Remoción / fresado	Levantamiento / fresado	Demolición selectiva	Demolición	Levantamiento
Proceso de obtención de materiales secundarios	-	Chancado	Chancado	Chancado / selección	Chancado / selección	Chancado / selección	-
Material secundario obtenido	Granulado de asfalto		Granulado no bituminoso de carreteras	Granulado de concreto		Granulado no clasificado	-

Cuadro 25b
Opciones de reciclaje para residuos de la actividad de la construcción según reglamentación peruana
(NTP 400.050 – 1999)

TIPO	Fracciones de los residuos	Asfalto de demolición	Material no bituminoso de demolición de carreteras	Concreto de demolición	Materiales de demolición no clasificados	Excedentes de remoción
	Usos	NIVEL DE RECOMENDACIÓN				
I	Carpeta asfáltica	1				
	Losas de concreto			1		
	Morteros		2			
	Ladrillo		2	1	1	
	Concreto		2	1	1	
	Bases sin aglomerante	2	1	2	2	
II	Sub base	2	1	2		
	Capa de nivel sub-rasante	2	1	2	2	
	Rellenos no portantes	3	3	3	3	1
III	Taludes contra ruido	3	3	3	3	1
	Rellenos Sanitarios		3	3	3	1

Nivel de recomendación:

1: Uso óptimo bajo el criterio de uso de materiales con la opción de mayor exigencia técnica posible.

2: Uso posible asumiendo pérdida en el potencial de reciclaje de la obra realizada con este material secundario.

3: Opción menos recomendable.

No recomendable

Usos Tipo I: Opciones con uso de aglomerantes (cemento y asfalto).

Tipo II: Opciones sin necesidad de aglomerantes con mayor exigencia técnica que las del tipo III

Tipo III. Opciones sin necesidad de aglomerantes de mínima exigencia técnica.

Estos granulados se pueden reciclar en opciones de tres tipos, según el uso de aglomerantes y el nivel de exigencia técnica.

Tipo I: Incluye las opciones que emplean aglomerantes, como cemento y asfalto

Tipo II: Incluye las opciones que no emplean aglomerantes pero que tienen un mayor nivel de exigencia técnica que las opciones del tipo III

Tipo III: Incluye las opciones que no emplean aglomerantes y que son de mínima exigencia técnica

Las opciones de reciclaje para cada tipo se muestran en el cuadro 25. En el mismo cuadro se especifica los materiales secundarios que pueden ser reciclados en las diferentes opciones de manera óptima, incurriendo en un *downcycling*, cuando por razones técnicas no es recomendable en una opción superior.

5.3 REQUISITOS DE CALIDAD PARA FRACCIONES OBTENIDAS DE RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN

Los requisitos de calidad de la materia prima secundaria dependen de las opciones de reciclaje y reutilización, y son los mismos que los requerimientos vigentes para los materiales de construcción convencionales. Las normas y directivas se dividen en tres grupos:

- estudio de impacto ambiental
- ensayos de aptitud según la opción de reutilización
- directivas acerca de técnicas de ensayos

En el caso de los materiales de construcción convencionales o naturales, se asume que estos no ocasionan impactos ambientales negativos, por lo que no son necesarios estudios de este tipo, a diferencia de los materiales reciclados para los que sí se requiere de pruebas adicionales.

5.3.1 Estudio de impacto ambiental del uso de materiales secundarios

Este estudio se justifica por las posibles impurezas contenidas en los residuos de la construcción que pueden transferirse a los suelos y aguas subterráneas, por ejemplo, por lixiviación por efecto de las lluvias.

Para verificar la compatibilidad con el ambiente se llevan a cabo tanto pruebas organolépticas, por medio de pruebas rápidas en la obra, como pruebas específicas especializadas en laboratorios.

El primer control es una prueba *in situ* que consiste en un ensayo organoléptico en el lugar de la construcción o demolición de las obras.

Si los materiales pasan esa prueba son trasladados a la planta de tratamiento, donde debe haber un siguiente control de ingreso del material. El material que no sea reciclable debe ser rechazado. Si luego de una segunda prueba organoléptica persisten dudas acerca del material, se requiere de un análisis químico. Los primeros parámetros por analizar son la conductividad y el pH del lixiviado.

En la regulación alemana, existe una recomendación de límites máximos permisibles de parámetros y sustancias contenidas en materiales de construcción secundarios para las bases y sub-bases granulares de carreteras sin aglutinantes (véase cuadro 26). En caso que los valores estén fuera de los rangos del cuadro 26, se debe recurrir a un control por terceros, el cual debe ser más exhaustivo. Estos darán una certificación de aptitud de los materiales secundarios.

5.3.2 Control de calidad de materiales de construcción reciclados

Las normas alemanas correspondientes para verificar la aptitud de los materiales incluyen el control de los siguientes parámetros:

Parámetro 1: Composición de los granulados

Parámetro 2: Granulometría

Parámetro 3: Forma de partícula

Parámetro 4: Sustancias o partículas dañinas

Parámetro 5: Permeabilidad al agua

Parámetro 6: Resistencia contra golpe

Parámetro 7: Dureza en el caso de agregados del concreto

Parámetro 8: Capacidad de ser cultivado

Como ejemplo, se muestra en detalle las especificaciones técnicas requeridas para el parámetro referido a sustancias dañinas.

- Parámetro 4: Sustancias o partículas dañinas. En el caso particular de fracciones provenientes de mezclas de residuos de la construcción, la existencia de sustancias o partículas dañinas o contaminantes puede ser bastante crítica y determinante para el reciclaje de dichas fracciones. La pureza de los materiales de construcción reciclados está en relación inversa a la capacidad de lixiviación¹ de los compuestos, como los de origen orgánico,² los compuestos de azufre y los cloruros solubles. Para la producción de agregados del concreto es importante, principalmente, la no existencia de componentes orgánicos, de azufre, cloruros y los expandibles.

5.3.3 Compuestos de azufre

Los compuestos de azufre en los materiales de construcción pueden alterar perjudicialmente las propiedades de los productos aglutinados. En contacto con la humedad, los sulfatos contenidos en materiales como el yeso o sulfuros pueden causar hinchamientos. En el caso del concreto ya fraguado pueden producirse rajaduras.

Según la norma DIN 4226, el contenido de sulfato calculado como SO_3 no debe exceder el 1% en el concreto. En caso contrario se produciría este mismo tipo de material pero de menor resistencia.

¹ Compuestos que pueden lixiviar: componentes mineralógicos menores de 0,063 mm.

² Compuestos de origen orgánico: compuestos con contenido de carbón, madera, raíces y restos de plantas en minerales.

5.3.4 Cloruros solubles en agua

Las sales, sobre todo los haluros, causan problemas de corrosión y entorpecimiento del proceso de fraguado y endurecimiento con una disminución de la dureza del producto. Por ello, para la producción del concreto, la norma DIN 4226 —características del agregado para el concreto— establece que los cloruros solubles en los agregados no deben exceder el 0,04 % en peso.

Partículas expandibles

La existencia de partículas expandibles —como la madera, corchos, et-cétera— está también normada por la norma DIN 4226.

Cuadro 26

Límites máximos permisibles de sustancias en bases y sub-bases granulares sin aglutinantes de carreteras

Parámetro	Reglamentación alemana Límites máximos permisibles
PH	7 - 12,5
Conductividad	100 mS/m ² [mg/l]
Nitrógeno	0,5
Arsénico	0,1
Plomo	0,1
Cadmio	0,005
Cromo	0,05
Cobre	0,1
Plata	0,001
Zinc	0,5
Cloruros	100
Cianuro	0,1
Sulfatos	600
Índice de fenoles	0,1
AOX COH Compuestos orgánicos halógenos	0,1
Hidrocarburos (HC)	0,1
Níquel	100
Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP)	0,1

CAPÍTULO 6

Factores que influyen en la reutilización de materiales de construcción secundarios

Una serie de factores cuantificables y no cuantificables influyen en la reutilización de materiales de construcción secundarios provenientes de los residuos de la construcción.

Entre los factores cuantificables están los técnicos (subcapítulo 6.1) y los económicos (subcapítulo 6.2). Los factores no cuantificables son factores subjetivos (subcapítulo 6.3), entre los cuales el más importante es la motivación personal del usuario relacionada en gran medida con su sensibilización ambiental.

6.1 FACTORES TÉCNICOS

La sustitución de arena y piedras de origen natural por materiales de construcción secundarios depende directamente de la «calidad» de las fracciones obtenidas luego del tratamiento correspondiente. Por «calidad» se entiende el grupo de propiedades de la mezcla a ser utilizada como material de construcción primario, lo cual ha sido tratado en detalle en el subcapítulo 5.3.

La calidad depende directamente de los materiales de construcción empleados en las diferentes etapas de las labores de construcción, del procedimiento de desmontaje o demolición, también de las tecnologías

de tratamiento o reproceso y, en general, del correcto manejo de los residuos de la construcción —transporte, separación, almacenamiento—.

De acuerdo al tratamiento o reproceso, que es la última fase en el manejo de los residuos, el material alcanza una calidad que determinará las opciones de su utilización.

Para ilustrar estos aspectos se presenta en los subcapítulos 6.1.1 y 6.1.2 una revisión del estado de las tecnologías existentes para el tratamiento o reproceso, así como una clasificación de las mismas. Posteriormente, en el subcapítulo 6.1.3 se describe el funcionamiento integral de una planta de reciclaje.

6.1.1 Tecnologías de tratamiento de residuos de la construcción

Uno de los requerimientos técnicos para el empleo de las fracciones de materiales de construcción secundarios, así como para los primarios, es el cumplimiento de curvas definidas de granulometría (véase figura 10) y composiciones de las mezclas. Los procesos de obtención de fracciones a partir de los residuos de la actividad de la construcción consisten, esencialmente, en las mismas tecnologías usadas para la extracción de piedras y arena, y abarcan las operaciones de triturado, chancado, granulado y cernido. Una etapa adicional requerida para el tratamiento de los residuos de la construcción es la separación de fracciones contaminantes o indeseables contenidas en los residuos.

La tecnología estándar consta de un triturado en dos etapas, que incluye una trituradora de mandíbulas para una primera fase y un molino de impacto para el triturado secundario (Nicolai 1994). Estas instalaciones son complementadas con un separador de partículas neumático o de viento en varias etapas (véase figura 11).

El producto fino de bajo valor se separa mediante un cernido. El material principal grueso se envía hacia la trituradora de mandíbula —trituración primaria— para la reducción de los tamaños de partícula a 250 mm.

En el depósito intermedio entre el triturado primario y secundario se puede agregar o quitar material pretriturado de acuerdo con la necesidad de completar volúmenes determinados de fracciones. Una separación de los materiales más grandes se puede hacer por medio de una faja transportadora selectora.

En el triturado secundario se reduce el tamaño del material a 50-60 mm. El producto obtenido se cierne y separa. Los productos más gruesos son regresados al triturador secundario. Después de cada etapa de triturado se emplean separadores de impurezas manuales por vía seca o húmeda.

Para la separación de partículas ferrosas se emplea un separador magnético. En el caso de la separación de otros tipos de impurezas como madera, plásticos, etcétera, se emplean equipos como los ciclones, hidrociclones —método por vía húmeda—, aspiradoras y fajas transportadoras de selección manual, que también sirven para el control de calidad.

A pesar de la excelente capacidad de los separadores por vía húmeda, estos no se utilizan debido al alto consumo de agua y a la necesidad de un tratamiento posterior de las aguas residuales. En el caso de las aspiradoras, el aire de aspiración es recirculado y el polvo generado es retirado mediante el uso de filtros.

6.1.2 Clasificación de las plantas de tratamiento de residuos de la construcción

El criterio de «movilidad de las plantas de tratamiento» es el más usado para su clasificación. De esta manera, las plantas se clasifican en:

1. Plantas móviles
2. Plantas semimóviles
3. Plantas estacionarias

Para ilustrar de mejor manera las diferencias técnicas entre una planta móvil y una estacionaria, se muestra en el cuadro 27 una comparación de las principales características de ellas. Otros criterios propuestos por Nicolai (1994) para la clasificación de las plantas según la tecnología son los siguientes:

- **Número de etapas de triturado:** de esta manera se regula la granulometría del producto. Por lo general se emplean hasta dos etapas de triturado.
- **Tipo de separadores de partículas contaminantes e indeseables:** se reconocen tres tipos de separadores: manual, neumático, por vía seca y por vía húmeda.

Cuadro 27
Comparación de características de plantas de tratamiento móviles y estacionarias

Característica	Planta de tratamiento de escombros	
	Móvil	Estacionaria
Tecnología y equipos	Una trituradora con dos tamices	Descripción de la figura 11
Capacidad de producción [TM/año]	50.000	200.000
Mezclas reciclables que ingresan a la planta	<ul style="list-style-type: none"> • Concreto de demolición sin impurezas • Escombros sin impurezas • Escombros de carreteras sin impurezas 	<ul style="list-style-type: none"> • Concreto de demolición • Escombros con impurezas • Escombros de carreteras con impurezas
Potencia total de corriente eléctrica [kW]	~ 410	~ 750
Toma promedio de potencia [kW]	~ 250	~ 450
Consumo promedio de energía [kW-h]	~ 125.000	~ 500.000
Abastecimiento de agua [m ³ -d]	6	12
Número y capacidad de tanques de combustible [lt]	2 x 5.000	1 x 10.000 1 x 30.000

6.1.3 Estudio de caso: descripción integral del diseño y funcionamiento de una planta estacionaria de reciclaje en Alemania

Parámetros de diseño

En primer lugar, es importante tomar en cuenta los parámetros que influyen en el diseño de la planta de tratamiento:

- el tipo de material a ser reciclados en la planta;
- la calidad de los suelos en el área de la planta;
- el tipo y calidad del producto a obtener (basados en su granulometría, forma de partícula y composición del material); y,
- la cantidad de materiales a tratar.

Descripción de la planta

Para el presente caso, el diseño y funcionamiento de una planta de tratamiento estacionaria —con una capacidad de producción de 200.000 TM/año— se basa en los datos del cuadro 27. Adicionalmente, se consideran las siguientes características de los equipos en cuestión:

Capacidad de Trituración: 200 TM/h

Tamaño de partícula y rocas a ser tratados: 700 mm. de diámetro o trozos de dimensiones máximas de 1.000 x 1.200 x 500 mm.

Las etapas desde el ingreso hasta la salida del material de la planta son:

- **Control al ingreso de materiales:** se prueba la aptitud técnica del material a partir de los requerimientos de los productos que se desean producir. Al momento del ingreso a la planta, se realiza a los camiones transportadores de materiales una prueba de aptitud mediante una cámara a color. También se les hace un rápido análisis y se les toma una muestra aleatoria para un análisis químico. Los materiales que ingresan a la planta deben ser inertes, inorgánicos y provenientes de la actividad de la construcción, como demolición de carreteras, edificaciones, canales o tierras de remoción, entre otros.

Los materiales considerados como peligrosos —escombros industriales, asbestos y mezclas asfálticas— y los residuos domésticos no son aceptados para su tratamiento y deben disponerse de otra manera según la reglamentación correspondiente.

Los materiales que ingresan a la planta se pesan y el dato se almacena directamente en una base de datos electrónica para los cálculos correspondientes. Si el material cumple visualmente con las exigencias para el tratamiento, es descargado directamente del camión mediante una rampa y llevado al almacén de alimentación.

- **Almacenamiento de materiales de ingreso:** luego de su entrega, los materiales se almacenan por separado dependiendo del tipo de material —por ejemplo, concreto, asfalto, tierras, etcétera— en forma de pilas, a la intemperie y con la ayuda de un cargador frontal de ruedas.

Figura 10
Curva de granulometría de una mezcla de agregados
(ZTVT-StB-86/90)

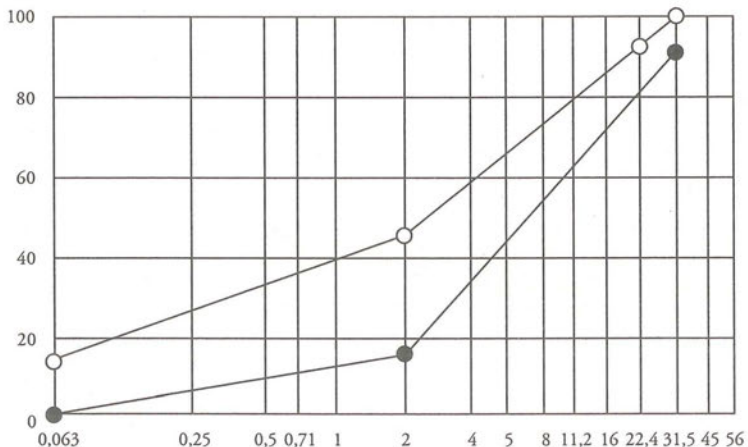
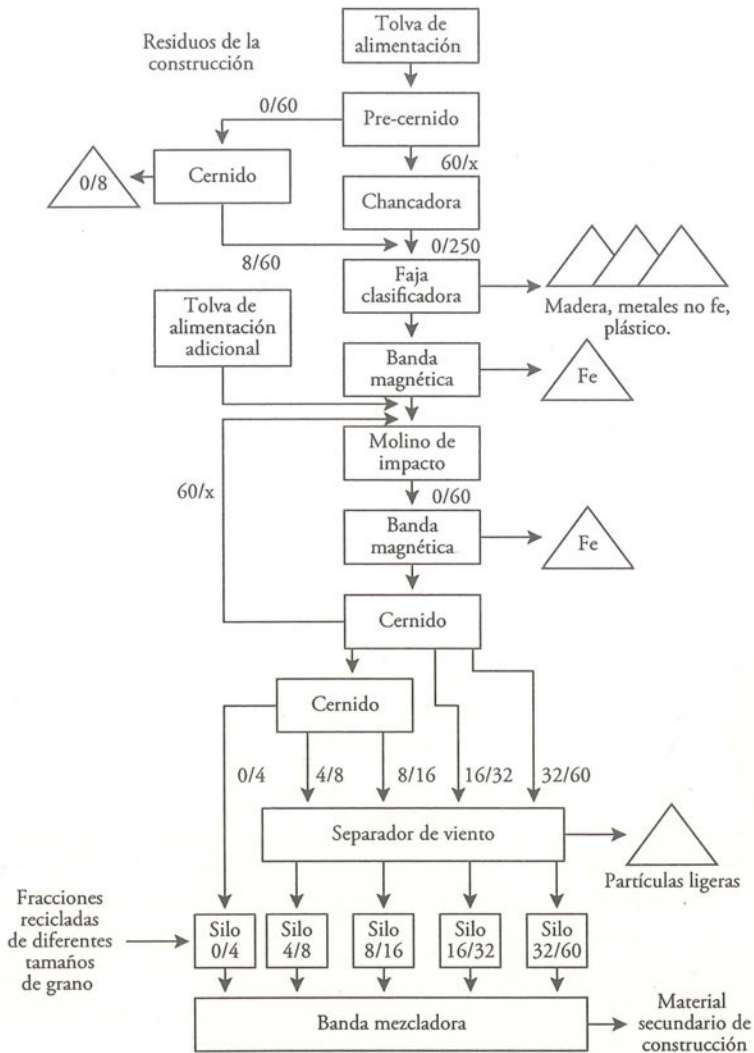


Figura 11

Diagrama de flujo de procesamiento de residuos de la construcción



Leyenda

X/Y: Fracciones con tamaño de partícula desde X mm- hasta Y mm.

- **Preclasificación:** antes de iniciarse el tratamiento del material, se hace una preclasificación y separación de los materiales no aptos, como por ejemplo, bloques demasiado grandes o impurezas grandes, mediante el cargador frontal en un lugar especialmente dimensionado para esta operación.
- **La zona de alimentación:** esta consta de un depósito de 20 m³ de capacidad útil y con una abertura de 4 x 4 m., de tal manera que el material pueda pasar directamente del camión de transporte al embudo de alimentación.
- **El transportador de paletas:** tiene una inclinación aproximada de 23° y 1.100 mm. de ancho y garantiza una alimentación constante del material para el pre tamizado. La velocidad del transportador de paletas es regulable. De este transportador cae el material, el cual se extrae mediante una faja transportadora de residuos situada debajo del mismo transportador de paletas.
- **El pretamizado:** se realiza mediante un tamiz vibratorio de alta potencia con una superficie de tamiz de 1.500 x 4.500 mm., que puede separar partículas de 45 mm. El tamiz tiene una inclinación de unos 12°. El pretamizado permite evitar la sobrecarga de la trituradora de impacto, ubicada a continuación, con productos finos o arena fina. Los costos de mantenimiento se reducen drásticamente con esta medida. Además, hay un mejoramiento de la calidad del producto final.
- **Separación de partículas indeseables:** de las partículas obtenidas por el pretamizado (0/45 mm.), se separa las partículas ferrosas mediante un separador magnético ubicado sobre la faja.
- **Tamizado intermedio:** las partículas 0/45 mm. son transportadas hacia una máquina de tamizado especial mediante una faja de 800 mm. de ancho. Con la separación se obtiene tamaños de partícula de 5 mm. Las fracciones separadas de 0/5 mm. y 5/45 mm. se transportan por medio de fajas de 650 mm. de ancho, siendo luego apiladas en montículos diferentes.

- **Trituradora de impacto:** el residuo del pretamizado (> 45 mm.) se tritura posteriormente en una trituradora de impacto, que tiene un rotor con un diámetro de 1.500 mm. y un ancho de rotor de 1.340 mm. El uso de rociadores en la trituradora de impacto minimiza la generación de polvo durante el triturado. En general, la unidad de preclasificador y la trituradora de impacto están completamente aisladas para reducir ruido y polvo.
- **Faja transportadora de selección:** el material triturado proveniente de la trituradora de impacto se lleva a la faja transportadora de selección de 1.000 mm. de ancho. Dicha faja está completamente cubierta y debe cumplir con las normas de seguridad e higiene. De ella se separa manualmente los materiales indeseables, como madera, plástico, papel, etcétera, y son colocados en un contenedor especial debajo de la faja transportadora. Con un imán ubicado sobre la faja de selección, se liberan del flujo de materiales las partículas de fierro. La faja transportadora de selección se diseña y opera según el contenido de impurezas en el material de ingreso a la planta.
- **Tamiz de control:** el material triturado y seleccionado pasa luego por un tamiz de control, con una superficie de 1.400 x 3.000 mm. Este tamiz separa las partículas grandes (>45 mm.), que serán adicionadas nuevamente a la preclasificación y posteriormente trituradas. La adición se lleva a cabo con alimentadores de correas de 650 mm. de ancho.
- **Clasificación de las mezclas por tamaño de partícula:** para la clasificación de las mezclas en diferentes tamaños de partícula, el material limpio de grandes impurezas pasa por un tamiz vibratorio con $2 \frac{1}{2}$ pasos de tamiz y una superficie de tamiz de 1.800 x 6.000 mm. De esta forma se obtiene las fracciones de partículas 0/8, 8/16, 16/32 y 32/45 mm. Un segundo tamiz, con una superficie de 1.800 x 6.000 mm., separa la fracción 0/8 mm. en las fracciones 0/5 y 5/8 mm.

- **Separación de materiales ligeros:** la separación de materiales ligeros de diferentes densidades se lleva a cabo en cuatro separadores de contracorriente de aire. Solo las fracciones 5/8 hasta 32/45 son separadas. Las fracciones separadas deben apilarse separadamente. El apilamiento se lleva a cabo por medio de una faja transportadora de 800 mm. de ancho. El aire del proceso de selección enriquecido con material ligero se dirige a una planta de eliminación de polvo.
- **Minimización de la generación de polvo:** se emplean las siguientes medidas para la minimización de la generación de polvo durante el triturado y transporte a través de las fajas:
 - Se rocía el material mediante un sistema guiado por sensores.
 - Se emplean filtros de mangas, llegando a reducir, por ejemplo, el volumen del polvo de las chimeneas por debajo de 50 mg/m³. La limpieza de los filtros se realiza de manera automática haciendo uso de aire comprimido, dependiendo de la diferencia de presión en los filtros. Los materiales separados de los filtros se almacenan temporalmente en un contenedor cerrado hasta su correcta eliminación.
 - Se encapsula las fajas que transportan las partículas 0/5 y 0/45 mm., así como la regulación de la altura, contribuyen a disminuir la emisión de polvo.
- **Carga del producto final:** la carga de los productos a los camiones que los transportarán hacia los clientes se lleva a cabo mediante un cargador frontal.
- **Control de la calidad:** para asegurar la calidad del material se debe realizar exámenes técnicos internos y externos del producto.
- **Requerimientos de personal para la operación de la planta:** la operación de una planta con capacidad de hasta 200 TM/h —de acuerdo al material de ingreso a la planta— es viable con cinco personas.
 - 2 choferes de cargador frontal

- 1 jefe de planta
- 1 clasificador manual
- 1 pesador

Elección de la ubicación de la planta

Hay que tomar en cuenta los siguientes criterios para la elección de la ubicación de la planta: tamaño del terreno necesario, diseño de las instalaciones, existencia de conexiones de transporte fuera del terreno y procedimientos de autorización.

- **Tamaño del terreno:** el tamaño de terreno necesario se rige no solo por el tipo de planta sino, también, por la capacidad de almacenamiento requerida. Como tamaño de terreno mínimo se puede determinar unos 5.000 m² para una planta móvil y unos 12.000 m² para una planta estacionaria.
 - **Diseño de las instalaciones:** debe considerarse aspectos como: el tipo de suministro de energía y agua, la tecnología de tratamiento de aguas residuales y de aguas superficiales, las condiciones del área en cuanto a suelos, geografía, entre otros. Con respecto a las condiciones del área, se requiere conocer lo siguiente:
 - ¿Existen pasivos ambientales?
 - ¿Se trata de un terreno plano sin grandes diferencias de altura?
 - ¿Es un terreno afirmado?, ¿hay vegetación y de qué tipo es la vegetación?
 - ¿Existen en el terreno conexiones, canales, zonas arqueológicas sobre las cuales no se deba construir?
 - ¿Pasan caminos públicos o privados a través del terreno?
- La información anterior es importante, pues la condición y la capacidad de carga del suelo influye en los fundamentos de la planta y en el diseño de los caminos necesarios sobre el terreno.
- **Existencia de conexiones de transporte fuera del terreno:** una condición necesaria para la ubicación del terreno es una buena

conexión con una ciudad cercana. La ubicación debe ser elegida de manera tal que, mediante viajes cortos, se pueda llegar a zonas habitadas. Los caminos cortos aumentan el atractivo de la ubicación. Sobre la base de la estimación del nivel de tránsito pesado ocasionado por las cargas de los materiales de construcción secundarios, se debe prever la existencia y accesibilidad de los caminos y cruces requeridos. Se debe evitar, además, rutas a través de centros poblados, debido a posibles contaminantes —ruido y polvo— y molestias —tráfico— que estos originarían.

- Procedimientos de autorización:
 - **Viviendas:** un punto importante es la distancia a las viviendas más cercanas, así como el uso de los terrenos adyacentes. Esto es importante, especialmente, debido al ruido y polvo que ocasiona una planta de tratamiento de materiales de construcción. El cuadro 28 presenta unas directrices sobre las distancias autorizadas para plantas de tratamiento, así como los límites máximos permisibles de los niveles de ruido.
 - **Polvo:** se requiere una autorización para la generación de polvos dentro de los límites máximos permisibles, dado que dichas plantas siempre generan un mínimo de este tipo de contaminación.
 - **Aguas protegidas:** otro aspecto importante consiste en verificar si el terreno está ubicado en una zona de protección de aguas.

Planeación de la infraestructura

- **Caminos internos:** en el diseño y construcción de caminos deben tomarse en cuenta la capacidad de carga del camino —peso total aproximado por camión: 50 TM— y el impacto ambiental. Es recomendable afirmar el camino con bitumen a fin de reducir la producción de ruido y polvo, así como de facilitar la limpieza.

Cuadro 28

Distancias autorizadas y límites máximos permisibles de los niveles de ruido para plantas de tratamiento

Zonas de ubicación de las plantas recicladoras	Máximo nivel de ruido permitido en Alemania [dB]	Distancia mínima de una trituradora de impacto a la vivienda más cercana (sin medidas acústicas especiales) [m]
a) Zonas industriales, incluyendo viviendas de propietarios y trabajadores	70	70
b) Zonas industriales sin ningún tipo de vivienda	de día 65 de noche 50	120
c) Zonas con plantas industriales y viviendas de la población	de día 60 de noche 45	200
d) Zonas en las que están ubicadas predominantemente viviendas	de día 50 de noche 35	300
e) Zonas donde están ubicadas solo viviendas	de día 50 de noche 35	500
f) Zonas donde se encuentran hospitales	de día 45 de noche 35	800
g) Plantas con viviendas adyacentes	de día 40 de noche 30	-

Según la regulación alemana, dado que las lixiviaciones de las sustancias contenidas en el afirmado de los caminos pueden ser contaminantes, se debe analizar la necesidad de un drenaje especial para el camino afirmado.

- **Afirmado de zonas de trabajo:** con excepción de los jardines, el terreno se divide en las siguientes zonas: plantas de tratamiento y periferia, zona de almacenamiento de insumos, productos y residuos, y zona de camiones y superficies de carga y descarga.

Se recomienda afirmar dichas zonas con bitumen, con lo que se estaría afirmando casi la totalidad del terreno. Este gasto es solo razonable en el caso de plantas estacionarias.

- **Preparación del terreno:** para una planta estacionaria se requiere de trabajos de mejoramiento de suelos y afirmado para soportar las cargas máximas de la planta. Se recomienda que la tierra removida durante estos trabajos se apile a los lados del terreno, a manera de barreras de protección contra el sonido y el viento. También es recomendable que se siembre sobre ellos algún tipo de plantas, formándose, así, una pared natural de tres metros. De esta forma, también se reduce el impacto visual negativo en el paisaje que ocasiona la planta en operación. Aunque el talud de tierra tiene impactos positivos sobre el ambiente, puede ocupar un área grande de terreno, como por ejemplo una superficie de unos 2.000 m².
- **Sistemas de eliminación de aguas residuales:** se considera tres tipos de efluentes —efluentes del proceso, aguas de lluvias y de servicios sanitarios y de cocina—.
 - Se debe verificar la existencia de una conexión a una red pública de alcantarillado para las aguas residuales del proceso.
 - En el caso de Alemania, se recomienda enviar las aguas de lluvia que caen sobre las áreas afirmadas con bitumín o con concreto por separado a otro canal del sistema de alcantarillado. Estas aguas pueden estar contaminadas con sustancias tóxicas.
 - De no existir canalización pública, se recomienda construir una poza de almacenamiento de concreto sin drenaje de 24-35 m³ para el agua proveniente de los sanitarios. Esta poza debe ser vaciada regularmente y el agua debe transportarse a una planta local de tratamiento de aguas residuales.
- **Manejo de sustancias peligrosas:** se debe prestar una especial atención a las zonas donde se ubican los tanques de combustibles.

Ellas deben estar preparadas según las ordenanzas para plantas con materiales peligrosos. Estas zonas deben asegurarse mediante techado y protección ante derrames —cercos en forma de tinas— o escapes.

- **Los aceites usados o productos contaminados con aceite** —de trabajos de mantenimiento y reparación— deben ser conservados en recipientes especiales y entregados a empresas autorizadas para su eliminación, según la Ley de Eliminación de Aceites Usados. La responsabilidad de una eliminación correcta recae sobre el generador de aceites usados y se controla mediante guías de control.
- **Manejo de residuos sólidos domésticos:** para el almacenamiento temporal y el transporte de los residuos generados se debe tener recipientes o contenedores con la capacidad requerida. De preferencia, se utiliza contenedores abiertos de 10 a 20 m³ de capacidad para residuos de papel, madera, plástico y metal. De acuerdo con el ciclo de vaciado se deben tener dos o tres recipientes de cada tipo a disposición, para no interferir con el funcionamiento de la planta. Es factible el alquiler de contenedores.
- **Balanza de camiones:** para pesar los materiales y productos de ingreso a la planta se requiere una balanza de camiones. No es razonable para las plantas móviles, desde el punto de vista económico, contar con esta instalación, ya que se puede calcular el peso por volumen.
- **Oficinas y laboratorio:** se puede instalar contenedores de dos pisos, amoblados, aislados, con calefacción —en zonas frías— y agua potable, diseñados según las directivas de los lugares de trabajo. Así por ejemplo, las medidas de los contenedores pueden ser:
 - Piso inferior: 2 unidades de 3 x 8 x 2,8 m.
 - Piso superior: 2 unidades de 3 x 6 x 2,8 m.

- **Taller y almacén:** estas áreas pueden tener un tamaño de 10 x 10 m. de área y 5 m. de altura. La puerta de entrada puede tener el tamaño de 4 x 5 m. Las instalaciones deben contar con alumbrado, calefacción —en zonas frías—, ventilación, etcétera.
- **Grupo electrógeno:** funciona comúnmente con un motor diesel y un generador acoplado directamente, así como un tablero de control y de distribución —potencia de acuerdo a la necesidad dentro de la instalación— instalado en un contenedor con aislamiento sonoro y protegido contra fugas.
- **Otros equipos de operación:** de acuerdo a la capacidad de la planta, es necesario contar con uno o dos cargadores frontales para la alimentación de la planta y la carga del producto en los camiones. Para producciones promedio mayores a 100 TM/h son necesarios, de acuerdo a la distancia de los diferentes puntos, dos cargadores frontales de ruedas con una pala de capacidad mínima de 3 m³. Es más conveniente utilizar una excavadora hidráulica con martillo, en caso del tratamiento de bloques de concreto de gran volumen, para la reducción del tamaño de dichos bloques. Cuando sea necesario, la excavadora puede ser equipada con un accesorio llamado tijera de concreto, con el cual se puede cortar el fierro de la armadura.

6.2 FACTORES ECONÓMICOS

Un criterio importante que determina la viabilidad del reciclaje y reutilización de materiales secundarios es la rentabilidad de la actividad. El empresario o municipalidad que desee desarrollar esta actividad naturalmente perseguirá ahorros o beneficios económicos durante las fases de obtención de los residuos, el tratamiento de los residuos y la reutilización de los materiales secundarios. En las siguientes líneas se describirá con detalle la estructura de costos para las diferentes fases

—obtención, tratamiento, reutilización o reciclaje— para que el interesado pueda realizar, a partir de esta información, un análisis propio según el caso particular de su región, desde su perspectiva y capacidad económica de inversión.

En la fase de obtención de los residuos se ahorra cuando la suma del derecho de uso de relleno para residuos de la construcción (DG) y los costos de transportes al relleno (KTD) son mayores que la suma del cargo a pagar a la planta de reciclaje (KG), los costos de la preselección (KS) y el transporte a la planta de reciclado (KT_R).

$$DG + KT_D > KG + KS + KT_R$$

En la fase de tratamiento, las ganancias para el administrador de la planta de reciclaje se dan cuando la suma de los egresos (egresos totales: E) como:

- Gastos derivados de la inversión (CI)
 - Costos de operación (TOC)
 - costos de materiales y repuestos (CM)
 - costos de energía (EC)
 - costos de reparaciones (DC)
 - costos de mantenimiento (MC)
 - costos de disposición final de residuos (CR)
 - Costos de personal (PC)
 - Otros (seguridad, control, etcétera) (OO)
- es menor que la suma de los ingresos (ingresos totales: I):
- Cargo por dejar los residuos en la planta de reciclaje (pagado por los generadores de residuos) (KG)
 - Ingreso por ventas (IV)

En la fase de reutilización, los costos adicionales en los que se incurre son importantes para la toma de decisión de los compradores. Los costos adicionales pueden referirse a costos de transporte, costos de

verificación por un tercero de la aptitud de los materiales secundarios, o costos de insumos sustitutos requeridos para el empleo de los materiales reciclados.

Un ejercicio de evaluación económica hasta la fase de tratamiento de los residuos se presenta en el subcapítulo *Evaluación económica de una planta de tratamiento estacionaria* sobre la base de los cálculos previos de costos realizados en los subcapítulos *Inversiones para una planta de tratamiento* y *Costo de operación de una planta de tratamiento*.

6.2.1 Factores económicos de la fase de tratamiento

Como ejemplo, se muestran en el subcapítulo *Inversiones para una planta de tratamiento* las inversiones requeridas para dos plantas diferentes —una móvil y otra estacionaria— y en el subcapítulo siguiente, solo los costos operativos para una planta estacionaria —la misma del subcapítulo anterior—. La información que se muestra es solo referencial y ha sido estimada por el doctor Guntram Kohler en su libro *Prácticas de Reciclaje de Materiales de Construcción* (1997) para el contexto de un país europeo (Alemania).

Inversiones para una planta de tratamiento

En los cuadros 29 y 30 se detalla las inversiones según cinco rubros generales:

- las instalaciones en general y obras de infraestructura;
- la planta de tratamiento —móvil o estacionaria—;
- equipos principales y edificaciones;
- equipos complementarios;
- otros.

Cuadro 29

Detalle de inversiones para plantas móviles y estacionarias

CARACTERÍSTICAS Área Capacidad	Planta móvil 5.000 m ² 50.000 TM/año	Planta estacionaria 16.000 m ² 200.000 TM/año
1. INSTALACIONES Y OBRAS DE INFRAESTRUCTURA		
Caminos de 100 metros de largo y 6 de ancho (afirmado bituminoso sin canalización ni afirmado de los bordes). Incluyen costos de diseño y materiales	Por lo general no es requerido	21.429
Conexión de corriente y distribución, incluyendo el transformador y distribuidor de bajo voltaje y estabilizador	Normalmente hay corriente propia	41.667
Conexión de agua	5.500	11.904
Conexión de teléfono	595	595
Tanques de combustible		
Capacidad [lt]	5.000	30.000
Costo	4.762	9.524
Eliminación de residuos		
Canalización de drenaje incluido separador	Por lo general no es requerido	89.286
Fundamentos	Por lo general no es requerido	148.810
Afirmado Base y afirmado bituminoso	Por lo general no es requerido	333.333
Cercado del terreno, unos 560 metros, incluida la puerta	Por lo general no es requerido	19.048
Plantación de los taludes	Por lo general no es requerido	2.083
Separadores de tres metros de altura y 300 metros de largo de concreto prefabricado para los productos	Por lo general no es requerido	2.083
Sub total	16.307	709.762
Suma parcial 1 (sub total+15% de otros costos)	18.753	816.226

CARACTERÍSTICAS	Planta móvil 5.000 m ² 50.000 TM/año	Planta estacionaria 16.000 m ² 200.000 TM/año
2. PLANTA DE TRATAMIENTO	654.762	2 380.952
3. EQUIPOS PRINCIPALES Y EDIFICACIONES		
Balanza de camiones y contenedor de pesada (incluido PC y programas)	83.333 no siempre es necesario	83.333
Oficinas en contenedores	14.881	56.548
Taller/ almacén de repuestos	3.571	38.691
Grupo electrógeno	80.357	208.333 (alternativa: abastecimiento por red)
Suma parcial 3	182.143	178.571 (386.905)
4. EQUIPOS COMPLEMENTARIOS		
Cargador frontal de ruedas	1 unidad 154.762	2 unidades 309.524
Excavadora hidráulica con martillo y tijera de concreto	Por lo general no es necesario	190.476
Suma parcial 4	154.762	500.000
5. OTROS		
Costo de planos y autorización	14.881 Solo necesario para operaciones periódicas o de más de seis meses	71.429
Suma parcial 5	14.881	71.429

Cuadro 30
Resumen de inversiones en plantas recicladoras

Rubro	Plantas móviles [US \$]	Planta estacionaria [US \$]
1. Instalaciones y obras de infraestructura	18.753	816.226
2. Planta de tratamiento	654.762	2 380.952
3. Equipos principales y edificaciones	182.143	178.571 (386 905)
4. Equipos complementarios	154.762	500.000
5. Otros	14.881	71.429
Inversiones totales (Inv)	1 412.206	3 947.178

Costos de operación de una planta de tratamiento

Los costos de operación esperados de la planta de tratamiento de escombros presentada a continuación son solo referenciales y dependen de los parámetros individuales, como: costos de personal, de la energía requerida, de la calidad de mantenimiento de los equipos, entre otros. Para los cálculos siguientes se asumió una planta estacionaria con una capacidad de 200.000 TM/año. Excepto en el caso de los costos de personal —con datos de un país en vías de desarrollo—, los demás rubros de costos de operación de la planta se basan en un contexto de país industrializado como Alemania. Dado que los gastos de mano de obra son muy diferentes en diversos contextos, se estima que estos pueden influir enormemente en los costos totales de operación. Se invita al lector a realizar el mismo ejercicio con costos de mano de obra de su región o país.

- **Costos de personal**

$$PC = A \cdot F \cdot B \text{ (US\$/año)}$$

donde:

PC : Costos de personal (US\$/año)

A : Número de trabajadores

F : Número de sueldos (sueldos/año)

B : Sueldo bruto (US\$/mes)

Ejemplo: en un país no industrializado

A = 5

F = 15 (en Perú)

B = US\$ 333 (en Perú)

PC = US\$ 24.975

= US\$ 0,125/TM (para 200.000 TM/año)

- **Costos de energía**

EC = ETC + CFC (US\$/año)

donde:

EC : Costo total por concepto de energía (US\$/año)

ETC : Costo de energía en la planta de tratamiento (US\$/año)

CFC : Costo de combustible para cargadores frontales (US\$/año)

- Costos de energía en la planta de tratamiento

ETC = h.Pi.Pa.Sp (US\$/año)

donde:

ETC: Costo de energía en la planta de tratamiento (US\$/año)

h : Horas de operación (h/año)

Pi : Capacidad eléctrica instalada en (kW)

Pa : Factor de carga (%)

Sp : Precio de la corriente (US\$/ kWh)

Ejemplo

h = 5.984

Pi = 750 kW

Pa = 50%

Sp = US\$ 0,1488 / kWh

ETC = US\$ 1.189 = US\$ 0,059 /TM (para 200.000 TM)

- Costos de energía en los cargadores frontales

CFC = (M. N / Lr) C. Dp (US\$/año)

donde:

CFC: Costo de combustible para cargadores frontales
(US\$/año)

M : Cantidad de producción (TM/año)

N : Número de viajes para transportar la carga

Lr : Carga promedio del cargador frontal de ruedas
(TM/ viaje)

C : Consumo de diesel del cargador (l/viaje)

Dp : Precio del diesel (DM/ l)

Ejemplo

$$CFC = (200.000 \times 2 / 2,5) \times 0,006 \times 0,98$$

$$CFC = \text{US\$ } 2.940 = \text{US\$ } 0,0147 / \text{TM}$$

- **Desgaste, mantenimiento, reparaciones:** las buenas o malas prácticas de operación y mantenimiento pueden determinar bajos o altos costos de mantenimiento.
 - **Costo de desgaste:** los mayores costos de desgaste se presentan en la fase de triturado. La elección del material que se desgasta, así como el número de vueltas del rotor triturador, influirán en este costo. Dependiendo del material de ingreso a la planta, los costos promedio de desgaste —incluido material, salarios y gastos indirectos— están entre US\$ 0,06 y US\$ 0,60 /TM.

$$DC = TC + OC \text{ (US\$/año)}$$

donde:

DC : Costos de desgaste de la instalación (US\$/año)

TC : Costo de desgaste del triturador (US\$/año)

OC : Costo de desgaste de otras partes de la planta (US\$/año)

Triturado

$$TC = M. tc \text{ (US\$/año)}$$

donde:

TC : Costo de desgaste del triturador (US\$/año)

M : Cantidad de producción (TM/año)

tc : Costo específico de desgaste del triturador (US\$/TM)

Ejemplo

TC = 200.000 TM/año. US\$ 0,5/TM

TC = US\$ 100.000 /año

Otros equipos

OC = M. oc (US\$/año)

donde:

OC : Costo de desgaste de otras partes de la planta (US\$/año)

M : Cantidad de producción (TM/año)

oc : Costos específicos del desgaste (US\$/TM)

Ejemplo

OC = 200.000 TM/año. US\$ 0,06 /año

OC = US\$ 12.000 /año

- o **Costos de mantenimiento/repares:** el monto de los costos de mantenimiento y reparaciones es dependiente de las condiciones de operación. Un valor promedio para los costos específicos es de unos US\$ 0,30 /TM.

MC = MPC + MEC (US\$/año)

donde:

MC : Costos de mantenimiento de la instalación (US\$/año)

MPC: Costos de mantenimiento de la planta (US\$/año)

MEC: Costos de mantenimiento de otros equipos de operación (US\$/año)

Planta de tratamiento

MPC= M. w (US\$/año)

donde:

MPC: Costos de mantenimiento de la planta (US\$/año)

M : Cantidad de Producción (TM/año)

mpc : Costos de mantenimientos específicos (US\$/TM)

Ejemplo

MPC= 200.000 TM/año x US\$ 0,30 /TM

MPC= US\$ 60.000 /año

Otros equipos de operación

MEC= 0,25. EK (US\$/año)

donde:

MEC: Costos de mantenimiento de otros equipos de operación (US\$/año)

EC : Costos de energía (US\$/año)

Ejemplo

MEC= 0,25 x US\$ 4.129 /año

MEC= US\$ 1032 /año

Para los cálculos de los períodos de recuperación se empleó la siguiente ecuación:

$$Inv = \sum_{n=1}^P \frac{(I-E)}{(1+i)^n}$$

donde:

Inv: Inversiones totales para una planta (US\$)

E : Egresos totales (US\$/año)

I : Ingresos totales (US\$/año)

P : Período de recuperación de la inversión (n° de años)

Dependiendo de las condiciones de mercado y de la oferta en la región donde se desea ubicar la planta, el interesado podrá evaluar las posibilidades de rentabilidad de una inversión en una planta de reciclaje.

Cuadro 31
Resumen de costos variables

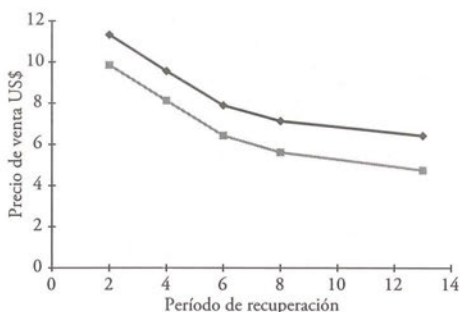
Rubro	Sub total (US \$/año)	Costo total (US \$/año)	Costo específico (US \$/TM)
1. Costos de personal		24.975	0,1249
2. Costos de energía		4.129	0,0206
a. Planta de tratamiento	1.189		0,0059
b. Cargadores frontales	2.940		0,0147
3. Costos de desgaste, mantenimiento y reparaciones		173.032	0,8652
a. Desgaste	100.000		0,5000
a.1 Del triturador	12.000		0,0600
a.2 De otros equipos			
b. Mantenimiento y reparaciones	60.000		0,3000
b.1 De la planta de tratamiento	1.032		0,0052
b.2 De otros equipos de operación			
COSTOS TOTALES DE OPERACIÓN		202.136	1,01
COSTOS FIJOS (20% de costos de operación)		40.427	
COSTOS TOTALES (de operación y fijos)		242.563	1,22

Evaluación económica de una planta de tratamiento estacionaria

De los capítulos anteriores se obtienen datos reveladores acerca de los egresos totales (E) y de las inversiones requeridas (Inv) para una planta estacionaria, con una capacidad de procesamiento de 200 mil toneladas al año. La siguiente evaluación, antes de los impuestos, se realiza de manera simplificada, sin considerar efectos de depreciación de los equipos y asumiendo una tasa interna de retorno (i) de 15% y 25%. Los períodos de recuperación de la inversión (P) varían según los precios de venta (pv) como se muestra en la figura 12.

Figura 12

Sensibilidad de los periodos de recuperación frente a los precios de venta y tasa interna de retorno para una planta estacionaria



Período de recuperación en años (P)	13	8	6	4	2
Precio de venta US\$ (pv) (i= 25%)	6,43	7,14	7,9	9,56	11,33
Precio de venta US\$ (pv) (i= 15%)	4,75	5,62	6,43	8,13	9,85

6.2.2 Factores económicos de la fase de reutilización

La reutilización de los residuos de demolición se da exclusivamente en la rama de la construcción. Desde el punto de vista del cliente potencial de este tipo de materiales, en la fase de reutilización los parámetros económicos más importantes resultan de comparar los costos de reutilización directos de la construcción con materiales reciclados con los costos directos de la construcción con materiales convencionales.

Los costos totales de una obra de construcción constan de los costos de producción y los costos generales. Los costos de producción comprenden:

- costos de personal
- costos directos de construcción por materiales y partes
- costos indirectos por materiales de construcción:
 - o costos de materiales para andamios, murallas, etcétera
 - o costos de otros insumos

- costos de maquinaria
- costos de las ejecuciones de contratistas y ejecuciones posteriores

De los rubros antes mencionados, solo los costos directos de los materiales de construcción son sensibles ante el tipo de materiales usados. Este costo se puede desglosar de la siguiente manera:

- cantidades consumidas de materiales primarios y complementarios
- precio de los materiales de construcción naturales y reciclados en fábrica
- costos de transporte
- precio de materiales complementarios puestos en obra

En ese sentido, se recomienda el análisis de costo beneficio para cada alternativa de reciclaje (véase capítulo 5) de materiales reciclados, frente a los materiales convencionales y para cada obra de construcción en el que existe la posibilidad de reutilizar materiales de construcción secundarios. No se puede inferir resultados sin contar con datos específicos acerca de los factores considerados para el total de los costos de materiales previamente mencionados.

6.3 FACTORES SUBJETIVOS: ESTRATEGIAS PARA LA COMERCIALIZACIÓN DE MATERIALES RECICLADOS

Los factores subjetivos pueden influir decisivamente en la compra o rechazo de dichos productos (subcapítulo 6.3.1). La demostración del cumplimiento de los requisitos de calidad y de aptitud técnica de los materiales reciclados, así como un mejor precio frente a los materiales de construcción convencionales, son algunas estrategias que contribuyen a mejorar la aceptación de estos productos (subcapítulo 6.3.2).

6.3.1 Factores subjetivos para una aceptación de materiales reciclados

Confianza en los productos reciclados

Existe un problema generalizado de falta de confianza en la calidad de los productos reciclados, así como de su compatibilidad con el ambiente. Además, la arraigada costumbre de las compañías constructoras de usar siempre los mismos materiales juega un papel importante que inhibe el cambio hacia los materiales de construcción reciclados. Dichas compañías suelen ser reacias al uso de nuevos materiales debido a que hasta ahora han tenido buenas experiencias con los materiales convencionales.

Estética

Este es un factor que no debe subestimarse. Una composición o coloración irregular del producto puede dar la imagen de una menor calidad, a pesar de que algunas «señas de contaminación», muchas veces, solo significan desventajas de tipo estético pero no técnico.

Disponibilidad del material

La disponibilidad del material está relacionada con la capacidad de entregar el producto pedido en las cantidades y calidades deseadas. Ambos criterios —cantidad y calidad— dependen de la estructura de los residuos. Dada la heterogeneidad de los materiales de ingreso a las plantas de tratamiento, no siempre se puede garantizar la entrega de un flujo de materiales secundarios para todo un proyecto, en especial para los más grandes.

Conciencia ambiental

Este factor se refiere a la actitud del consumidor de preferir productos reciclados, incluso pagando más por ellos, debido a su alto grado de sensibilidad ambiental y al compromiso de contribuir con la protección del ambiente. En el caso del consumidor de materiales de construcción,

este se diferencia de otros consumidores, ya que especialmente la calidad y el factor económico son criterios decisivos. En ese sentido, este tipo de consumidor debe pasar por un proceso de sensibilización intensivo para llegar a preferir, por lo menos, ante la igualdad de precios, los materiales de construcción reciclados frente a los convencionales.

6.3.2 Acciones para la superación de barreras frente al uso de materiales reciclados

Se debe desarrollar estrategias de mercadeo para superar las barreras y prejuicios de los consumidores frente a productos reciclados en los tres tipos de productos:

- productos reciclados para usos de menor calidad, como material de relleno;
- productos reciclados para usos de mayor calidad, como materiales de construcción sin aglutinantes;
- productos reciclados para los usos de mayor exigencia técnica, como materiales de construcción con aglutinantes y como materiales de construcción nuevos.

Es necesario impulsar, a través de los medios de comunicación, una campaña para desarrollar una conciencia ambiental en los consumidores de cualquiera de los tipos de productos. Una opción sería proponer que en las licitaciones del sector público —como clientes de grandes proyectos de construcción— se incluyan materiales reciclados en las opciones donde sea técnica y económicamente viable.

Producto diferenciado

Un medio efectivo para lograr un producto diferenciado es la introducción de una marca. Por ejemplo, la compañía alemana Deutag Remex introdujo al mercado un producto de composición definida con una marca registrada Remexit®.

Este material de construcción es producido por dicha compañía con material secundario de construcción apto y controlado para su uso en construcción de carreteras, cumpliendo la reglamentación técnica y ambiental alemana correspondiente, y garantizado mediante sistemas de control de recepción de materiales y de producción. Con esta estrategia de producto diferenciado, la compañía persigue ofrecer al consumidor un material de construcción de calidad con propiedades técnicas constantes bajo la marca Remexit®.

Política de comunicación

La política de comunicación en una empresa tiene como fin, junto al desarrollo de la conciencia ambiental, difundir el conocimiento del producto dentro de los grupos objetivos, así como también, mejorar la aceptación en el mercado de los materiales reciclados. Algunas estrategias directas a tomar en cuenta son:

- un sistema de relaciones públicas orientado a la promoción de estos productos
- publicidad
- incentivos en la venta
- marketing directo
- venta personal

Relaciones públicas

Se pueden desarrollar estrategias de este producto con mensajes que expresen que el uso de ellos protege los recursos naturales, evita la generación de residuos y, sobre todo, que con ellos se pueden construir obras de calidad, sin impacto negativo al ambiente y de vida útil normal.

«La aversión subjetivamente fundamentada» de los consumidores frente a los materiales de construcción reciclados puede ser superada a través de campañas públicas, días de puertas abiertas en la planta para exhibir los productos, ferias, exposiciones, simposios, conferencias y notas periodísticas.

Publicidad

Debido a los altos costos de transporte, los minerales se ofrecen normalmente en mercados locales cercanos a la planta. De ello resulta que la publicidad de materiales de construcción reciclados sería solo viable a través de anuncios en revistas y diarios locales. También se puede desarrollar prospectos conteniendo información acerca de estos materiales, los que se distribuirían, especialmente, entre los antiguos clientes y los potenciales.

Incentivos en la venta

Un argumento de venta convincente son las experiencias positivas en el uso de material reciclado que pueden ser demostrados a través de proyectos piloto. Otra medida de difusión de las bondades de los materiales de construcción reciclados es la facilitación a los consumidores de descripciones del uso de dichos materiales, así como de cursos de capacitación relacionados con el tema.

Marketing directo

Por ejemplo, a través del envío de información y folletería vía correo múltiple. Así podrá alcanzar grupos determinados.

Venta personal

Dado que existe un gran déficit de información entre las compañías constructoras sobre las posibilidades de uso de los materiales de construcción reciclados, así como sobre su manejo, la asesoría personalizada a través de especialistas o personal calificado y el servicio de postventa son componentes importantes para comenzar a introducir en el mercado un producto tan novedoso como estos.

CAPÍTULO 7

Conclusiones

Según la experiencia a través de las décadas, corroborada con algunas frías estadísticas, la construcción es una actividad que consume directa e indirectamente la mayor cantidad y variedad de recursos naturales —el 40% de arena y piedra, el 25% de la madera virgen, el 16% del agua y el 40% de la energía (Roodman 1995)— y genera impactos ambientales importantes durante las fases de explotación de recursos naturales, construcción de las obras, el uso de ellas, la demolición y en la disposición final.

- Dada la diversidad de zonas y climas en los que ocurre la explotación de recursos naturales como materiales de construcción, los tipos y magnitudes de las obras, la calidad de su mantenimiento, la forma de uso de ellas y las técnicas de desmontaje, demolición, tratamiento y disposición final, los impactos ambientales pueden ser muy diversos en gravedad, extensión y duración. Así que durante la fase de explotación de «recursos» —agua, piedras, arena, madera, metales, etcétera— la problemática de abastecimiento tiende a agudizarse a nivel mundial debido, principalmente, al incremento acelerado de la población y con ello de la demanda, estimándose una duplicación de ella para el año 2050.
- Con respecto a las fuentes potenciales de contaminación o aspectos ambientales durante las fases de construcción, estas son

principalmente las fuentes de energía, las fracciones minerales inorgánicas como residuos, las sustancias tóxicas como insumos, las emisiones a la atmósfera, el polvo, el ruido, las vibraciones y el transporte.

- Finalmente, en la fase de obras en uso, como edificaciones habitadas, también existen impactos ambientales con riesgo para la salud humana. Se ha comprobado que en el mundo un 30% de dichas edificaciones tiene aires interiores que no cumplen con las especificaciones mínimas de salud; esto se debe al inadecuado diseño y al uso de materiales de construcción y acabados con alto contenido de sustancias nocivas.

Frente a esta problemática se proponen estrategias ambientales que promuevan la inclusión en los análisis y evaluaciones de proyectos de construcción, la consideración de los principios de integración del ciclo productivo y de consumo —ciclo de vida—, la filosofía de prevención de la contaminación y mejora continua, y el reciclaje y la reutilización de residuos. Estas estrategias pueden incluirse desde la etapa de diseño de la obra.

Cuando ya no sea posible prevenir o minimizar la generación de contaminación y daños a la salud, la sociedad a través de sus administradores —la municipalidad u otras instituciones públicas—, debe poner a disposición rellenos sanitarios para la adecuada ubicación de los residuos.

Los instrumentos de gestión ambiental de impacto y efectividad para una minimización de impactos ambientales son la evaluación de este impacto, pues a partir de este se previene daños y riesgos—; la implementación de sistemas de gestión ambiental, que ha demostrado ser un traje hecho a la medida para las empresas y que finalmente conduce a una mejora continua del desempeño ambiental; la auditoría ambiental, que es un instrumento de control por terceros o autocontrol de las actividades; y, el ecoetiquetado, que requiere de la participación de un público mínimamente maduro que reconozca los beneficios de los

productos menos dañinos para el ambiente, según lo especifique la eco-etiqueta correspondiente.

La aplicación de estrategias e instrumentos ya existentes no está homogéneamente difundida en todos los países y regiones. En escenarios con una legislación ambiental extensa y completa, políticas ambientales estrictas y una sociedad con mayor conciencia ambiental, estos instrumentos son de amplia difusión y aceptación. Este es el caso de las naciones industrializadas que han logrado solucionar en gran medida los problemas básicos de su sociedad y han pasado a un siguiente nivel de prioridades, entre los que se encuentran los temas de sensibilización de la sociedad, inversión en programas de control ambiental, etcétera.

En el caso de los países en vías de desarrollo, la situación es muy heterogénea. Los temas ambientales, que innegablemente están en relación directa con la pobreza, distribución inequitativa de recursos, las desigualdades en la sociedad, etcétera, pasan a los últimos lugares en las agendas políticas de las autoridades y gobernantes. Por ello, no se cuenta con una legislación ambiental adecuada, políticas ambientales articuladas y con una sociedad mejor preparada para atender los problemas ambientales que los afectan.

Sin embargo, esta situación no es limitante para la aplicación de estrategias e instrumentos de gestión ambiental en el sector de la construcción en estos países. El comercio y los negocios se encuentran dentro de un mundo cada vez más globalizado y las dependencias y articulaciones entre los sectores productivos y las economías exigen estándares comunes de desempeño, imponiéndose de manera indiscutible el indicador «desempeño ambiental» como un argumento más en la calificación de productos o actividades en general.

Además de las iniciativas locales de un país o una región en el desarrollo de una legislación y reglamentación adecuadas, se ha gestado y están utilizando, con bastante reconocimiento mundial, normas internacionales voluntarias aplicables al sector de la construcción relacionadas al tema de gestión ambiental y de calidad, como son las normas

de la serie ISO 14000 y 9000. Un tema adicional relevante para este sector es el de «seguridad». Al respecto se resalta y recomienda el análisis de implementación de un sistema integrado denominado Certificación SCC (Security Certification Contract) que incluye, además, aspectos ambientales, de seguridad y de calidad.

Para la implementación de un sistema —ambiental, de la calidad o de seguridad— es fundamental el compromiso de la alta dirección, que es la responsable de dicho sistema. El compromiso debe resultar de una decisión madura y consciente de los directivos, quienes deben tener muy en claro el significado de un SGA para su organización, así como de las ventajas y desventajas de su implementación. En la práctica, este tipo de compromiso no se adoptan en un día, resulta de un proceso de discusiones, consultas, capacitación y sensibilización ambiental. Un tema muy importante que determinará la decisión de implementación de un SGA es la comparación de las ventajas cualitativas —mejora de imagen ante los *stakeholders*, acceso a más mercados, cumplimiento con la legislación, empleados y obreros mejor calificados y más motivados, mejora de los ambientes de trabajo y del ambiente en la vecindad de la organización, menores impactos ambientales a través del uso o consumo de sus productos, etcétera— y cuantitativas —ahorro en agua y energía, en recursos naturales, en multas por un inadecuado manejo de residuos, menores gastos por la disposición de residuos y por menores volúmenes de efluentes, pólizas menores de seguros por haber menores riesgos ambientales, etcétera— con los gastos de la implementación y el mantenimiento del sistema —costos de capacitación, de horas-hombre extra requeridos, certificación, inversión en equipos de control de la contaminación, así como en la sustitución de equipos inadecuados, sustitución de materiales e insumos tóxicos o prohibidos, inversión en la mejora de infraestructura, etcétera—. Resultados de diversos estudios a nivel internacional arrojan ventajas claras de la implementación de un sistema de gestión ambiental. Por ejemplo, en un estudio realizado con cuatrocientas empresas en Alemania, cerca del 90% manifiesta que el desempeño ambiental de su

empresa ha mejorado, los costos de implementación para el 40% de ellas no ascendía a más de US\$ 50.000, los costos de certificación, sea el caso, ascendían entre US\$ 857 y US\$ 72.000 —con un valor promedio de US\$ 8.957—, la duración de la implementación del sistema no era mayor a seis meses para el 44% de ellas, y el 81% manifiesta que la inversión sí valió la pena.

Se debe tener en cuenta que, aunque una obra en construcción no es una actividad de flujo de operaciones permanente, es posible desarrollar un SGA estándar que se puede aplicar a diferentes obras de construcción. Para la implementación de un SGA, las fases de capacitación y de comunicación son muy importantes.

- Hay dos niveles de sensibilización y capacitación: uno para la alta dirección y responsables de las obras, y el otro para los empleados y obreros involucrados en la implementación y operación del SGA. Considerando que los obreros de construcción son, de manera especial, personal de alta rotación, debe haber un continuo programa de capacitación inculcando con énfasis una cultura de orden y limpieza, que es la base de la pirámide cultural del SGA. Para la alta dirección, la capacitación debe tener en cuenta la incorporación de principios y conocimientos desde el momento de la propuesta técnica y económica para la ejecución de la obra. En el caso de los responsables del SGA, se recomienda instruirlos en los elementos y conceptos esenciales de un SGA. Se puede hacer referencia a las normas ISO 14000.
- La aplicación voluntaria de un SGA obliga a los interesados implementar dicho sistema como un trabajo eficaz de comunicación para transmitir a la sociedad y, en especial, a los consumidores las bondades de este producto.

El sistema, como producto para ser vendido, debe presentar claramente las ventajas económicas y no cuantitativas para ser aceptado y reconocido por los potenciales consumidores.

En relación con las ventajas económicas, el período de recuperación de la inversión en un sistema de gestión ambiental debe basarse en el número de obras tras la implementación del SGA por primera vez. Es importante tomar en cuenta que el número de obras obviamente depende de la magnitud, del tipo de ellas y de los alcances del sistema. Los puntos más sensibles de mejora son aquellos referidos al manejo de agua, energía y residuos reciclables —papel, metales, etcétera—.

Con respecto a los potenciales consumidores, existen dos grupos: las empresas constructoras que implementan los SGA y los beneficiarios de las mejoras ambientales —los que encargan las obras de construcción, las inmobiliarias, el Estado y los usuarios finales de las obras—. Para motivar la aceptación y el reconocimiento de un producto o servicio ambientalmente responsable, especialmente dentro del grupo de «beneficiarios» o usuarios, se debe tener en cuenta las motivaciones intrínsecas como la ética ambiental, así como las razones extrínsecas, tales como las ventajas económicas. Una motivación intrínseca se puede lograr por medio de programas de mediano y largo plazo de sensibilización ambiental de los consumidores.

Otra alternativa interesante y que se aplica en algunos países es la institucionalización en el sector público y en los gobiernos locales de la promoción de actividades ambientalmente responsables. Se puede establecer ciertos tipos de obras estándares en cuya construcción sea requerido el empleo de prácticas de gestión ambiental. De esta manera, las municipalidades, los ministerios y otros organismos públicos estarían contribuyendo en la promoción de actividades con mínimo impacto ambiental y dan el ejemplo a los demás sectores.

Es muy importante en la gestión ambiental, durante el ciclo de vida de las obras construidas, la selección de materiales de construcción. Los criterios tradicionales de costos mínimos y de calidad de los productos aún predominan en la selección de materiales. Sin embargo, de contribuir para una industria de la construcción sostenible, se proponen los siguientes criterios adicionales para seleccionar materiales de construcción:

- Uso racional de la energía y minimización de sustancias tóxicas en la producción de materiales.
- Renovabilidad, en referencia a si los recursos empleados son renovables o no, y reciclabilidad de los materiales.
- Producción descentralizada de los materiales, así como aprovechamiento de los recursos locales en la construcción —a fin de minimizar las distancias de transporte—.
- Contribución positiva al bienestar y a la salud.

Son los arquitectos e ingenieros responsables del diseño de una obra los llamados a mostrar interés, desarrollar el conocimiento técnico necesario, entender la problemática, manifestar creatividad y capacidad de convencimiento a los clientes y usuarios de las obras acerca de las ventajas que estos nuevos criterios de selección de materiales les otorgan. Es necesario emplear sistemáticamente mejores materiales de construcción acordes con los criterios de sostenibilidad o, dicho en otras palabras, para una seguridad en el presente y en el futuro. Según una evaluación técnica de los materiales de construcción de uso corriente, los más dañinos, especialmente para la salud humana, son los productos a partir del plomo y de asbesto-cemento. Otros de impacto severo, aunque de menor magnitud que el grupo anterior, son el concreto armado, los PVC y plásticos en general y el aluminio.

Para cerrar el ciclo de vida de las obras de construcción, el reciclaje y la reutilización de los residuos es muy importante. En las regiones donde ya existen prácticas de reutilización de materiales secundarios, las opciones son muy variadas y van desde la construcción de carreteras hasta la producción de concreto y ladrillos. A pesar de que el reciclaje en opciones de alta exigencia técnica —por ejemplo, la producción de concreto— es técnicamente viable, la experiencia internacional muestra que en casi un 100% de las veces se incurre en un *downcycling*. Es decir, en el reciclaje en opciones de baja exigencia técnica, como en la construcción de bases y sub-bases sin aglutinantes de carreteras o como material de relleno en obras de construcción y en rellenos sanitarios.

Es importante, para la obtención de materiales secundarios o reciclados de calidad, un adecuado tratamiento de las fracciones minerales inorgánicas como residuos de la construcción. Existen básicamente dos grupos de plantas para el tratamiento de estos: las móviles y las estacionarias. Fundamentalmente, las plantas constan de equipos de tratamiento mecánico fácilmente accesibles que utiliza la industria de explotación de piedras y arena, así como la industria minera. Sin embargo, en la fase de eliminación de contaminantes —asbestos, mezclas asfálticas, etcétera— y partículas indeseables —madera, paja, papel, etcétera— se requiere de unidades adicionales especiales de mayor sofisticación que puedan elevar los costos y complicar el manejo de una planta. Dichas unidades especiales pueden ser bandas magnéticas, hidrociclones, entre otros.

Aunque los costos de una planta móvil nueva con una capacidad de 50.000 TM/año o de una planta estacionaria nueva de 200.000 TM/año son altos y ascienden a US\$ 1,412.000 y US\$ 3,947.000, respectivamente —los costos se refieren a planta llave en mano e incluye el terreno, las instalaciones, la infraestructura, los servicios y el transporte—, la inversión puede ser recuperada desde el segundo año de inversión — $i=25\%$ y precio de US\$ 11,3; $i=15\%$ y precio de US\$ 9,9—, dependiendo de la tasa interna de retorno del proyecto y del precio de venta. Ambos parámetros, así como los costos estimados para estos cálculos —US\$ 1/TM de fracción mineral tratada—, dependen totalmente de las condiciones locales económicas y de mercado.

Se recomienda un estudio serio de mercado para analizar la viabilidad de esta inversión. Allí se podrá determinar las fuentes posibles de residuos a tratar, las distancias de transporte —que deben ser las mínimas posibles—, así como los posibles clientes internos y externos. Una vez comprobada la existencia de un mercado para los productos reciclados, y luego de haber determinado la posible ubicación de la planta, el reciclador buscará reducir los costos fijos provenientes de la inversión inicial, ya que toda nueva inversión implica un cierto riesgo. Se recomienda para ello que el reciclador trabaje en la adaptación de plantas existentes

para la explotación de piedras y arena y de equipos existentes en los centros mineros. De esta manera, se puede contar, en primera instancia, con una planta simple y económica que conste de un par de chancadoras y un sistema manual de selección de impurezas y contaminantes.

Los costos variables de tratamiento por TM de material secundario procesado son altos en comparación a los costos de tratamiento de materiales convencionales. Dada esta situación, las plantas de tratamiento normalmente cuentan con un ingreso extra generado por la tarifa a ser pagada por los responsables generadores de los residuos. Los recicladores deben estimar esta tarifa cuidadosamente, de manera que no sea ni tan alta que desaliente la entrega de residuos con una calidad y en cantidades adecuadas, ni tan baja que no contribuya a cubrir los costos.

Para mejorar la calidad de los materiales que ingresan a las plantas se recomienda la coordinación entre los proveedores de materiales y la planta recicladora. Los recicladores deberían informar a los proveedores acerca de los tipos y las cantidades mínimas de materiales que pueden ingresar a la planta. Como comprobación de la calidad del material secundario, requisito implícitamente exigido por los consumidores, se recomienda que cada lote de material reciclado esté acompañado de una prueba de calidad otorgada por algún laboratorio especializado en materiales de construcción. Este tipo de comprobación será de mayor utilidad cuanto mayor sea la exigencia técnica de las opciones de reciclaje —como agregado del concreto, como material para una capa portante, como material para una sub-base con aglutinantes, etcétera—.

El reciclador deberá tomar en cuenta que, como esta actividad industrial es bastante nueva en el medio, en un inicio hay un proceso de aprendizaje y de adaptación que representará un costo adicional. Una vez que se logre un nivel de producción eficiente, los costos de mano de obra e indirectos por errores incurridos en el proceso de aprendizaje se reducirán.

Aparte de las ventajas económicas que deben estar garantizadas para darle un atractivo a la actividad del reciclaje, se debe trabajar los factores netamente subjetivos, como la conciencia ambiental de los empresarios

y los consumidores, así como la demostrabilidad de la calidad técnica de los materiales secundarios para hacer efectivo el reciclaje. Se reconoce que este es un proceso de aprendizaje, por lo que el primer paso es la demostrabilidad de la calidad técnica de los materiales secundarios. El proceso de sensibilización de los consumidores para aceptar los materiales reciclados será paulatino.

Las pruebas técnicas deberían ser las mismas que cumplen los materiales de construcción convencionales.

Para la etapa final de mercadeo de materiales secundarios se recomienda desarrollar una estrategia de mercadeo propia, local e innovadora, resaltando las bondades del producto. Asimismo, se pueden aplicar estrategias de difusión, como el canje de materiales reciclados a los proveedores de residuos de la construcción para ser tratados cuando son de buena calidad y en cantidades mínimas. También se recomienda, como en el caso de empresas en otros países, estandarizar la calidad de los productos reciclados, de manera que estos sistemáticamente tengan un nombre y lugar propios en el mercado. Se puede asignar nombres comerciales para estos nuevos productos y hacerlos conocidos oficialmente a través de folletos y otros medios. También, se puede difundir estos productos en todos los foros posibles. Un buen canal es son las universidades, en las que se puede impartir charlas técnicas informativas al respecto. Por último, se puede desarrollar un concurso de aplicación de materiales reciclados donde se demuestre la viabilidad técnica óptima de estos materiales.

Concluyendo, los instrumentos de gestión ambiental pueden apoyar enormemente en la mejora del desempeño ambiental del sector ambiental. La decisión y los alcances de su aplicación dependen, en primer lugar, de los responsables de las obras de construcción. Los resultados son de mediano y largo plazo y se requiere de una visión a futuro para reconocer las bondades de estas herramientas. El sector de la construcción tiene una responsabilidad, un reto y gran oportunidad en la generación de bienestar ambientalmente responsable para la sociedad ahora y para las futuras generaciones.

ANEXO

Implicancias ambientales del sector de la construcción en el Perú actualizado al 2007

Sonia Valdivia y Lola Reyna-Farje Abensur*

INTRODUCCIÓN

Desarrollo sostenible

Tras las reuniones sobre Desarrollo y Medio Ambiente en Estocolmo (1972) y en Río de Janeiro (1992), se ha acuñado el término de desarrollo sostenible, que trata de hacer atender la necesidad de actuar hoy sin dejar de pensar en el futuro. Citando las palabras del ecólogo Antonio Brack Egg (1998), el desarrollo debe perseguir cinco objetivos fundamentales: la paz, la justicia, la democracia, el progreso y la sostenibilidad en el tiempo.

La paz es el marco de seguridad y tranquilidad social sin el que es imposible no pensar en inversiones, crecimiento económico, progreso de las personas y las instituciones públicas y privadas. Todo desarrollo necesita de la paz en forma adecuada y todos deben colaborar en educar para la paz.

La justicia social y económica es otro aspecto fundamental para el desarrollo sostenible. Justicia, para el cumplimiento de los deberes; y respeto de los derechos en un marco institucional adecuado igual para

* Master en Ecología y Gestión Ambiental, consultora ambiental. Correo electrónico: lolarfa@hotmail.com

todos los ciudadanos. Tanto el incumplimiento de deberes, como el atropello de los derechos ciudadanos y el rompimiento del equilibrio hombre-ambiente-recursos, genera injusticia y perturba la paz.

El progreso implica dos aspectos claves: el económico y el humano. Generalmente se atiende solo el crecimiento económico y se olvida el desarrollo de las personas. Por una parte la acumulación de riqueza, en forma de capital y de bienes, es imprescindible para el desarrollo. Pero por otra parte, el desarrollo de la persona y la identidad pluricultural también son parte de este. Si no se trabaja en esta dirección se genera la acumulación desequilibrada de la riqueza, sin distribución social de la misma.

La sostenibilidad del desarrollo depende de la oferta de recursos del ambiente. El desarrollo se basa, en principio, en el uso de recursos, la producción de bienes y la transformación de estos en riqueza. Todo desarrollo se inicia en la oferta ambiental de recursos y en la disponibilidad constante de los mismos.

Si el crecimiento económico merma el capital de recursos naturales o un sector económico genera riqueza destruyendo recursos, el desarrollo, en consecuencia, será insostenible. Por lo tanto, la sostenibilidad de desarrollo dependerá del uso eficiente de los recursos como un capital natural, evitando mermas del capital natural o la descapitalización de la base de los recursos. La merma de bosques, suelos, aguas, fauna, flora y recursos humanos llevará a la merma de la generación de riqueza en forma sostenida.

Este análisis se aplica a todos los sectores productivos, incluyendo a las actividades de la construcción, el uso y la demolición de edificios, los cuales se encuentran entre los mayores consumidores de recursos, generadores de empleo y de impactos sociales y ambientales. Variadas características y cualidades contrapuestas se relacionan al sector de la construcción. En ese sentido, el desarrollo sostenible es una necesidad estratégica para el sector de edificios y construcción.

Desarrollo sostenible en la construcción, la perspectiva mundial

Según la Iniciativa Global para Edificaciones y Construcción Sostenibles de PNUMA (SBCI 2008), este sector proporciona típicamente 5 a 10% del empleo nacional y genera normalmente 5 a 15% del PBI. Este sector provee, además, de fundamentos para el desarrollo sostenible como edificaciones, sistemas de transporte, infraestructura sanitaria, la salud pública y de un contexto para interacciones sociales y económicas a un nivel micro.

Al mismo tiempo, el ambiente construido trae consigo un gran uso de energía —con emisiones de gas de efecto invernadero—, la generación del desecho o el uso de recursos naturales. Las áreas críticas incluyen también la explotación de materiales de construcción, el uso y el reciclaje, el consumo de productos peligrosos, el uso de aguas y la descarga de efluentes, etcétera.

Esta situación no ha pasado desapercibida y el sector se encuentra cada vez más bajo la presión de autoridades y del público mismo para dirigir los asuntos ambientales y sociales. En respuesta a estas demandas se han iniciado proyectos y asociaciones en varios países para mejorar su desempeño hacia la sostenibilidad. Varios sistemas de instrumentos y calificación han sido creados para valorar y comparar el desempeño ambiental de edificios, tal como el Leadership in Energy and Environmental Design (LEED), que se desarrolló en los Estados Unidos; el BRE Environmental Assessment Method (BREEAM), en Inglaterra; o el Association pour la Haute Qualité Environnementale (HQE) en Francia.

Estas iniciativas ya han impactado positivamente en el diseño de edificios, en su construcción y mantenimiento. Sin embargo, aun hay mucha incomprensión y limitaciones, y tales iniciativas aplican frecuentemente un enfoque estrecho. Por ello el proceso hacia el desarrollo sostenible en el sector de edificación y construcción es incipiente y limitado por la pobre coordinación y cooperación entre los principales actores, como los

diseñadores, arquitectos, constructores y proveedores de contratistas, así como también el material de construcción. Estos actores no siempre tienen una comprensión clara de cómo cooperar para optimizar la función del edificio, enfocándose más bien en factores económicos a corto plazo.

Se concluye así que hay un potencial considerable para mejorar el desempeño a largo plazo de edificios, teniendo en cuenta los beneficios y los costos bajo una perspectiva de ciclo de vida y una cooperación concertada entre los principales actores.

Los cambios deben darse en las políticas gubernamentales, en los sistemas de incentivos económicos tales como el sector del financiamiento y de seguros.

Las guías y pautas voluntarias creadas por algunas de las iniciativas mencionadas anteriormente deben ser complementadas por un marco de referencia global y reconocido que una a las partes interesadas claves en el sector de la construcción y edificaciones, a fin de promover colectivamente las prácticas sostenibles. Este es el propósito de la Iniciativa Global para Edificaciones y Construcción Sostenibles de PNUMA (SBCI 2008).

A la fecha, 2008, esta iniciativa integra 31 miembros provenientes de 18 países representando a ministerios de Vivienda y Construcción, a constructoras, a productoras de materiales de construcción y a asociaciones técnicas mundialmente reconocidas.¹

Cabe resaltar que a la fecha ninguna organización peruana ha decidido integrar esta corriente de trabajo a nivel mundial. Las principales áreas de trabajo son:

Focus 1. Hacia la calificación de edificaciones y de actividades de construcción elegibles a ser apoyadas bajo los mecanismos flexibles del Protocolo de Kyoto.

Focus 2. Desarrollo y promoción de incentivos económicos considerando un enfoque de ciclo de vida en el diseño, construcción y

¹ Mayor información sobre los miembros de esta iniciativa, véase: <<http://www.unep-sbc.org/Participants/Membership/>>.

financiamiento de edificaciones, a fin de crear condiciones favorables para edificaciones optimizadas desde una perspectiva de ciclo de vida.

Desarrollo sostenible en la construcción en el Perú

La construcción civil en el Perú juega un papel central en la provisión de infraestructura física para el transporte, vivienda, saneamiento, energía e irrigación. El crecimiento del sector construcción es un indicador muy importante en la economía del país. Su crecimiento tiene un efecto multiplicador en otras muchas actividades de la producción, además de ser una gran fuente de empleo. Sin embargo, sus características naturales hacen que la construcción civil sea una de las actividades con mayores impactos al ambiente (véase capítulos anteriores).

El conocimiento y previsiones sobre el mercado del cemento son importantes para el sector de la construcción y para la economía en general, dado que constituye un indicador importante de actividad. El consumo del cemento en el mundo está relacionado con el crecimiento de los países.

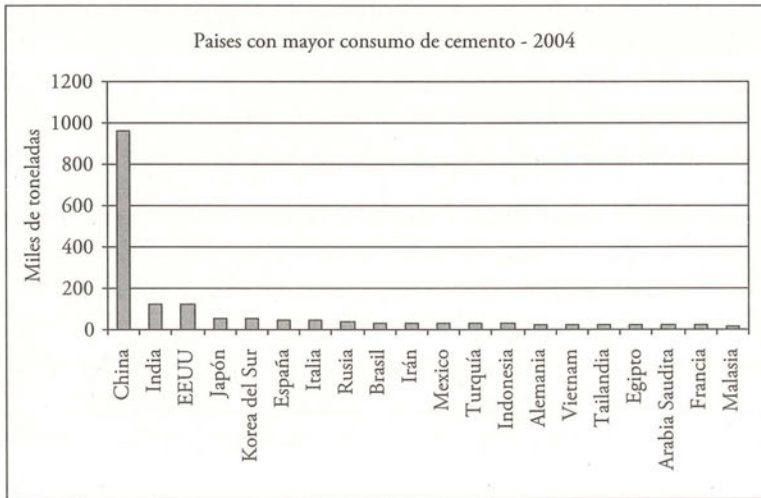
Cuadro N° 1

Países con mayor consumo de cemento en el mundo (miles de toneladas)

Países	2004	Países	2004
China	963	México	31,3
India	125,4	Turquía	29,3
EE.UU.	120,9	Indonesia	28,4
Japón	56	Alemania	26,7
Corea del Sur	54,9	Vietnam	26
España	47,2	Tailandia	25,6
Italia	45	Egipto	24,5
Rusia	41,5	Arabia Saudí	24
Brasil	33,7	Francia	21,8
Irán	33	Malasia	16,6

Fuente: ASOCCEM (2008)

Figura N° 1



Fuente: ASOCEM (2008)

El crecimiento en América Latina avanza con lentitud comparado al resto de países del mundo. La razón sería la baja inversión del Estado, aunada a la poca eficiencia de ejecución. China, por ejemplo, invierte un equivalente al 9% de su PBI en infraestructura. El promedio regional no supera el 1,5%, una proporción que no ha subido desde hace más de veinte años, informó la revista América Economía en su primera edición del año 2008, donde presentó su Ranking de Competitividad en Infraestructura. Dicho estudio está compuesto de un ranking general y cuatro subrankings que representan las grandes áreas de la columna vertebral regional:

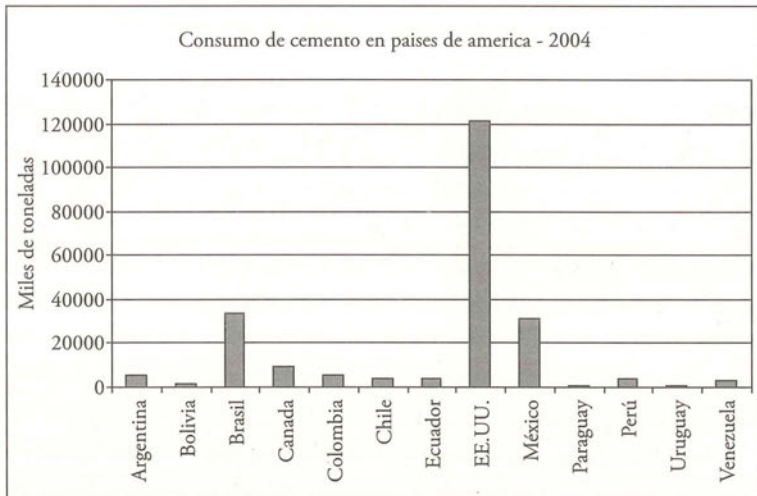
- caminos y puertos
- energía
- telecomunicaciones

Cuadro N° 2
Consumo de cemento en países de América 2004 (miles de toneladas)

Argentina	5.850
Bolivia	1.330
Brasil	33.700
Canadá	9.360
Colombia	5.820
Chile	3.970
Ecuador	4.150
EE.UU.	121.200
México	31.300
Paraguay	650
Perú	4.032
Uruguay	720
Venezuela	3.130

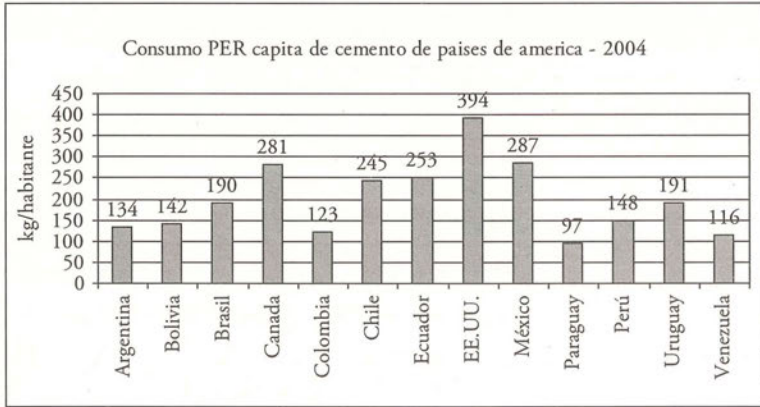
Fuente: ASOCEM (2008)

Figura N° 2



Fuente: ASOCEM (2008)

Figura N° 3



Fuente: ASOCEM (2008)

Retomando el contexto peruano, en la sierra la mayoría de casas y pequeños edificios se construyen utilizando bloques de adobe, material muy apropiado para la región debido a su alto valor térmico. En la costa, un material común de construcción es la quincha, que también proviene de la antigüedad. Con respecto a la disponibilidad y resistencia, las ventajas y desventajas son similares a las del adobe. En la selva tropical, que representa cerca del 50% del área total del Perú, la gente utiliza métodos de construcción completamente diferentes, tales como construcciones en madera, techos de palma, etcétera.

El Perú sufre un rápido proceso de urbanización, más del 70% de peruanos vive en ciudades, por procesos migratorios, principalmente desde la región de los Andes hacia las áreas urbanas de la zona costera. Muchas de estas ciudades costeras se han expandido muy rápido ocupando parte importante de las reservas agrícolas y los desiertos de los alrededores. El grueso de los emigrantes vino a la capital, Lima, donde cerca del 30% de la población del Perú reside. Esta expansión ciertamente trajo consigo un inmenso esfuerzo de construcción, tanto por parte del sector formal como del informal. El sector formal conforma, en

buena parte, un pequeño número de grandes compañías constructoras que edifican, a pedido de bancos, promotoras inmobiliarias para satisfacer la demanda de vivienda. En los asentamientos humanos —barriadas o pueblos jóvenes— que rodean las grandes ciudades, la construcción es atendida en forma casi exclusiva a través el sector informal, olvidándose de las regulaciones de construcción.

Ambos sectores de construcción —formal e informal— requieren de conducción y planificación. Si bien existen leyes ambientales, en la práctica estas no están articuladas con las leyes de construcción, no reflejan la diversidad de climas, materiales de construcción y aspectos culturales en el país. Por ello, hay una urgente necesidad de desarrollar una política de construcción sostenible, integrada con políticas ambientales, sociales y hábitat. Un aspecto importante es la falta de capacidad profesional e institucional. Las instituciones existentes son débiles debido, en parte, a la política extremadamente centralizada del gobierno. Es por eso que se necesitará prestar mucha atención a la capacidad de construcción en el campo de la construcción sostenible, así como también a la necesidad de mejorar de las políticas de desarrollo urbano.

No se pueden olvidar los costos ambientales que suponen tanto la extracción de los recursos minerales —canteras, minas, etcétera—, como la deposición de los residuos originados, que abarcan desde las emisiones tóxicas al envenenamiento de las aguas subterráneas por parte de los vertedores, la construcción y la demolición de casonas. El reciclaje y la reutilización de los residuos de demolición y de los residuos originados en la construcción es una solución que acabará parcialmente con el importante impacto ambiental que tiene su origen en el vertido y la incineración.

La extracción forestal selectiva, que pone en amenaza algunas especies forestales como la caoba; la deforestación de grandes áreas para el uso de las canteras de arena y arcilla, con la consecuente destrucción de hábitat, pérdida de biodiversidad y erosión de las mismas, así como cauces de ríos disturbados por la extracción de piedras; y, la ocupación

de áreas por la misma actividad humana, ha generado grandes volúmenes de residuos que contaminan las aguas subterráneas, la atmósfera con material particulado, ruidos y olores, entre otros. En esa actividad también se tiene el manejo de residuos peligrosos como pinturas, disolventes, removedores, lacas, barniz, etcétera.

Como hemos mencionado, el incremento de la actividad de la construcción de los últimos años y la demolición de edificaciones e infraestructura ya existentes, han traído como consecuencia un significativo aumento de la generación de residuos. Basados en una propia estimación, se calcula que al año se generan 1,019.653 de toneladas de residuos de la construcción (538.960 en Lima Metropolitana y 480.693 en el resto del país). Dichos residuos son dispuestos en el mejor de los casos en centros de acopio para su uso como material de relleno y mejora de los fundamentos en las construcciones. Otras veces son dispuestos en los bordes de carreteras o sitios abandonados públicos o privados.

Ante esta problemática, se hace necesario una política de desarrollo sostenible que armonice los intereses económicos de las empresas del sector construcción con los intereses de la sociedad. A continuación se trata de caracterizar el sector construcción desde el punto de vista económico y social, incluyendo los aspectos de la disposición de residuos y movimiento de materiales de construcción, enmarcándolo en el contexto institucional y legal. Luego se presentarán algunas iniciativas de empresas proactivas. El presente capítulo culmina con recomendaciones y conclusiones.

CARACTERIZACIÓN ECONÓMICA

De todos los sectores de la economía, el sector construcción posee uno de los efectos multiplicadores más fuertes sobre el resto de las actividades, pues está ligado a diferentes sub sectores de la actividad manufacturera, como el cemento, hierro, acero, derivados del cobre y del zinc, minerales no metálicos y metalmecánica, entre otros. Además, es

en promedio uno de los mayores demandantes de mano de obra en el mercado laboral.

El sector construcción es un sector líder de la economía peruana. Se calcula que su PBI constituye el 5,8% del PBI nacional² y se estima su efecto multiplicador sobre el producto en 2,244%, lo cual significa que por cada dólar invertido en dicho sector el impacto final sobre el PBI nacional será de 2.244 dólares (MINTRA bol. N° 6 2006), fruto de la expansión del sector y los enlaces de todas las industrias partícipes en el proceso productivo. Durante varios años fue el motor del crecimiento económico, lo cual fue posible debido al alto porcentaje del gasto público destinado a la rehabilitación de puentes, carreteras, colegios, postas médicas, viviendas, entre otros, tanto de la inversión pública como de la privada.

Cuadro N° 3
PBI del sector construcción

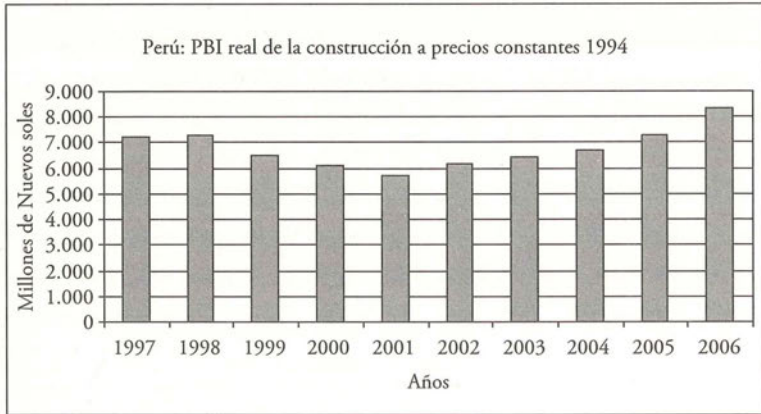
Millones de nuevos soles ¹	Años
7,24.5037	1997
7,288.627	1998
6,520.708	1999
6,099.041	2000
5,699.804	2001
6,148.338	2002
6,412.524	2003
6,712.074	2004
7,275.666	2005
8,347.759	2006

Fuente: INEI (2007-1)

² La expansión trae consigo el empleo en todos los sectores económicos involucrados, influyendo directa e indirectamente en el comportamiento económico nacional.

³ A precios constantes de 1994=100. Tipo de cambio promedio: USD\$ 1 igual a S./ 2,3.

Figura N° 4



Fuente: INEI (2007-1)

El sector construcción se puede clasificar en tres grupos: el inmobiliario, el de construcción pública y el de construcción de proyectos privados. En el sector construcción, según la Encuesta de Hogares Especializada en Niveles de Empleo del 2005, el 68,1% de la PEA ocupada se ha concentrado en el sector privado, dentro del cual, la microempresa absorbe al 59% de los trabajadores. Los independientes constituyen el 31,9%. La estructura de mercado ha cambiado respecto al panorama ofrecido en el año 2004, donde el sector privado concentraba el 50,9% de la población empleada, cifra muy cercana a la población que trabajaba como independiente.

En el año 2001, el sector construcción registró una fuerte disminución del orden de 6,5 puntos porcentuales, fruto de una menor inversión tanto del sector privado como del sector público. Los diversos efectos sumados a la inestabilidad política que vivía el país, obligaron al sector privado a reducir su inversión, mientras el sector público disminuyó la suya.

El crecimiento del sector construcción registró una gran recuperación el año 2002, debido a la inversión pública en el mantenimiento

y mejora de carreteras; a la construcción de caminos rurales, sobre todo en la sierra central y sur del país; al impulso de la inversión privada, por el inicio de obras de gran envergadura de hidrocarburos y minería como Camisea, Yanacocha, entre otros.

En el año 2003 y 2004, el desempeño de la economía mantuvo la senda de crecimiento de años precedentes, obteniendo 4,3 y 4,7 puntos porcentuales respectivamente, debido a la dinamización del mercado hipotecario impulsado por el Fondo Mi Vivienda,⁴ que implementó los programas Techo Propio y Crédito Mi Vivienda, con gran éxito en Lima Metropolitana y en todo el país, gracias al avance de proyectos sobre concesiones en infraestructura. En el año 2004 el crecimiento del sector construcción estuvo determinado por el mayor consumo interno de cemento (5,51%), explicado por la ejecución de obras privadas como centrales eléctricas, construcción de presas de ríos en zonas aledañas a centros mineros, construcción de centros penitenciarios, conjuntos habitacionales, centros comerciales e hipermercados. Como en años anteriores, el Programa Mi Vivienda siguió impulsando el crecimiento del sector.

En los años 2005 y 2006, la expansión del sector construcción se debió a los siguientes factores: el contexto macroeconómico actual con una balanza comercial superavitaria, el incremento de las exportaciones y la expansión de la demanda interna liderada por la inversión privada.

Como se observa en el cuadro N° 1, es a partir de estos años que la producción y consumo interno de cemento muestran un crecimiento sostenido, indicadores claves de la recuperación del sector construcción. El consumo de cemento registró un incremento de 10% frente al año anterior.

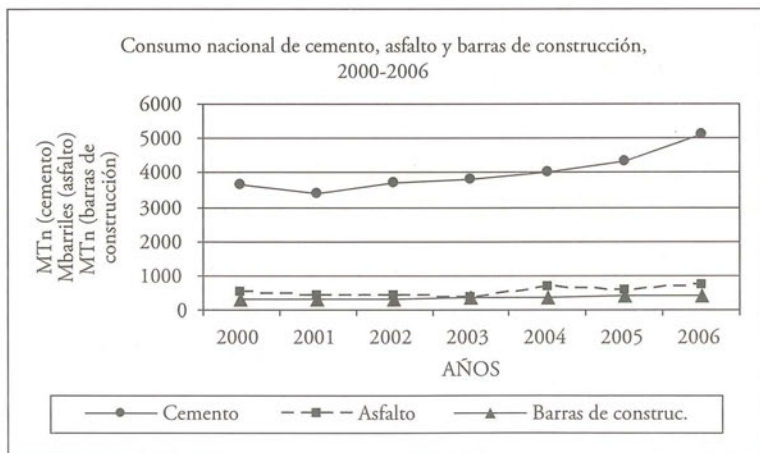
⁴ Programa creado por el gobierno con fondos del Estado para satisfacer las demandas de vivienda en el país de las clases más necesitadas. Funciona como banca de segundo piso. En una interacción entre la banca privada, los constructores y los beneficiarios.

Cuadro N° 4
Principales indicadores del sector construcción, años 2000-2006

Indicador	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
PBI	5,00	4,7	4,80	4,80	4,80	4,90	nd
Construcción (Participación global %)							
Cemento (miles de toneladas)							
Producción	3684,11	3589,36	4120,20	4202,49	4604,20	5107,26	5288,12
Importación	56,61	35,22	33,66	41,40	36,24	38,72	44,33
Exportación	40,91	223,97	339,64	343,80	570,83	675,09	633,24
Despacho	3640,31	3601,91	4005,16	4123,35	4566,18	5068,95	5714,31
Venta total	3620,91	3582,17	4077,87	4154,37	4541,98	5025,22	5168,03
Consumo interno	3659,01	3413,16	3699,18	3820,95	4031,59	4433,81	5125,39
Asfalto (Mbarriles)							
Venta interna	590,20	628,90	709,30	489,80	890,30	594,50	728,60
Barras de construcción (Tonelada métrica)							
Venta interna	327,20	321,13	334,35	367,41	386,07	406,04	429,76

Fuentes: INEI (2007-2), (CAPECO 2007)

Figura N° 5



Fuentes: INEI (2007-2), (CAPECO 2007)

Cuadro N° 5
Obras públicas licitadas según tipo de obra, 2001-2004
 (A precios constantes de 1994, miles de nuevos soles)

Tipo de obra	Años			
	2001	2002	2003	2004
Obras portuarias	629.98	486.,80	613.55	688.46
Obras viales	55,488.05	4,287.84	54,041.26	60,639.70
Agua y desagüe	63.00	48.68	61.36	68.85
Obras sanitarias	1,402.59	1,083.81	1,366.02	1,532.81
Obras eléctricas	416, 500.00	321, 838.80	405, 640.28	455, 168.98
Irrigaciones	418, 880.00	323, 677.88	407, 958.22	457, 769.94

Fuente: INEI (2006)

Cuadro N° 6
Área construida estimada de obras privadas según tipo de obra, 2000-2004
 (A precios constantes de 1994, miles de metros cuadrados)

Tipo de la obra	2000	2001	2002	2003	2004
Total	981,9	722,8	842,8	1 642,6	1 665,4
Edificaciones comerciales	307,2	190,6	222,3	692,7	240,4
Centros deportivos	0,9	0,8	1,0	1,5	22,6
Locales escolares	24,9	21,2	24,8	16,0	7,1
Médicos asistenciales	9,4	8,8	10,3	3,0	32,5
Hoteles	41,4	38,9	45,4	17,1	2,4
Edificaciones religiosos (iglesias, convento, capilla)	12,9	12,1	14,1	2,6	22,9
Locales industriales	20,0	18,8	22,0	17,0	34,0
Mercados	0,8	0,8	0,9	4,8	18,1
Edificaciones culturales	3,0	2,9	3,3	1,0	0,0
Universidades	17,7	16,6	19,4	45,9	41,0
Viviendas unifamiliares	141,2	132,7	154,8	115,4	149,3
Viviendas multifamiliares	402,5	278,4	324,6	726,7	1 095,2

Fuente: INEI (2006)

Cuadro N° 7
Obras privadas construidas, según tipo de obra, 2000-2004
 (A precios constantes de 1994, miles de nuevos soles)

Tipo de la obra	2000	2001	2002	2003	2004
Total	576.608,3	522.011,8	608.686,4	623.216,4	885.861,0
Edificaciones Comerciales	160.526,8	130.895,2	152.629,0	68.808,0	100.717,0
Centros deportivos	450,7	423,6	494,0	911,3	12.417,6
Locales escolares	11.252,8	10.577,6	12.333,9	30.966,0	2.990,3
Médicos asistenciales	3.670,1	3.449,9	4.022,7	2.393,6	17.652,8
Hoteles	56.151,9	52.782,8	61.546,8	10.351,0	3.722,8
Religiosos (iglesias, convento, capilla)	5.399,9	5.075,9	5.918,7	1.154,7	13.709,8
Locales industriales	8.219,7	7.726,5	9.009,4	6.788,1	14.694,7
Mercados	287,4	270,1	315,0	1.764,2	7.634,5
Culturales	1.121,2	1.053,9	1.228,9	1.230,9	0,0
Universidades	7.771,0	7.304,7	8.517,6	27.176,4	20.190,1
Viviendas Unifamiliares	62.202,7	58.470,5	68.179,0	59.316,2	78.076,1
Viviendas multifamiliares	198.731,7	186.807,8	217.825,3	329.939,4	464.289,4
Viviendas varios (reparación y ampliación)	13.305,7	12.507,4	14.584,1	31.698,6	35.094,8
Cercos	1.297,6	1.219,7	1.422,2	721,0	1.135,0
Obras varias	29.493,6	27.724,0	32.327,3	16.323,4	20.222,0

Fuente: INEI (2006)

PROBLEMÁTICA SOCIAL EN EL SECTOR CONSTRUCCIÓN

La tasa de crecimiento poblacional se ha ubicado alrededor de 1,4% (INEI Compendio Estadístico 2005), lo que implica un incremento de más de 400 mil habitantes cada año. Si consideramos que las familias peruanas actualmente están integradas por cinco o seis personas, ello

significaría que el país debería tener la capacidad de albergar 80 mil familias nuevas por año. Adicionalmente, el Perú ha sufrido en las últimas décadas un proceso de migración extendido que ha originado un abandono de centros poblados especialmente en regiones andinas.

Una solución al problema de la vivienda pasa por políticas de desarrollo descentralizado, promoviendo menor crecimiento poblacional en ciudades, rediseño de núcleos poblacionales, favoreciendo el crecimiento vertical y el rediseño de la arquitectura, concibiendo nuevos materiales y nuevas estructuras según la zona, clima y cultura. Se requiere dejar muy en claro que desde el punto de vista ambiental, no se debe considerar la construcción infinita al ritmo del crecimiento de la población como la solución a los problemas de vivienda. Se debe expresar otras alternativas o medidas complementarias que articulen con un desarrollo sostenible. Sean las medidas de nuevas construcciones, remodelación, ampliación de actuales viviendas o de rediseño las requeridas para atender las necesidades de la población. Estas actividades son, desde el punto de vista de generación de empleo, el sub sector macroeconómicamente más importante, tanto viviendas como comercial, donde incide en forma relevante todos los factores internos de reactivación de demanda, crédito, promoción, entre otros.

Actualmente, el sector construcción se encuentra en un momento especial. Su crecimiento anual es de 10%, sin embargo, esto resulta insuficiente para las necesidades del país. Se están construyendo aproximadamente 40 mil casas por año, cuando el Perú requiere 100 mil en el mismo lapso. De igual modo, en lo que se refiere a infraestructura, gracias a proyectos como la carretera Interoceánica Perú - Brasil, el eje Multimodal del Norte (Paita-Yurimaguas) y la concesión de la Redes Viales Ancón-Pativilca y Pucusana-Ica, entre otras vías de rehabilitación y mejoramiento de diversas redes, la inversión pública está creciendo, y alcanzaría a menos del 2% del PBI. El ritmo que llevamos es insuficiente para cubrir las demandas sociales en los sectores más sensibles como vivienda, agua potable, desagüe y redes viales.

Cuadro N° 8

Materiales usados en el Perú en hogares de viviendas en las paredes exteriores y área de residencia, 2001-2005

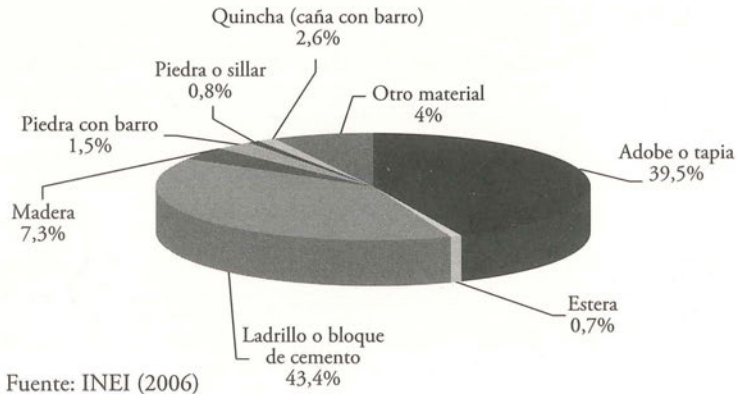
(Porcentaje respecto del total de hogares particulares)

Área de residencia Material predominante en paredes	Año				
	2001	2002	2003	2004	2005
Total	100	100	100	100	100
Adobe o tapia	41,2	38,5	39,4	40,6	39,5
Estera	1,2	1,5	0,9	1	0,7
Ladrillo o bloque de cemento	41,5	43	43,3	42,8	43,4
Madera	8,3	8	7,5	7	7,3
Piedra con barro	1,2	2	1,5	1,3	1,5
Piedra o sillar	1,1	1,2	0,7	0,8	0,8
Quincha (caña con barro)	2,9	3,2	3,1	2,5	2,6
Otro material	2,6	2,6	3,6	4	4,2
Urbana	100	100	100	100	100
Adobe o tapia	23,7	21,2	21,5	22,3	22,1
Estera	1,4	1,7	1	1,2	0,8
Ladrillo o bloque de cemento	61,7	63,8	64,6	64	64,7
Madera	8	7,2	7,3	6,1	6,4
Piedra con barro	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2
Piedra o sillar	1,3	1,6	0,8	1	1
Quincha (caña con barro)	2,1	2,4	2,6	2	2,2
Otro material	1,6	1,8	2	3,2	2,6
Rural	100	100	100	100	100
Adobe o tapia	73,2	70,6	72	73,3	70,9
Estera	0,7	1,1	0,5	0,5	0,5
Ladrillo o bloque de cemento	4,5	4,7	4,6	5	4,9
Madera	8,8	9,4	8	8,5	9
Piedra con barro	3,2	5	3,8	3,4	3,8
Piedra o sillar	0,7	0,6	0,6	0,4	0,4
Quincha (caña con barro)	4,2	4,9	4	3,4	3,4
Otro material	4,7	3,7	6,5	5,5	7,1

Fuente: INEI (2006)

Figura N° 6

Porcentaje de material predominante en las paredes exteriores de viviendas particulares - 2005



Cuadro N° 9

Materiales usados en el Perú en hogares de viviendas en los pisos y área de residencia, 2001-2005

(Porcentaje respecto del total de hogares particulares)

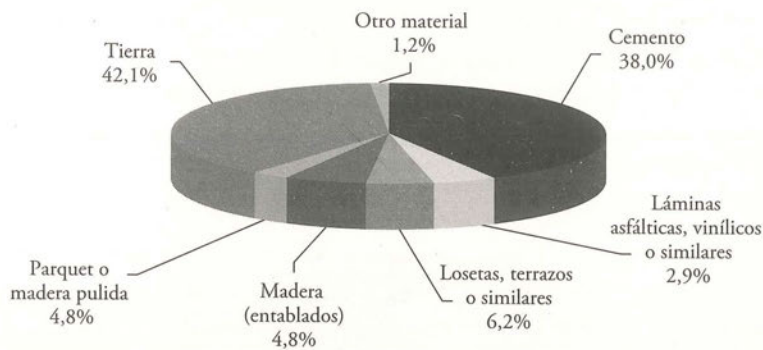
Material predominante en pisos /área de residencia	2001	2002	2003	2004	2005
Total	100	100	100	100	100
Cemento	37,2	36,7	37,2	38,7	38
Láminas asfálticas, vinílicos o similares	1,7	1,7	2,6	2	2,9
Losetas, terrazos o similares	5,1	5,7	5,4	5,7	6,2
Madera (entablados)	4,7	4,6	4,4	5,1	4,8
Parquet o madera pulida	4,5	4,8	5,3	5,3	4,8
Tierra	45,5	45,4	44	42,3	42,1
Otro material	1,3	1,1	1,1	0,9	1,2
Urbana	100	100	100	100	100
Cemento	51,4	50,7	52	53,7	52,8
Láminas asfálticas, vinílicos o similares	2,6	2,5	3,9	3,1	4,4

Material predominante en pisos /área de residencia	2001	2002	2003	2004	2005
Losetas, terrazos o similares	7,9	8,7	8,3	8,7	9,5
Madera (entablados)	4,3	4,2	4,4	4,8	4,4
Parquet o madera pulida	6,9	7,5	8,2	8,3	7,5
Tierra	26,2	26,1	22,8	21,3	21,1
Otro material	0,7	0,3	0,4	0,1	0,3
Rural	100	100	100	100	100
Cemento	11,4	11	10,4	12	11,4
Láminas asfálticas, vinílicos o similares	0	0,1	0,1	0	0,2
Losetas, terrazos o similares	0,1	0,2	0	0,4	0,3
Madera (entablados)	5,4	5,2	4,4	5,7	5,5
Otro material	2,2	2,4	2,5	2,2	2,5
Parquet o madera pulida	0,1	0	0,1	0	0,1
Tierra	80,8	81,1	82,5	79,7	80

Fuente: INEI (2006)

Figura N° 7

Porcentaje de material predominante en los pisos
de viviendas particulares - 2005



Fuente: INEI (2006)

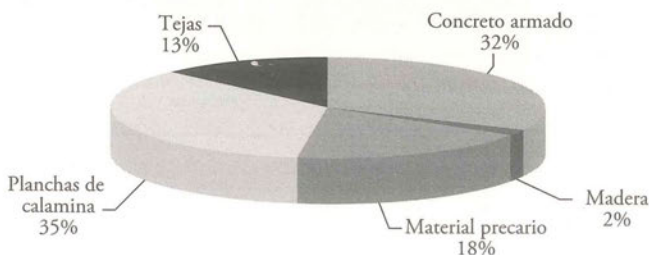
Cuadro N° 10
Material predominante usados en el Perú en el techo de la vivienda particular, según área de residencia, 2001-2005

	2001	2002	2003	2004	2005
Total	100	100	100	100	100
Concreto armado	29,3	31,5	31,6	31,7	31,9
Madera	2,4	1,7	1,6	1,9	2,1
Material precario	19,6	19,6	18,6	17,8	18,1
Planchas de calamina	34	34,1	34,8	35,4	35,3
Tejas	14,7	13,1	13,4	13,2	12,6
Urbana	100	100	100	100	100
Concreto armado	44,5	31,5	48,2	48,5	48,6
Madera	3,5	1,7	2,2	2,8	3,1
Material precario	15,6	19,6	13,2	12,7	12,7
Planchas de calamina	29,4	34,1	29,7	29,8	29,5
Tejas	7	13,1	6,7	6,2	6,1
Rural	100	100	100	100	100
Concreto armado	1,7	1,8	1,6	1,8	1,9
Madera	0,4	0,2	0,6	0,4	0,3
Material precario	26,6	28,7	28,3	26,7	27,9
Planchas de calamina	42,4	43,4	43,9	45,5	45,7
Tejas	28,9	25,9	25,6	25,6	24,2

Fuente: INEI (2006)

Figura N° 8

Material predominante en el techo de la vivienda particular, según área de residencia- 2005



Fuente: INEI (2006)

Tendencias de la construcción

El Perú es un país diverso, con una gran variedad de climas y una gran diversidad biológica, social y cultural. Cerca del 10% de su superficie es desértica a lo largo de sus tres mil kilómetros de costa. Un 40% del territorio está ubicado en la cordillera de los Andes, mientras que la otra mitad del país está conformada por una vasta selva tropical. La mayor parte de su población —26,5 millones— está concentrada en la capital, Lima (30%), y a lo largo de la costa norte. Cerca del 72% del total de la población vive en zonas urbanas. Como se muestra en los cuadros 6, 7 y 8, la tendencia en la construcción es hacia el uso de ladrillo y concreto en todo el territorio. En el año 2005 se construyeron paredes de ladrillos en el 4,9 % de las viviendas de la zona rural, y en el 64,7% en el área urbana. Este avance se da sin tomar en cuenta el impacto ambiental, las condiciones climáticas, la topografía, el uso sostenible de recursos, el costo del transporte, entre otros.

Esta tendencia está en franco crecimiento en todo el Perú por diversos motivos: en la selva, debido a la pérdida de identidad cultural del poblador por la creciente escasez de recursos locales y por un inadecuado manejo de las especies maderables y no maderables. De igual modo sucede en la sierra y en la costa, el adobe, la quincha, sillar y piedra son materiales que están perdiendo vigencia. Estos materiales bien pueden ser reciclados o restaurados en casos de deterioro por el tiempo o fenómenos naturales, como El Niño, o la actividad sísmica. Sus ventajas son múltiples, están al alcance de todos, tienen la tecnología tradicional, son versátiles, adecuados para cada clima y lugar (Julio Kuroiwa 2002).

SENCICO, en el marco de sus funciones orientadas a desarrollar y difundir el uso de técnicas alternativas de construcción de bajo costo que garanticen la calidad y seguridad de las edificaciones, construyó en el año 2006 tres viviendas modelo de adobe mejorado en las localidades de Lunahuaná y Pacarán (Cañete), como parte de un programa de capacitación para la construcción con dicha tecnología.

El adobe mejorado, aplicable en ciertas condiciones, aún en zonas sísmicas, fue propuesto como resultado de treinta años de investigación en el país, e incluye criterios fundamentales no solo para la construcción y acabado de las edificaciones, sino también criterios para el diseño arquitectónico de las mismas. La norma técnica de edificación E080 ADOBE, del Reglamento Nacional de Edificaciones, elaborada por gestión y coordinación de SENCICO, resume los conceptos básicos de diseño y construcción aplicables a la técnica del adobe.

El último sismo — de agosto de 2007— alcanzó los VII grados de intensidad en la escala de Mercalli Modificada en Cañete y localidades anexas, registrándose daños significativos en las edificaciones de adobe, 90% de las cuales han sido declaradas inhabitables o han colapsado. Las viviendas construidas por SENCICO han demostrado las condiciones sismorresistentes de la tecnología de adobe mejorado: las viviendas de un piso no sufrieron daños; las viviendas de dos pisos no presentaron ningún tipo de falla estructural, solo un leve desprendimiento del empaste de barro de algunos paneles de quincha del segundo nivel. Además, cabe resaltar que la gran mayoría de viviendas fueron construidas sin ningún lineamiento técnico.

Las nuevas tecnologías de construcción con adobe también han sido desarrolladas y probadas en los laboratorios de la Pontificia Universidad Católica del Perú y de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI). Cabe señalar que en el Perú ha predominando la autoconstrucción, sea de adobe, concreto o madera.

El ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, conjuntamente con la cooperación internacional, ratificaron el convenio —firmado en el año 2006— para el financiamiento de viviendas de adobe antisísmicas en la zona afectada por el sismo de agosto del 2008. Asimismo, la Agencia de Cooperación del Japón (JICA), la Cooperación Técnica Alemana (GTZ) y la Agencia para el Desarrollo y la Cooperación Suiza (COSUDE) unieron esfuerzos para apoyar al Perú en esta emergencia.

ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES

Residuos peligrosos de la construcción

Es fácil deducir que la construcción genera gran cantidad de residuos e impactos ambientales. Con los programas de fomento de construcción de vivienda e infraestructura que se han desarrollado en los últimos tres años, se ha incrementado enormemente el volumen de residuos de construcción. Actualmente se estima que la generación de residuos de la construcción es de 1,019.653 toneladas al año, (538.960 Lima Metropolitana y 480.693 resto del país).

Los residuos de construcción se clasifican normalmente en desmonte, residuos de demolición, restos de materiales de construcción, residuos bituminosos de carreteras y otros residuos, como materiales de empaque, asbesto, metales, maderas, etcétera.

Los residuos de la actividad de la construcción, denominados también desmonte o escombros, son aquellos provenientes de la construcción, remodelación, reparación o demolición de inmueble e infraestructura. A partir de su generación el contratista que lo ejecuta —o el titular de la obra— es responsable de su almacenamiento, recolección y transporte hasta el sitio de disposición final autorizado.

El sector construcción también genera residuos peligrosos que son variados, debido a la multiplicidad de insumos que se utilizan: sustancias de limpieza o diluyentes, pegamentos, disolventes, pinturas, brea, alquitrán, lacas, desoxidantes, derivados del petróleo, fibras minerales —asbestos—, explosivos, entre otros. Los residuos de la construcción fueron estimados principalmente para las zonas urbanas y con mayor densidad poblacional del país teniendo en cuenta que en estos casos se usan los materiales de construcción que luego se convierten en residuos —concreto, cemento, arena, yeso, ladrillos, cerámicas, etcétera—.

Se estimaron los volúmenes de los residuos de construcción de desmontes, residuos de demolición y restos de materiales de construcción.

Para estimar el total se utilizó el factor 70 kg/Hab-a, obtenido del estudio de Eric Lauritzen (Presidente de Demex y de RILEM TE-37 en demolición y reutilización del hormigón) y Nils Jorn Hahn (1997), en donde se calcula que al año se generan 1,019.653 toneladas de residuos de la construcción (538.960 Lima Metropolitana y 480.693 resto del país).

Cuadro N° 11
Generación de residuos en el sector construcción

Residuos de construcción		Residuos de construcción	
Ciudades seleccionadas	t/a	Ciudades seleccionadas	t/a
Lima Metropolitana	538.960	Cajamarca	19.492
Arequipa	58.412	Huaraz	10.306
Tujillo	52.883	Tumbes	10.383
Ica	20.921	Puno	15.298
Tacna	18.259	Chimbote	27.800
Huancayo	34.082	Cusco	21.762
Chiclayo	55.431	Pucallpa	25.446
Piura	41.358	Huánuco	20.690
Iquitos	36.890	Tarapoto	11.279

Valdivia 2005

Residuos de demoliciones

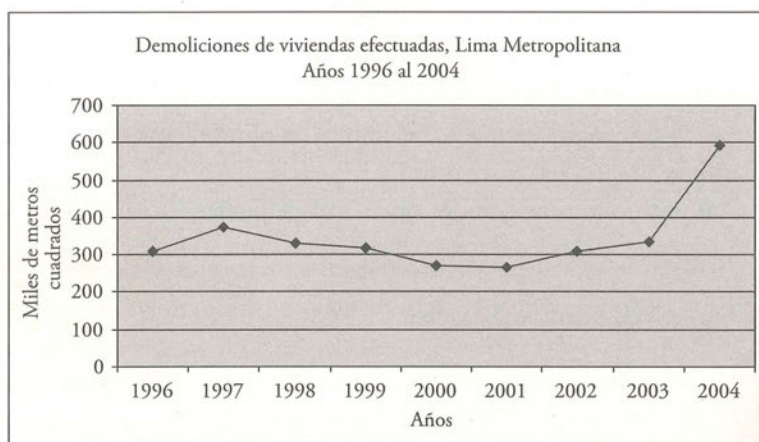
Según los reportes del INEI y la Cámara Nacional de la Construcción (CAPECO 2007), las demoliciones van en aumento, debido al reemplazo de las casas —en muchas de las zonas residenciales de Lima Metropolitana— por edificios, cifra que crece de manera proporcional al PBI. Como vemos en el cuadro N° 10 y en la figura N° 6, en el año 2004 hubo un incremento notable de las demoliciones.

Cuadro N° 12
Demoliciones de viviendas efectuadas en Lima Metropolitana

Años	Miles de metros cuadrados
1996	310
1997	372
1998	330
1999	316
2000	271
2001	266
2002	310
2003	337
2004	594

Fuente: INEI (2006)

Figura N° 9



Fuente: INEI (2006)

Según el informe de la Dirección de Ecología de la Municipalidad Metropolitana de Lima, para agosto de 2005 un centro de acopio de residuos sólidos de construcción, ubicado entre Canta y Carabaylo, contenía aproximadamente 175 mil toneladas. La acumulación de estos residuos se generó debido a la gran cantidad de demoliciones de construcciones antiguas del Cercado de Lima y de otros distritos.

Actualmente, en el cono sur de Lima, la Municipalidad de Villa el Salvador efectúa la disposición de residuos para la nivelación de zonas como el complejo del parque 26; las avenidas 200 millas, César Vallejo, Pachacútec, Revolución; así como en la zona de la Hoyada. El distrito de Villa el Salvador, tiene además una propuesta de la empresa Cementos Lima para el depósito de sus residuos de la construcción en canteras de la empresa, procediendo al relleno de áreas de anteriores excavaciones para extracción de minerales no metálicos.

Movimiento de materiales

Los mayores volúmenes de movimiento de materiales se presentan a partir de las obras de gran envergadura de infraestructura vial en el país, tales como la construcción en Lima de la vía expresa del Paseo de la República, la nueva vía expresa de Javier Prado u obras de minería y de energía en provincias, como por ejemplo, las obras de gas de Camisea, Antamina, Yanacocha, entre otras.

Comparado a estas grandes obras son pequeñas las cantidades de materiales que se extraen del resto de obras en Lima y en el resto del país.

Explotación de canteras de arena

Durante muchos años la explotación de canteras a tajo abierto para la extracción de arena ha dejado grandes pasivos ambientales, como en el distrito de La Molina, donde la cavidad que se llenó de agua formó una laguna como un programa de remediación. En este distrito se siguen extrayendo grandes volúmenes de arena y dejando áreas de cuarenta metros de profundidad.

Disposición de residuos y movimiento de materiales

De acuerdo al informe emitido al CONAM por la Dirección de Ecología de la Municipalidad Metropolitana de Lima, solo en el Cercado de Lima se generan entre mil quinientos y dos mil metros cúbicos mensuales. En la actualidad la mayor parte de los escombros generados en la capital van a una cantera extinguida en Santa Clara y a un vertedero en el lecho río Chillón (Carabayllo, kilómetro 23, carretera Lima-Canta).

De igual modo, las excavaciones en La Molina están sirviendo para disponer los residuos de construcción pero sin segregarlos, con la idea de que posteriormente puedan ser cubiertas con tierra fértil y sobre ellas recuperar áreas verdes. También los residuos de construcción son dispuestos en el botadero de San Juan de Miraflores, sin ningún tipo de control. Muchos de los residuos, como baldes de pintura, retazos de madera, bolsas, entre otros, son recogidos por los propios trabajadores para su posterior uso en sus hogares. Esto alivia mucho a la empresa, en cuanto a la segregación y transporte, pero se pone en riesgo la salud de los trabajadores.

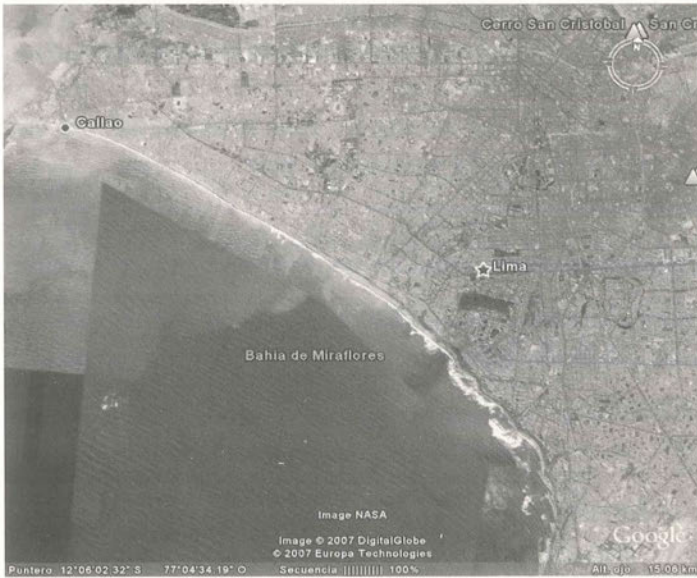
En el Callao, las principales zonas de disposición final de residuos de construcción se ubican a lo largo de los barrancos, causes de los ríos y demás espacios, como la playa Oquendo. Según lo observado en los diversos puntos de vertedero a lo largo de esta playa, podría hablarse de un volumen que podría ascender a más de cinco millones de metros cúbicos.

La disposición de residuos de la construcción en dicha playa demuestra el grado de incumplimiento a las normas vigentes, como por ejemplo, la Ley N° 26856, que declara que las playas del litoral son de uso público. Asimismo, señala que la franja debe ser no menor de cincuenta metros del ancho de la alta marea, sin embargo, este margen no es respetado. Este tipo de vertimiento es menor en zonas de las riveras de playa en la Costa Verde, entre los distritos San Miguel y Magdalena, aunque mucho del espacio supuestamente ganado al mar se basa en zonas de relleno con desmonte y material de excavación de años anteriores.

En otros lugares del país los residuos de construcción se utilizan para defensa de las riberas de los ríos, pero sin ningún control de la segregación, lo cual constituye un grave problema por la diversidad de residuos que se acumulan en esta actividad.

En este contexto, es urgente poner en práctica procesos de construcción más eficientes, el uso de nuevos materiales, los procesos de reciclaje y reutilización de desechos, entre otros, con el fin de lograr una construcción sostenible que respete el medio ambiente. Una de las herramientas que puede aportar mucho es el sistema de gestión ambiental.

Figura N° 10
Costa Verde, Lima – Perú



Fuente: Google Earth (2008)

Demoliciones y movimiento de escombros causados por sismos

Teniendo en cuenta que el Perú es un país altamente sísmico, cabe tratar este tema en forma especial. Según el Instituto Nacional de Defensa

Civil (INDECI), a través del Centro de Operaciones de Emergencia Nacional (COEN), informó que el sismo de 7,9 Richetr (ML) que azotó el sur del país el 15 de agosto de 2007, afectó severamente los departamentos de Lima, Ica, Huancavelica, Ayacucho y Junín.

El Instituto Nacional de Estadística e informática (INEI) realizó un censo de damnificados, el cual reportó, aproximadamente, 76 mil viviendas, 1.278 aulas, 14 establecimientos de salud y 4 puentes destruidos o muy afectados —daños graves en su estructura—, lo que las convirtió en inhabitables. Cabe resaltar que la gran mayoría de viviendas destruidas o afectadas estaban construidas sin ningún lineamiento técnico, considerando que en el Perú predomina la autoconstrucción.

Los daños ocurridos también afectaron severamente los servicios básicos: agua, desagüe, disposición de residuos sólidos domiciliarios y hospitalarios. En cuanto a calidad de aire, la zona del desastre se vio afectada por partículas de materiales generados como consecuencia de la caída de edificaciones, así como durante el proceso de levantamiento de escombros, que se calcula en diez millones de metros cúbicos (INDECI).

Esta situación se ve agravada por los vientos Paracas —tormenta de polvo y arena de hasta 32 Km./h— que soplan de oeste a este durante los meses de agosto y setiembre. Hasta el momento se calcula un millón de toneladas de escombros o demoliciones solamente en la ciudad de Pisco (Ica), la localidad más afectada.

MARCO INSTITUCIONAL Y LEGAL

La legislación en materia ambiental para el sector de la construcción en el Perú está compuesta por una serie de normas emitidas por diversas instituciones, que dirigen su atención principalmente a la preservación de recursos naturales, la prevención de la contaminación y al manejo de residuos. Aquí se hace un recuento de estas principales normas y reglamentos.

Legislación general

La Constitución Política de 1993 indica que todo recurso natural renovable o no es patrimonio de la nación. El Estado es el encargado de dar las condiciones para su utilización y otorgamiento a particulares. Asimismo, precisa que el Estado será el responsable en determinar la política nacional del ambiente, promoviendo el uso sostenible de recursos naturales.

Decreto de Alcaldía N° 147 MLM. Reglamento de la Ordenanza N° 295 que crea el sistema metropolitano de gestión de residuos sólidos. Publicado el 6/01/2002.

Decreto Legislativo N° 908. Ley de Fomento y Desarrollo del Sector Saneamiento. Publicado el 3/08/2000.

Decreto Legislativo N° 635 del Código Penal. Sanciona los delitos contra la salud pública y la ecología. Publicado el 8/04/1991.

Decreto Legislativo N° 757. Ley marco para el crecimiento de la inversión privada, que establece que toda inversión privada debe tener en cuenta la conservación del medio ambiente y el uso sostenible de los recursos naturales. Se otorga plena potestad a las autoridades sectoriales competentes para determinar los niveles máximos de contaminación permisibles, así como para controlarlos y mantenerlos, mediante procedimientos como el otorgamiento y suspensión de licencias o permisos, entre otros. Publicado el 13/11/1993.

Decreto Ley N° 26505. Ley de la Inversión Privada en el Desarrollo de las Actividades Económicas en las Tierras del Territorio Nacional y en las Comunidades Campesinas y Nativas. Publicado el 18/07/1995.

Decreto Supremo N° 007-83-SA. Límites ECA de sustancias nocivas de aguas. Publicado el 17/03/1983.

Resolución Suprema N° 559-85-ED, modificada mediante la Resolución Suprema N° 060-95-ED. Detalla los procedimientos para la obtención de autorizaciones de investigación y excavación, supervisión, y otras aprobaciones proporcionadas por el Instituto Nacional de Cultura, como el Certificado de Inexistencia de Restos Arqueológicos y el Reglamento de Exploraciones y Excavaciones Arqueológicas. Publicado el 2/08/1995.

Decreto Supremo N° 047-2001-MTC. Establece los límites máximos permisibles de emisiones contaminantes para vehículos automotores que circulen en la red vial. Publicado el 29/12/05.

Decreto Supremo N° 009-2004-MTC. Reglamento Nacional de Administración de Transportes. Publicado el 28/02/2004.

Decreto Supremo N° 014-2001-AG. Reglamento de la Ley Forestal y de Fauna Silvestre. Publicado el 9/04/2001.

Decreto Supremo N° 033-2001-MTC. Reglamento Nacional de Tránsito. Publicado el 23/07/2001.

Decreto Supremo N° 038-2001-AG. Reglamento de la Ley de Áreas Naturales Protegidas. Publicado el 26/06/2001.

Decreto Supremo N° 044-84-AG. Norma sobre el otorgamiento y regularización de licencias para uso de aguas subterráneas. Publicado el 6/06/1984.

Decreto Supremo N° 057-2004-PCM. Reglamento de la Ley General de Residuos Sólidos. Publicado el 24/07/2004.

Decreto Supremo N° 074-2001-PCM. Reglamento de estándares de calidad ambiental del aire. Publicado el 21/06/2001.

Decreto Supremo N° 086-2003-PCM. Aprobación de la estrategia nacional sobre cambio climático. Publicado el 27/10/2003.

Decreto Supremo N° 087-2004-PCM. Reglamento de Zonificación Ecológica y Económica (ZEE). Creada como proceso dinámico y flexible para la identificación de diferentes alternativas de uso sostenible de un territorio determinado, basada en la evaluación de sus potencialidades y limitaciones con criterios físicos, biológicos, sociales, económicos y culturales. Una vez aprobada la ZEE se convierte en un instrumento técnico, orientado del uso sostenible de un territorio y de sus recursos naturales. Publicado el 23/12/2004.

Decreto Supremo N° 007-2002-MTC. Establece un procedimiento para la homologación y autorización de equipos a utilizarse en el control oficial de los límites máximos permisibles de emisión de contaminantes para vehículos automotores. Publicado el 28/02/02.

Decreto Supremo N° 013-97-AG. Reglamento de la Ley N° 26737 que regula la explotación de materiales que acarrean y depositan aguas en sus álveos o cauces. La Autoridad de Aguas (Ministerio de Agricultura) es la única facultada para otorgar los permisos de extracción de los materiales que acarrean y depositan las aguas en sus álveos o cauces. Publicado el 9/07/1997.

Decreto Supremo N° 044-98-PCM. Reglamento nacional para la aprobación de estándares de calidad ambiental y límites máximos permisibles. Publicado el 11/11/1998.

Decreto Supremo N° 056-97-PCM. Establece casos en que la aprobación de los estudios de impacto ambiental y programas de adecuación y manejo ambiental requerirán la opinión técnica del INRENA, así como su modificatoria, el Decreto Supremo N° 061-97-PCM. Publicado el 19/11/1997.

Decreto Supremo N° 102-2001 PCM. Estrategia Nacional de la Diversidad Biológica del Perú. Publicado el 05/09/2001.

Decreto Supremo N° 008-2005 PCM. Reglamento de la Ley N° 28245, ley marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental. El Sistema Nacional de Gestión Ambiental tiene por finalidad orientar, integrar, coordinar, supervisar, evaluar y garantizar la aplicación de las políticas, planes, programas y acciones destinadas a la protección del ambiente y contribuir a la conservación y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales. Publicado el 28/01/2005.

Ley N° 17752. Ley General de Aguas. Esta ley regula la protección del recurso agua, estableciendo límites máximos de contaminación de acuerdo a su uso. Publicada el 24/06/1969.

Ley N° 26284. Ley General de la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento y su Reglamento. Publicada el 18/01/1994-

Ley N° 26338. Ley General de Servicios de Saneamiento y su Reglamento. Publicado el 24/07/1994.

Ley N° 26793. Ley de Creación del Fondo Nacional del Ambiente. Publicada el 20/05/1997.

Ley N° 26834. Ley de Áreas Naturales Protegidas. Publicada el 4/07/1997.

Ley N° 26786. Ley del Régimen Legal para la Evaluación del Impacto Ambiental. Publicada el 27/05/1997.

Ley N° 26410. Ley del Consejo Nacional del Ambiente (CONAM). Esta ley distingue al CONAM como autoridad ambiental nacional y ente rector de la política ambiental nacional. Asimismo, busca articular la acción de las distintas entidades con competencias ambientales. Publicada el 22/12/1994.

Ley N° 26631. Dicta las normas para formalizar las denuncias por infracción de la legislación ambiental. Publicada el 21/06/1996.

Ley N° 26737. Dispone que la autoridad de aguas controle y vigile la explotación de materiales que acarreen y depositen las aguas en sus álveos o cauces. Asimismo, dicha autoridad se encargará de otorgar permisos para la extracción, sujeta desde luego a las condiciones establecidas. Publicada el 5/01/1997.

Ley Orgánica N° 26793. Ley para el Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales. Esta norma especifica que el Estado es el encargado de velar por el otorgamiento del derecho de aprovechamiento sostenido de los recursos naturales, el cual se dará de manera equilibrada con los intereses de la nación, y dentro de los límites establecidos por la ley. Asimismo, en el caso de recursos naturales no renovables, su explotación debe ser eficiente, evitando impactos negativos en el ambiente y bajo el principio de sustitución de valores o el de beneficios reales. Publicada el 26/6/1997.

Ley N° 26839. Ley sobre la Conservación y Aprovechamiento Sostenible de la Diversidad Biológica. Publicada el 16/07/1997.

Ley N° 26842. Ley General de Salud. Publicada el 20/07/1997.

Ley N° 27181. Ley General de Transporte y Tránsito Terrestre. Publicada el 8/10/1999.

Ley N° 27308. Ley Forestal y de Fauna Silvestre. Publicada el 16/07/2000.

Ley N° 27314. Ley General de Residuos Sólidos. Esta ley plantea un marco para la gestión de residuos sólidos a nivel nacional. En ese sentido, especifica una clasificación de los residuos según su origen, siendo uno de ellos el «residuo de la actividad de la construcción». Publicada el 20/07/2000.

Ley N° 27322. Ley Marco de Sanidad Agraria. Publicada el 23/07/2000.

Ley N° 27444. Ley del Procedimiento Administrativo General, artículo 34.1: en materia ambiental no procede el silencio administrativo positivo. Publicada el 21/03/2001.

Ley N° 27446. Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental: Publicada el 23/04/2001.

Ley N° 27972. Ley Orgánica de Municipalidades. Las municipalidades deben asegurar la conservación de la flora y la fauna local. Asimismo, deben controlar y aprobar normas para promover actividades relacionadas con la salud ambiental y los niveles de ruido. Publicada el 26/05/2003.

Ley N° 28245. Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental. Publicada el 8/06/2004.

Ley N° 28256. Ley que regula el transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos. Publicada el 19/06/2004.

Ley N° 28296. Ley General del Patrimonio Cultural de la Nación. Establece las políticas nacionales de defensa, protección, promoción, propiedad y régimen legal, así como el destino de los bienes que constituyen el patrimonio cultural de la nación. Publicada el 21/07/2004.

Ley N° 28522. Ley del Sistema Nacional de Planeamiento Estratégico. Esta ley crea el Sistema Nacional de Planeamiento Estratégico y el Centro Nacional de Planeamiento Estratégico, destinados a conducir y desarrollar la planificación concertada como instrumento técnico de gobierno y de gestión pública, así como orientador y ordenador de acciones necesarias para lograr el objetivo estratégico de desarrollo integrado del país. Publicada el 25/05/2005.

Ley N° 28611. Ley General del Ambiente. Establece los principios y normas básicas para asegurar el efectivo ejercicio del derecho a un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida. También determina el cumplimiento del deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente y sus componentes, con el objetivo de mejorar la calidad de vida de la población y lograr el desarrollo sostenible del país. El Estado, a través de sus entidades y órganos correspondientes, diseña y aplica las políticas,

normas, instrumentos, incentivos y sanciones que sean necesarias para garantizar el efectivo ejercicio de los derechos y el cumplimiento de las obligaciones y responsabilidades contenidas en la presente ley. Publicada el 15/10/2005.

Ley N° 28804. Ley que regula la declaratoria de emergencia ambiental. Publicada el 21/07/2006.

Ley N° 29090. Ley de Regulación de Habilitaciones Urbanas y de Edificaciones. Publicada el 25/09/2007.

Ley N° 29091. Ley que modifica a la Ley N° 27444 de Procedimiento Administrativo General y establece la publicación de diversos dispositivos legales en el portal del Estado peruano y en los portales institucionales. Publicada el 26/09/ 2007.

Ordenanza N° 295. Crea el sistema metropolitano de gestión de residuos sólidos, Resolución Directoral N° 001-96/PRES/VMI/SUNASS_INF, reglamento de prestación de servicios de saneamiento de SEDAPAL. Publicada el 16/11/2000.

Resolución Directoral N° 006-2004-MTC/16. Reglamento de consulta y participación ciudadana en el proceso de evaluación ambiental y social en el subsector transportes. Publicada el 16/01/04.

Resolución Directoral N° 0287-96/DCG. Lineamientos para el desarrollo de estudios de impacto ambiental relacionados con proyectos de construcción de muelles, embarcaderos y otros similares. Publicada el 25/10/1996.

Resolución Directoral N° 0766-2003/DCG. Aprobación de diversas disposiciones relativas a la recepción y disposición de residuos de mezclas oleosas, aguas sucias y basuras. Publicada el 14/02/2004.

Resolución Directoral N° 441-2005/DCG. Aprobación de la «Norma sobre la participación ciudadana en el Proceso de Evaluación de Estudios de Impacto Ambiental». Publicada el 31/08/2005.

Resolución Ministerial N° 116-2003-MTC/02. Reglamento para la inscripción en el registro de entidades autorizadas para la elaboración de estudios de impacto ambiental en el subsector transportes (Resolución Directoral N° 004-2003-MTC/16). Publicada el 17/02/2003.

Resolución Ministerial N° 1171-94-TCC/15.03. Resolución del ministerio de Transportes y Comunicaciones que establece el requerimiento de estudios de impacto ambiental para obras de construcción vial. Publicada el 25/04/1994.

6.2 Legislación específica del sector

Decreto Supremo. 6 - STN. Designa a las municipalidades como las encargadas del recojo de la basura. Asimismo, establece dos tipos de rellenos sanitarios. En los rellenos sanitarios por área los desechos se arrojan en depresiones naturales u hondonadas, para ser luego compactados y cubiertos de tierra. Los rellenos sanitarios por zanja o trincheras son similares a los anteriores, pero los desechos se dejan en zanjas excavadas. Publicado el 09/01/1964.

Decreto Supremo 004-2007-TR Crea el Registro Nacional de Empresas Contratistas y Subcontratistas de Construcción Civil. Publicado el 02/03/2007.

Decreto Supremo N° 035-2006-VIVIENDA. Reglamento de la Ley N° 27157 de regularización de edificaciones, del procedimiento para la declaratoria de fábrica, del régimen de unidades inmobiliarias de propiedad exclusiva y de propiedad común. Publicado el 8/11/2006.

Decreto Supremo N° 011-2006-VIVIENDA. Aprueba 66 normas técnicas del Reglamento Nacional de Edificaciones Anexas. Publicado el 10/06/2006.

Decreto Supremo N° 011-2006-VIVIENDA. Reglamento Nacional de Edificaciones Norma E.080 Adobe. El objetivo del diseño de construcciones de albañilería de adobe es proyectar edificaciones de interés social y bajo costo que resistan los movimientos sísmicos, evitando la posibilidad de colapso de las mismas. Publicado el 23/05/2006

Decreto Supremo N° 011-2006-VIVIENDA. Reglamento Nacional de Edificaciones Norma G.050-Seguridad durante la Construcción. La presente norma especifica las consideraciones mínimas indispensables de seguridad a tener en cuenta en las actividades de construcción civil, así como también en los trabajos de montaje y desmontaje, incluido cualquier proceso de demolición, refacción o remodelación. Publicado el 23/05/2006.

Decreto Supremo N° 013-97-AG. Regula la explotación de materiales que acarrear y depositan aguas en sus cauces. Publicado el 09/07/1997.

Decreto Supremo N° 027-2003. Reglamento de Acondicionamiento territorial y desarrollo urbano. Publicado el 6/10/2003.

Decreto Supremo N° 27-94-MTC. Determina la documentación que deben presentar los organismos del sector público a las municipalidades al iniciar obras de construcción. Publicado el 24/12/94.

Decreto Supremo N° 037-96-EM. Normas para el aprovechamiento de canteras. Publicado el 28/19/1996.

Decreto Supremo N° 053-2007-EM. Aprueba reglamento de la Ley de Promoción del Uso Eficiente de la Energía. Publicado el 23/10/2007.

Ordenanza 295-2000-MML. Señala que toda gestión, para obtener una licencia de obra, exigirá señalar a la persona o empresa encargada de la recolección y el transporte de los residuos. Publicado el 16/11/2000.

Decreto de Alcaldía N° 147- MML (artículo 1). Modifica el reglamento de la Ordenanza N° 295/MML «Sistema Metropolitano de Gestión de Residuos Sólidos». Publicado el 02/03/2004.

Ley N° 27157. Ley de Regularización de Edificaciones, del Procedimiento para la Declaratoria de Fabrica y del Régimen de Unidades Inmobiliarias de Propiedad Exclusiva y de Propiedad Común. Publicado el 19/97/1999.

Ley N° 29090. Ley de Regulación de Habilitaciones Urbanas y de Edificaciones. Deroga el TITULO II de la Ley N° 27157. Publicado el 25/09/2007.

Ordenanza N° 082-MLM-95. Ordenanza de Salud y Salubridad Municipal. Especifica las siguientes infracciones a las Normas de Higiene y Salubridad Urbana y Sistema Ecológico, tales como el arrojado de desechos a la vía pública, la diseminación de materiales de construcción en la vía pública al ser transportados en vehículos o el abandono en la vía pública de desmonte proveniente de obras de construcción o mantenimiento de redes públicas. Publicado el 9/09/1995.

Ordenanza Municipal 203 MLM. Obligación del trámite para la autorización de ejecución de obra en áreas de dominio público. Artículo

16o.- Certificado de conformidad de obra. Las personas naturales o jurídicas que hayan obtenido autorización de ejecución de obras en áreas de dominio público deberán tramitar el Certificado de Conformidad de Obra, documento oficial emitido por la municipalidad correspondiente que certifica la conclusión de la obra luego de constatar el cumplimiento del proyecto, así como la eliminación del desmonte o material excedente y la reposición de la infraestructura y mobiliario urbano preexistente. Publicado el 28/01/1999.

Ordenanza 244 MLM. Control en la ejecución de obras en áreas de uso público de la provincia de Lima. Publicado el 22/11/ 1999.

Ordenanza N° 295 MLM. Crea el sistema metropolitano de gestión de residuos sólidos. Es decir, la responsabilidad solidaria del propietario, contratista y transportista en el manejo de los residuos de la construcción. Publicado el 28/10/2000.

Resolución Ministerial N° 155 - 2006 Vivienda. Normas técnicas y de gestión reguladora del catastro urbano municipal. Publicado el 14/06/2006.

Resolución Ministerial 171-94-TCC/15.03. Aprueba los términos de referencia para el EIA en la construcción vial. Publicado el 25/04/1994.

Resolución Ministerial 170-94-TCC/15.03. Pone en funcionamiento el registro de empresas o instituciones públicas o privadas autorizadas para elaborar el EIA en los sectores de transporte, comunicaciones, vivienda y construcción. Publicado el 27/04/1997.

Resolución Ministerial N° 139-2004-VIVIENDA. Registro de empresas e instituciones públicas o privadas autorizadas para la elaboración de estudios sobre impacto ambiental. Publicado el 12/06/1004.

Resolución Ministerial N° 155-2006 VIVIENDA. Aprueban las normas técnicas y de gestión reguladora del catastro urbano municipal. Publicado el 13/06/2006.

Resolución Ministerial N° 195-2007-TR Aprueban la directiva que regula el procedimiento para la inscripción en el Registro Nacional de Empresas Contratistas y Subcontratistas de Construcción Civil (RENECOSUCC). Publicado el 23/07/ 2007.

Resolución Directoral N° 1405-2004-INC.- Aprueba el reglamento general de aplicación de sanciones administrativas por infracciones en contra del patrimonio cultural de la nación. Publicado el 23/12/2004.

Seguridad e Higiene

Decreto Supremo N° 002-72-TR. Reglamento de la Ley de Accidentes de Trabajo y Enfermedades Profesionales. Publicado el 4/02/1972.

Decreto Supremo N° 002-2007-TR. Medidas complementarias de fortalecimiento del sistema de inspección laboral a nivel nacional. Publicado el 17/01/2007.

Decreto Supremo N° 015-2005-SA. Aprueban el reglamento sobre valores límite permisibles para agentes químicos en el ambiente de trabajo, como ácidos, bases, gases, etcétera. Publicado el 6.07.2005.

Decreto Supremo N° 029-97-EM. Señala que OSINERG tiene competencia de fiscalización sobre normas y asuntos técnicos de las actividades energéticas, incluyendo los temas de salud y seguridad industrial. Publicado el 15/12/1997.

Ley N° 26842. Ley General de Salud. Publicada el 20/06/1997.

Ordenanza Municipal sobre Distribución de Alimentos. Permisos de distribución de alimentos y del carné de sanidad respectivo exigido según dicha ordenanza.

Resolución Ministerial N° 161-2007-MEM/DM. Reglamento de seguridad y salud en el trabajo de las actividades eléctricas. Comprende a los trabajadores en el desarrollo de actividades eléctricas en las etapas de construcción, operación y mantenimiento. Publicado el 08/04/2007

Resolución Ministerial N° 021-83-TR. Normas Básicas de Higiene y Seguridad en Obras de edificaciones. Publicado el 23/03/83.

Resolución Ministerial N° 427 2001 MTC/15.04. Normas Técnicas de Edificaciones E. 120. Seguridad durante la construcción. Publicado el 19/09/2001.

Resolución Ministerial N° 118-2007-TR. Certificación de buenas prácticas laborales, a través de la cual se reconocerá a las empresas que demuestren mejores y creativas prácticas de responsabilidad socio laboral, promoción y defensa de los derechos fundamentales de los

trabajadores y un adecuado clima laboral que genere mayores niveles de productividad. Publicado el 20/05/2007.

Resolución Ministerial N° 148-2007-TR Reglamento de constitución y funcionamiento del comité de seguridad y salud en el trabajo. Publicado el 28/05/2007.

Resolución Suprema N°. 021-83-TR sobre las normas básicas de seguridad e higiene. Publicado el 23/03/1983.

Experiencias de aplicación y cumplimiento

Con respecto al cumplimiento legal ambiental de las empresas constructoras, en general, todas cuentan con los permisos y autorizaciones necesarias para su funcionamiento u operatividad. Las grandes constructoras tienen programas de capacitación al personal en lo concerniente a seguridad e higiene ocupacional. La mayoría cuenta con un manual de prevención de riesgo. A diferencia de otros sectores, este pudo mantener en estos años un sindicato fuerte y cohesionado, por lo que se observa un mejor cumplimiento de los derechos y beneficios sociales que en los otros sectores productivos.

En lo que respecta a los estudios de impacto ambiental, y en especial al plan de manejo ambiental de dicho estudio, así como los permisos, estos son solicitados por la autoridad competente a los clientes de las diferentes constructoras. Es decir, si se realiza una obra para un cliente de minería, la empresa minera es la que se encarga de los estudios necesarios, que en la mayoría de los casos no son conocidos por los responsables de la obra. En el caso de las obras públicas, los estudios de impacto ambiental son realizados por los funcionarios del sector, los que generalmente, bajo el pretexto de que son de necesidad pública, son obviados. Las pequeñas constructoras no suelen realizar estudios de impacto ambiental.

La legislación que corresponde al manejo ambiental en el sector construcción aún no es integradora, y registra varios vacíos, como por ejemplo, no estableciendo claramente las responsabilidades y alcances de los EIA, así como los programas de fiscalización para las autoridades del sector.

ESTÁNDARES Y NORMAS TÉCNICAS RECOMENDADAS

Las normas técnicas peruanas⁵ aplicables al sector construcción relacionadas al campo ambiental son un conjunto de normas denominadas Manejo de Residuos de la actividad de la construcción.

GP 019:2006 GESTION AMBIENTAL. Gestión de residuos. Guía para el manejo de residuos químicos. Generación, caracterización y segregación, clasificación y almacenamiento. Primera edición.

NTP 900.055:2004 GESTION AMBIENTAL. Gestión de residuos. Manejo de baterías usadas (acumuladores plomo ácido usados). Generalidades.

NTP 900.056:2005 GESTION AMBIENTAL. Gestión de residuos. Manejo de baterías usadas (acumuladores plomo ácido usados). Generación, recolección, almacenamiento y transporte.

NTP 400.050-1999 MANEJO DE RESIDUOS DE LA ACTIVIDAD DE LA CONSTRUCCIÓN. Generalidades.

NTP 400.051-1999 MANEJO DE RESIDUOS DE LA ACTIVIDAD DE LA CONSTRUCCIÓN. Reciclaje de mezclas asfálticas de demolición.

NTP 400.052-2000 MANEJO DE RESIDUOS DE LA ACTIVIDAD DE LA CONSTRUCCIÓN. Reutilización y reciclaje de materiales de bases y sub bases provenientes de la demolición de carreteras o plataformas.

NTP 400.053-1999 MANEJO DE RESIDUOS DE LA ACTIVIDAD DE LA CONSTRUCCIÓN. Reciclaje de concreto de demolición.

NTP 400.054-2000 MANEJO DE RESIDUOS DE LA ACTIVIDAD DE LA CONSTRUCCIÓN. Reciclaje de materiales de demolición no clasificados.

NTP 900.053:2003 GESTION AMBIENTAL. Manejo de aceites usados. Refinación. Primera edición.

⁵ Las normas técnicas peruanas (NTP) son documentos emitidos por el INDECOPI que representan recomendaciones o estándares aplicables a diversas actividades o productos. Estas generalmente se basan en normas internacionales.

NTP 833.930:2002 GUIA DE INTERPRETACION DE LA NTP-ISO 9001:2001 PARA EL SECTOR DE LA CONSTRUCCION. Primera edición.

NTP 370.306:2003 INSTALACIONES ELECTRICAS EN EDIFICIOS. Protección para garantizar la seguridad. Protección contra las sobreintensidades. Primera edición.

NTP 370.305:2003 INSTALACIONES ELECTRICAS EN EDIFICIOS. Protección para garantizar la seguridad. Protección contra los efectos térmicos. 1° Edición

Este conjunto de normas tiene por objetivo presentar las directrices para un adecuado manejo de los residuos de la actividad de la construcción. Adicionalmente, la norma propone una clasificación de dichos residuos para su tratamiento:

- Mezclas asfálticas de demolición.
- Materiales de bases y sub-bases provenientes de la demolición de carreteras o plataformas.
- Concreto de demolición.
- Materiales de demolición no clasificados, como compuestos minerales no metálicos que no cumplen la especificación de concreto de demolición.
- Excedentes de remoción (suelos a remover).

La norma establece las prioridades para el manejo de los residuos:

- La primera opción será la minimización de los volúmenes y las características de peligrosidad de los residuos generados.
- La segunda opción consiste en aprovechar los residuos generados mediante la reutilización y el reciclaje.
- La tercera opción consiste en la disposición adecuada de los residuos generados, previo tratamiento si fuera requerido.

La norma estipula ciertas ventajas al seguir sus recomendaciones, entre las cuales se encuentran:

- Ahorro de materiales.
- Ahorro de gastos de transporte.
- Mejora de imagen.
- Generación de nuevas actividades económicas.
- Reducción de riesgos a la salud y al ambiente.
- Reducción de la necesidad de rellenos sanitarios.

EMPRESAS PROACTIVAS

En el Perú existen pocas empresas constructoras proactivas hacia el ambiente que cuentan con una política ambiental establecida. Se pueden citar solo dos ejemplos: el consorcio Graña y Montero y la obra Yuncán de la constructora Skanska- Cosapi Chizaki. Ambas tienen una política ambiental y sistemas de gestión ambiental implementados o en proceso de implementación.

Política ambiental de la corporación Graña y Montero

Es convicción de Graña y Montero ser líderes en el desempeño ambiental en todos los sectores en donde desarrolla sus actividades, lo que conlleva la creación de valor para sus clientes, su personal, sus accionistas y sus comunidades vecinas. Por lo cual se compromete a:

- Mejorar continuamente el desempeño ambiental dentro de las actividades, productos y servicios relacionados con sus operaciones.
- Liderar actividades de consultoría, ingeniería y gestión ambiental, incluyendo la especialización en actividades profesionales de conservación de la naturaleza.

- Promover la mejora del desempeño ambiental de sus proveedores, contratistas, clientes, empleados y socios en la medida en que podamos participar, sin restar competitividad a nuestras propuestas.
- Asegurar el cumplimiento de las normas, reglamentos y otras obligaciones aplicables en materia de protección ambiental, manteniendo el delicado equilibrio entre producción económica y protección ambiental.
- Ejecutar programas de prevención de la contaminación, estar preparados para minimizar los impactos negativos al ambiente en caso de accidentes y ser responsables de la remediación causada por los mismos.
- Ser más eficientes en el uso de recursos naturales y energía, así como minimizar el manejo de desechos y emisiones.
- Evitar que las operaciones tengan un impacto negativo sobre la salud y la seguridad de los empleados, la comunidad y los ecosistemas dentro de su alcance.
- Mantener una información abierta en temas relacionados con el cuidado del ambiente.

Se lograrán estos compromisos por medio de:

- La integración de sistemas de gestión ambiental como parte integral del modelo Graña y Montero hacia una empresa de liderazgo nacional e internacional, que incluye:
 - El desarrollo sostenible.
 - La excelencia operativa.
 - El establecimiento de límites máximos de emisión.
 - La mejora en prácticas de gestión.
- El aprendizaje continuo
 - La especialización en actividades profesionales de conservación de la naturaleza.
 - La utilización de tecnologías limpias.

- El establecimiento de un sistema de información ambiental.
- La participación en discusiones públicas sobre el ambiente.

Política ambiental de Skanska Cosapi Chizaki

La asociación Skanska Cosapi Chizaki está comprometida con la construcción de la Central Hidroeléctrica de Yuncán, la cual implementarán, mantendrán y mejorarán continuamente mediante un sistema de gestión desarrollado de acuerdo a los requisitos de ISO 14001.

Dicho sistema permitirá minimizar los impactos de las actividades diarias. En tal sentido están comprometidos a:

- Controlar, minimizar y prevenir la contaminación en el aire, agua y suelo.
- Aumentar la sensibilización del personal con relación al manejo de químicos y gestión de desechos.
- Proporcionar los recursos adecuados y entrenamiento apropiado a su staff.
- Asegurar la conveniencia y efectividad del sistema.
- Cumplir con la legislación, estándares internos y políticas corporativas de Skanska.

Según una encuesta realizada a diversas constructoras por Iván Haro (2001) se reconoce que hay una escasa aceptación y conocimiento de instrumentos de gestión ambiental entre los potenciales implementadores directos de las mejoras. Estos confirman conocer de manera general los sistemas de gestión ambiental y de sus impactos ambientales, pero no tienen entre sus prioridades la implementación de mejoras para resolver esos problemas y para mejorar su desempeño ambiental.

Si bien la mayoría de las empresas no tienen una política ambiental explícita, muchas empresas cuentan con planes de manejo ambiental que son presentados al momento de postular a una licitación, como es el caso de la empresa HV S.A. Contratistas.

Plan de protección del medio ambiente

En HV S.A. Contratistas una de las principales preocupaciones está dirigida a preservar el medio ambiente, de tal modo que sus actividades no lo afecten; es por ello que dentro de su programa están consideradas las siguientes medidas que se detallan a continuación.

Manejo de desechos sólidos industriales

Todos los desechos sólidos que genere la construcción, ampliación, modificación o reparación de instalaciones se deberán procesar de la siguiente forma:

- Se procederá a retirar del frente de trabajo todos los desechos, separando los escombros áridos, papeles, cartones, fierros, alambres, despuntes de soldaduras y restos metálicos en general, los despuntes de madera, vidrios, esponjas y plásticos, para proceder a colocarlos en forma separada y retirarlos al patio de desechos previamente destinado, para posteriormente trasladarlos en camiones a los lugares de destino final que autorice el cliente o bien al botadero municipal autorizado.
- El retiro del patio de desecho se efectuará dependiendo de la cantidad de material acumulado, una vez a la semana, una vez cada quince días o bien una vez al mes, dejando despejado el patio de acopio para el próximo período de almacenamiento.

Manejo de basuras domésticas

En las obras se recogerá la basura doméstica en bolsas plásticas, las cuales debidamente cerradas serán colocadas en forma ordenada en un contenedor destinado especialmente para ello, hasta proceder a su retiro —por camión municipal o camión subcontratado para dicho propósito— y sean trasladadas a su destino final.

No se podrá acumular bolsas con basura por más de siete días, así se evitará la producción de malos olores o propagación de insectos tales como moscas, hormigas o bien de roedores.

En los frentes de trabajo se colocarán basureros con bolsas plásticas para recolectar la basura doméstica, la que se deberá retirar todos los días por personal destinado para dicho efecto; y que será almacenada en el contenedor destinado ello.

Manejo de aceites y lubricantes, grasas, líquidos tóxicos y lodos de lavados

Si se llegan a generar cualquiera de estos productos de desechos en el proceso de la obra o bien por mantenimiento efectuado a maquinarias de la empresa, se deberá proceder de la siguiente forma:

- Se almacenará en envases de 55 galones debidamente sellados con tapa hermética y se rotulará su contenido en forma clara y visible para su almacenamiento y posterior retiro.
- El sector de almacenamiento de dichos bidones o tambores estará cerrado y contará con techo para evitar el asoleamiento directo de ellos.
- No se deberá mezclar los aceites con los combustibles o con los líquidos tóxicos. Se almacenarán en bidones separados y no se permitirá ninguna fuente de calor cercana a dicho sector. Asimismo, este sector contará con la debida señalización preventiva correspondiente.
- Serán retirados a su destino final a botaderos autorizados por el cliente o bien se retirarán del recinto del contratista, previa autorización, para darles el destino que la empresa considere adecuado —venta, reciclaje, etcétera—.
- No se podrá botar ningún líquido de esta naturaleza a los ductos de alcantarillado —desagüe—, ni al terreno.

Restos líticos

Si al efectuar la obra quedan excedentes de rocas, piedras, tierra, ladrillo o concreto, productos de demolición de obras civiles o de excavaciones, se solicitará al cliente la ubicación que se deberá dar a dicho material dentro de su área geográfica o bien si no existen escombreras para este material, se retirará en camiones a sectores donde existan botaderos autorizados.

Manejo y purificación de agua potable

La provisión de agua potable para la obra se deberá acordar previamente con el cliente. Si existen matrices cercanas, se harán las conexiones correspondientes, en caso contrario, se dispondrá de estanques de acumulación, los que serán abastecidos en forma periódica por camiones cisternas.

Para los distintos frentes de trabajo se suministrará con bidones especialmente diseñados para este efecto. Estos bidones serán renovados diariamente.

Contaminación del aire

Si algún trabajador detecta la fuga de gases o vapores de algún contenedor, deberá comunicarlo de inmediato a su supervisor, quien aislará el área y avisará inmediatamente al departamento de Prevención de Riesgos.

Normas generales

- Se aplicará la reglamentación del Ministerio de Salud en todas las situaciones que así lo ameriten, de acuerdo a las actividades que la empresa desarrolle.
- Se aplicará toda la legislación sobre medio ambiente vigente al momento de desarrollar las actividades.
- Es deber de los supervisores dar a conocer y hacer cumplir a sus trabajadores el programa de protección del medio ambiente de la empresa.

RECOMENDACIONES

A los colegios profesionales de arquitectura, ingeniería civil y diseño

- Sensibilizar a los profesionales y estudiantes de arquitectura, ingeniería civil, de diseño y de materiales en relación a los impactos ambientales y sociales de sus actividades a lo largo del ciclo de vida de las edificaciones y obras civiles.
- Incorporar en la práctica profesional de construcción —constructores, ingenieros civiles, ingenieros sanitarios, arquitectos y diseñadores— los nuevos campos de actuación vinculados con las actuales demandas:
 - evaluación de impactos urbano-ambientales y sociales
 - gestión en el ciclo de vida de construcciones desde el diseño
 - higiene y seguridad en obras y el trabajo
 - impactos en la huella de carbono generadas durante el ciclo de vida de las edificaciones
 - nuevos desarrollos de materiales ecoeficientes
 - tecnologías limpias en la construcción
- Difundir la reglamentación para conocimiento de los gobiernos locales y sociedad civil.

Al ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento

- Implementar lo estipulado en la Política Ambiental del Sector Vivienda, publicada el 6 de junio de 2007 en la Resolución Ministerial 165.
- En el área rural, identificar las demandas de vivienda e infraestructura, relacionadas con los usos y costumbres para minimizar los impactos ambientales, paisajísticos o sociales. El desarrollo de proyectos es un proceso participativo de todos los sectores involucrados.
- Velar por el cumplimiento de las leyes existentes.

- En materia de gestión de residuos, cumplir su rol normativo, coordinador y promotor.
- Vincular las NTP de residuos de la construcción ya existentes publicadas por INDECOPI con los reglamentos respectivos sobre la protección y control ambiental.

A los constructores

- Solicitar en toda obra los EIA que les han sido encargadas y cumplir con los programas de manejo ambiental establecidos en ellos.
- Aplicar las Normas Técnicas Peruanas (NTP) sobre el manejo de residuos de la construcción.
- Cumplir con lo estipulado en los reglamentos y normas municipales y sectoriales.
- Asumir la responsabilidad del generador de residuos.

CONCLUSIONES

El sector de la construcción va de la mano con el desarrollo del país, y hasta ahora este ha dado grandes pasos en cuanto al desarrollo y control de los impactos ambientales y sociales a largo plazo.

Por otro lado, este sector registra un gran potencial de desarrollo y de mejoras en el corto plazo en cuanto a su desempeño ambiental, pero se encuentra rezagado frente a los otros sectores de minería o industria manufacturera, por lo que con la experiencia de los sectores mencionados bien podría actualizarse e implementar estrategias ambientales modernas sobre la base de lecciones aprendidas en el país. Positivamente, se resalta la existencia de dos constructoras que proactivamente están implementando instrumentos de gestión ambiental, con lo que se puede demostrar la viabilidad técnica y económica. Esto contrasta con los resultados de una encuesta realizada a diversas constructoras por Iván

Haro (2001), donde se reconoce que hay una escasa aceptación y conocimiento de instrumentos de gestión ambiental entre las constructoras, que no tienen entre sus prioridades la implementación de mejoras para resolver esos problemas y para mejorar su desempeño ambiental.

Un papel alentador y regulador del Estado es indispensable para articular las acciones y dar señales orientadoras en la minimización de los impactos ambientales y hacia una construcción sostenible que es la visión a largo plazo de este sector.

Bibliografía

AGENDA PERÚ

2000 *Perú agenda y estrategia para el siglo 21*. Lima: Agenda Perú

ASOCEM

2008 «Consumo de cemento de Latinoamérica». *Estadísticas Nacionales, Asociación de Productores de Cemento*. Fecha de consulta: 2/1/ 2008. <http://www.asocem.org.pe/SCMRoot/consum_cem_latam.htm/>.

ASOCIACIÓN DE PRODUCTORES DE CEMENTO DEL PERÚ

2007 *XII Simposium de Tecnología en la Industria del Cemento*, Lima, noviembre.

ASTM I

s/f *Tamices ASTM C33 – 90*. Normas Técnicas de EE.UU.

AUB

2000 *Asociación de Trabajadores de Productos Compatibles con el Ambiente e.V.* (Arbeitsgemeinschaft umweltverträgliche Bauprodukte). Munich.

BERRY, W.

1998 «Materials intensity in teh built environment». En: *Greening the Built Environment*. Reino Unido: Earthscan Publications Ltd, pp. 58-83.

BIMSCHG

1974 Bundesinmissionschutzgesetz vom 15. März 1974 (Ley de Protección ante Inmisiones, 15 de marzo 1974), Alemania

BIBLIOGRAFÍA

BLONDET, MARCIAL, *et al.*

- 2003 «Construcciones de Adobe Resistentes a los Terremoto». En *Enciclopedia Mundial de Vivienda del EERI/IAEE*. Fecha de consulta: 2/1/2008. <<http://www.world-housing.net>>.

BNATG

- 1987 Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege (Ley de Protección de la Naturaleza y de Cuidado de los Paisajes), publicada el 12/3/1987, Alemania.

BRACK, ANTONIO

- 1998 «Ecología y Desarrollo en el Perú, Pasado, Presente y Futuro». En *Revista de la Asociación Peruana de Ecología*, vol. 1, N° 1, Lima.

CANADIAN STANDARDS ASSOCIATION

- 1994 *Guidelines for Environmental Auditing: Statement of Principles and General Practices- Z751-94*. Ontario.

CAPECO

- 2007 «Reportes Estadísticos del Sector Construcción». En *Revista Construcción e industria de la Cámara Peruana de la Construcción*, año XLII, N° 213, julio.
- 2006 «Reportes Estadísticos del Sector Construcción». En *Revista Construcción e industria de la Cámara Peruana de la Construcción*, año XLI, N° 201, julio.

CHEMG,

- 1994 Chemikaliengesetz, vom (Ley de Químicos), publicada el 25/07/1994, Alemania.

CHEMVERBOTS V

- 1996 Chemikalienverbotsverordnung vom (Ordenanza de Prohibición de Químicos), publicada el 19/07/1996, Alemania.

COMEX

- 2007 «Negocios Internacionales». En *COMEX*, año 10, N° 119, julio, Lima.
- 2006 «Negocios Internacionales». En *COMEX*, año 9, N° 107, julio, Lima.
- 2004 «Negocios Internacionales». En *COMEX*, año 7, N° 83, julio, Lima.

DE VRIES, JAAP Y MIRANDA, LILIANA

- 2003 «Construcción Sostenible en el Perú». *Foro Ciudades para la vida*. Fecha de consulta: 2/1/2008. <http://www.ciudad.org.pe/downloads/documentos/construccion_sost.doc>.

BIBLIOGRAFÍA

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E. V. (HRSG.)

- 1987 *DIN 4022, Denominación y Descripción de Suelos* (Benennen und Beschreiben von Boden und Fels), Berlín.
1983 *DIN 4226, Agregados del Beton* ([Zuschlag für Beton (Teil 1,3,4)], Berlín.

EWG NR. 1836/93

- 1993 *Verordnung des Rates vom 29. Juni 1993 über die freiwillige Beteiligung gewerblicher Unternehmen an einem Gemeinschaftssystem für das Umweltmanagement und die Umweltbetriebsprüfung, 29. Juni 1993* (Ordenanza del Consejo de la Unión Europea de 29 de junio de 1993 sobre la Participación Voluntaria de las Empresas en un Sistema Comunitario de Gestión y Auditoría Ambiental).

FOLLMANN, F.

- 1998 *Integration von Arbeitsschutz und Umweltschutz in Managementsysteme der Bauwirtschaft* (Integración de Protección en el Trabajo y Ambiental en Sistemas de Gestión en el Sector de la Construcción). Wuppertal: Bergische Universität GH Wuppertal.

GEFSTOFFV

- 1993 *Gefahrstoffverordnung vom 26. Oktober 1993* (Ordenanza de Materiales Peligrosos, 26 de Octubre de 1993), Alemania.

GOLD, F.

- 1999 Documento de trabajo. Lima: Graña y Montero.

INSTITUTO DE BIOLOGÍA EN LA CONSTRUCCIÓN ROSENHEIM GMBH

- 2000 Documento de trabajo. Rosenheim.

CÁMARA INTERNACIONAL DE COMERCIO

- 1991 *Guide to Effective Environmental Auditing*. París: Editorial ICC Publishing SA.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS E INFORMÁTICA DEL PERÚ

- 2007-1 *Sistema de Cuentas Nacionales*. Lima: Instituto Nacional de Estadística e Informática del Peru. Fecha de consulta: 2/1/2008. <<http://www.inei.gob.pe/web/aplicaciones/siemweb/index.asp?id=003>>
2007-2 *Producción Nacional, Informe Técnico N° 03*. Lima: Instituto Nacional de Estadística e Informática del Perú.,
2006 *Compendio Estadístico. 2005, Sistema Nacional de Estadística del Perú*. Lima: Instituto Nacional de Estadísticas e Informática del Perú.

INDECOPI

- 2004 ISO: Norma Técnica ISO 14020. *Etiquetas ambientales y declaraciones – principios generales*. Lima: INDECOPI.
- 2003 ISO: Norma Técnica ISO 19011. *Directrices para la auditoría de los sistemas de gestión de la calidad y/o ambiental*. Lima: INDECOPI.
- 2002 ISO: Norma Técnica ISO 14001. *Sistemas de Gestión Ambiental – Especificación y Directrices para su Utilización*. Lima: INDECOPI.
- 2001 ISO: Norma Técnica ISO 14021. *Etiquetas ambientales y declaraciones – Etiquetado ambiental – Auto declaración ambiental – Términos y definiciones*. Lima: INDECOPI.
- 2000 ISO: Norma Técnica ISO guide 64. *Aspectos ambientales en estándares de productos*. Lima INDECOPI.
- 1999 ISO: Norma Técnica ISO 14024. *Etiquetas ambientales y declaraciones – Etiquetado ambiental – Auto declaración ambiental – Términos y definiciones*. Lima: INDECOPI.
- 1999 ISO: Norma Técnica ISO TR 14061. *Información de soporte a organizaciones forestales en la aplicación de las normas de SGA ISO 14001 e ISO 14004*. Lima: 1999.
- 1998 ISO: Norma Técnica ISO 14050 *Vocabulario de SGA*; publicado como NTP por INDECOPI en el 1998.
- 1998 ISO: Norma Técnica ISO 14004. *Sistema de Gestión Ambiental – Directrices Generales sobre Principios, Sistemas y Técnicas de Apoyo*. Lima: INDECOPI.
- s/f ISO: Norma Técnica ISO 14040. *Gestión ambiental. Análisis de Ciclo de Vida. Principios y marco de referencia*. Lima: INDECOPI.
- s/f ISO: Norma Técnica ISO 14044. *Gestión ambiental. Análisis de Ciclo de Vida. Requisitos y directrices*. Lima: INDECOPI.

KIBERT, C.J.

- 1994 «First International Conference of CIB TG 16 on Sustainable Construction», Sesión final de la Primera Conferencia Internacional de CIB TG 16. Tampa, Florida.

KOHLE, G.

- 1997 *Recyclingpraxis Baustoffe* (Prácticas de Reciclaje de Materiales de Construcción). Colonia: Editora TÜV Rheinland.

KOHLE, P., et al.

- 1982 *Construcción Ecológica*. Berlín.

KRW-/ABFG

1994 *Gesetz zur Förderung einer rückstandsarmen Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Entsorgung von Abfällen (Kreislaufwirtschaft- und Abfallgesetz - KrW-/AbfG), vom 6. Oktober 1994* (Ley de Promoción de un Ciclo Económico sin Residuos y Aseguramiento de la Disposición Final de Residuos Compatible con el Ambiente, 6 de octubre de 1994), Alemania.

KUROIWA, J.

2002 *Reducción de Desastres: Viviendo en armonía con la naturaleza*. Lima.

LAWSON, W.R.

1992 «Energy costs of building and the recycling of building materials» (Costos de energía de edificaciones y reciclaje de materiales de construcción). En *Proceedings of Construction Beyond 2000*. Espoo.

LEHMANN, H., et al.

1999 «Energía y Ambiente». En *Manual de Uso Racional de Energía* por encargo de la CDG (Carl Duisberg Gesellschaft) para el Ministerio de Energía y Minas del Perú. Wuppertal.

MAYURÍ, D.

1999 Documento de trabajo. Lima: Graña y Montero.

MERA

1990 *Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (Hrsg.)* (Hoja Técnica para la Conservación de Pistas de Asfalto – Sección: Medidas de Construcción, Levantamiento de Superficies de Asfalto por Medio de Fresado o Taladrado). Colonia.

MINISTERIO DE TRABAJO Y PROMOCIÓN DEL EMPLEO DEL PERÚ

2006 Programa de Estadísticas y Estudios Laborales Estadísticas Ocupacionales Construcción, boletín N° 6, III trimestre.

MINISTERIO DE VIVIENDA CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO

2006 «Estadísticas». En *Boletín Virtual*. Fecha de consulta: 2/1/2008. <http://www.vivienda.gob.pe/Boletin/Boletin_Estadistico.pdf>.

2006 «Competencias Sectoriales en el manejo de los Residuos Sólidos de la Construcción, presentación». En *Consejo Nacional del Ambiente*. Fecha de consulta: 2/1/2008.

<<http://www.conam.gob.pe/documentos/residuos/Presentaciones%20Reunion%20Anual%20RRSS%202006/04%20JOSE%20GUILLEN%20-Minist.Vivienda.pdf>>.

MVIN-STB 85

1985 Forschungsgesellschaft für Straßen und Verkehrswesen (Hrsg.) (Hoja Técnica sobre la Utilización de Productos Secundarios en la Construcción de Carreteras – Parte: Reutilización de Materiales de Construcción). Colonia.

NICOLAI, M.

1994 Zur Konfiguration von verfahrenstechnischen Anlagen für das wirtschaftliche Recycling von Bauschutt (Configuración de Plantas Costo Eficientes para el Reciclaje de Residuos de la Construcción). Tesis de Doctorado, Universität Karlsruhe (TH), Karlsruhe.

NTP 400.050:1999

1999 *Norma técnica Peruana. Manejo de Residuos de la Actividad de la Construcción – Generalidades*. Lima: INDECOPI.

NTP 400.051:1999

1999 *Manejo de residuos de la actividad de la construcción. Reciclaje de mezclas asfálticas de demolición*. Lima: INDECOPI.

NTP ISO 14050:1998

1998 *Gestión ambiental. Vocabulario*. Lima: INDECOPI.

NTP 400.052:2000

2000 *Manejo de residuos de la actividad de la construcción. Reutilización y reciclaje de materiales de bases y sub-bases provenientes de la demolición de carreteras o plataformas*. Lima: INDECOPI.

NTP 400.053:1999

1999 *Manejo de residuos de la actividad de la construcción. Reciclaje de concreto de demolición*. Lima: INDECOPI.

NTP 400.054:2000

1999 *Manejo de residuos de la actividad de la construcción. Reciclaje de concreto de demolición no clasificados*. Lima: INDECOPI.

OECD

1991 *Environmental Labelling in OECD Countries*. París: Editorial de la OECD.

PEARSON, D.

1989 *The Natural Housebook*. Londres: Editorial Conrad Octopus.

PNTTP 400.051 – 1999

1999 *Norma Técnica Peruana. Manejo de Residuos de la Actividad de la construcción - Asfalto de demolición*. Lima: INDECOPI.

PNTTP 400.052 – 1999

1999 *Norma Técnica Peruana. Manejo de Residuos de la Actividad de la construcción - Material no bituminoso de demolición de carreteras*. Lima: INDECOPI.

PNTTP 400.053 – 1999

1999 *Norma Técnica Peruana – Manejo de Residuos de la Actividad de la construcción - Concreto de demolición*. Lima: INDECOPI.

PNTTP 400.055 – 1999

1999 *Norma Técnica Peruana – Manejo de Residuos de la Actividad de la construcción - Excedentes de Remoción*. Lima: INDECOPI.

PRODUCE

2007 *Boletín Estadístico Mensual*. Lima: Ministerio de la Producción del Perú.

RIEGER, H.

1999 *Análisis de la Introducción e Implementación de Sistemas de Gestión Ambiental en Pequeñas Empresas Constructoras* (Untersuchung zur Einführung und Umsetzung von Umweltmanagementsystemen in kleinen Bauunternehmen). Universidad Essen, Facultad de Ingeniería Civil.

RM 165- 2007-VIVIENDA

2008 «Política Ambiental del Sector Vivienda y Construcción en el Perú» En *Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento*. Fecha de consulta: 2/1/2008.

<<http://www.vivienda.gob.pe/ambiente/ANEXOS/ANEXO%20A%20%20POLITICA%20AMBIENTAL%20SECTORIAL.pdf>>.

ROODMAN D.M., y LENSSEN, N.

1995 «A building Revolution: How Ecology and Health Concerns are Transforming Construction». En *Worldwatch Paper 124*. Washington D.C.: Worldwatch Institute.

RÜHL, *et al.*

1999 *Handbuch der Bauchemikalien* (Manual de Sustancias Químicas en la Construcción). Editorial Ecomed, capítulo IV-18

SBCI

2008 «Introducción a una Iniciativa Global Intersectorial coordinada por el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente». En *Sustainable Buildings & Construction Initiative*. Fecha de consulta: 2/1/2008. <<http://www.unepsbci.org/About/background/>>.

SCHMIDT-BLEEK, F.

1994 *Wieviel Umwelt braucht der Mensch? - MIPS das Maß für ökologisches Verhalten* (¿Cuánto ambiente necesita el hombre? - IMPS: la medida para un comportamiento ecológico). Basel: Editorial Birkhäuser.

SCHWARZ, M.

1998 *Materiales impartidos por el expositor Max Schwarz durante el desarrollo del Programa de Capacitación de Auditores en Sistemas de Gestión Ambiental – Módulo 1: Normas ISO 14000*. Lima: CONAM e INDECOPI.

SENCICO

2007 «Viviendas de uno y dos pisos, de adobe mejorado construidas por SENCICO en Pacarán, provincia de Cañete». En *SENCICO*. Fecha de consulta: enero de 2008. <<http://www.sencico.gob.pe/noticiassencico/noticias.html>>.

SMITH, M., *et al.*

1997 «Life Cycle Analysis of Housing». En *Housing Studies*, vol. 12, pp. 215 – 229.

SOTOMAYOR, A.

2001 *Restauración del Medio Ambiente*. Lima: *s/e*.

TL MIN STB 83

1983 *Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (Hrsg.): Technische Lieferbedingungen für Mineralstoffe im Strassenbau* (Condiciones Técnicas de Entrega de Minerales en la Construcción de Carreteras sin Aglutinantes). Colonia.

THORSBY, D.

1993 «Ecologically Sustainable Development and the Transport Sector». En *UNEP Industry and Environment*, 16 (1-2).

TRGS 519, 1995

1995 *Technische Regelwerke für Gefahrstoffe* (Reglamentos Técnicos para Materiales Peligrosos).

TUCKER, SN., *et al.*

1989 *Air Pollutants from Surface Materials: Factors Influencing Emissions*. Washington D.C.: EPA.

UBA

2000 Umweltbundesministerium (Ministerio de Medio Ambiente de Alemania). <<http://www.blauer-engel.de>>.

UGA

1997 *Encuesta a las empresas*. Umweltgutachterausschusses (Comisión de Peritos Ambientales). <<http://www.unis.de/audit/audit.html>>.

UMWELTHAFTG

1991 *Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung vom 12. Februar 1990* (Ley de Evaluación de Impacto Ambiental, 12 de febrero de 1990), Alemania.

UVPG

1990 *Umwelthaftungsgesetz vom 10. Dezember 1990* (Ley de Penalidad Ambiental, 10 de Diciembre de 1990), Alemania.

UVV

1979 *Unfallverhütungsvorschrift, 1. April 1973* (Regulación de Protección contra Accidentes, 1 de abril de 1973), Alemania.

VALDIVIA, S.

1995 *Potencial Económico de Sustitución de Recursos Naturales por Materiales Reciclados* (Okonomische Substitutionspotentiale für natürliche Rohstoffe durch Sekundärstoffe). Frankfurt y Main: Editora Peter Lang.

VALDIVIA, S., *et al.*

1999 «Remodelación del Reichstag – Parlamento Alemán». En *Manual de Uso Racional de Energía* por encargo de la CDG (Carl Duisberg Gesellschaft). Wuppertal: Ministerio de Energía y Minas del Perú.

VALDIVIA, S. Y REYNA FARJE, L.

2005 *Estudio de Prefactibilidad y Plan Estratégico para el Manejo de Residuos Industriales en el Perú*.

VAN HAUWERMEIREN, S.

- 1999 *Manual de Economía Ecológica. Programa de Economía Ecológica.* Santiago de Chile: Instituto de Economía Política.

WHG

- 1996 Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushaltes vom 12. November 1996 (Ley de Administración de Aguas, 12 de noviembre de 1996), Alemania.

WP-27

- 1995 *Análisis de Intensidad de Materiales de Materiales de Construcción (1): Concreto y Acero* (Materialintensitätsanalysen von Baustoffen (1): Beton und Stahl). Wuppertal: Wuppertal Institute for Environment, Climate, Energy. <<http://www.wupperinst.org>>.

WOHLFARTH, W.

- 1997 Qualitäts-, Umwelt- und Arbeitsschutzmanagementsysteme (Sistemas de Gestión de la Calidad, Ambiental y de la Seguridad en el Trabajo: Introducción, Historia e Integración). Ponencia presentada en el Workshop de «Ökologie-Börse» en Münster, Alemania. <<http://www.umis.de/magazin/98/04/wohlfarth/wohlfarth.html>>.

WYATT, D.P.

- 1994 Recycling and serviceability: the twin approach to securing sustainable construction (Reciclaje y Utilidad: La pareja compatible para asegurar una construcción sostenible), en Proceedings of the First International Conference of CIB TG 16 on Sustainable Construction Tampa, Florida, 1994.

ZTVT, StB 86/90

- 1983 *Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (Hrsg.) Zusätzliche technische Vorschriften und Richtlinien für die Ausführung von Bodenverfestigung Bodenverbesserung im Strassenbau* (Reglamentos y Normas Técnicas Adicionales para las Operaciones de Mejoramiento de Suelos en la Construcción de Carreteras sin Aglutinantes), Colonia.

SE TERMINO DE IMPRIMIR EN
LOS TALLERES GRÁFICOS DE
TAREA ASOCIACIÓN GRÁFICA EDUCATIVA
PSJE. MARÍA AUXILIADORA 156, BREÑA
CORREO E.: TAREAGRAFICA@TERRA.COM.PE
TELÉF.: 332-3229 FAX: 424-1582
SE UTILIZARON CARACTERES
ADOBE GARAMOND PRO EN 11 PUNTOS
PARA EL CUERPO DEL TEXTO
FEBRERO 2009 LIMA – PERÚ

Otras publicaciones del Fondo Editorial

*Construcción de casas saludables y
sismorresistentes de adobe reforzado
Zona de la costa*

Marcial Blondet, Daniel Torrealva
y Julio Vargas Neumann

*Construcción de casas saludables y
sismorresistentes de adobe reforzado
Zona de la sierra*

Marcial Blondet, Daniel Torrealva
y Julio Vargas Neumann

Construcción antisísmica de viviendas de ladrillo
Marcial Blondet (editor)

Diseño de estructuras de concreto armado
Teodoro Harmsen

Nuestro mundo social
Introducción a la ciencia económica
Adolfo Figueroa

La construcción es una actividad que altera significativamente nuestro medio ambiente. Por otro lado, el incremento acelerado de la población mundial —que se estima se duplicará en los próximos cincuenta años— hace que el sector de la construcción haya crecido exponencialmente no solo en nuestro país sino en todo el mundo.

Este desarrollo anticipa, para las próximas décadas, grandes cambios y retos para la construcción. *Instrumentos de gestión ambiental para el sector construcción* expone la problemática de los aspectos ambientales originados en dicho sector, así como los principales elementos —como el marco legal y los principios ambientales— para una gestión responsable. Asimismo, estudia las implicancias ambientales del sector construcción en el Perú de hoy.

ISBN: 978-9972-42-879-1



9 789972 428791