

# el Cobre

la elección profesional

CU

Análisis del  
ciclo de vida

# el Cobre

análisis del  
ciclo de vida  
comparativo de  
instalaciones de  
agua potable:  
tubería de cobre versus  
sistema multicapa PEX-Al

# Orre



Introducción

p. 4



Metodología de evaluación de impacto:  
Eco-indicator 99

p. 5



Evaluación del Impacto del Ciclo de Vida (EICV)

p. 6



Interpretación de resultados y conclusiones

p. 8



# INTRODUCCIÓN

El estudio del Análisis de Ciclo de Vida (ACV) ha sido elaborado por solicitud del Centro Español de Información del Cobre (CEDIC).

El estudio ha sido realizado por un equipo del Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónicas de la Universidad Politécnica de Madrid, conforme a la metodología de Eco-indicator 99, que representa el "state of art" en análisis del ciclo de vida. Una vez finalizado el informe, éste fue sometido a revisión crítica, según la norma UNE-EN-ISO 14044-2006, por el Departamento de Ingeniería Química, Escuela Técnica Superior de Ingeniería de la Universidad de Santiago de Compostela.



**El estudio comprende todas las etapas del ciclo de vida, desde la extracción de materias primas, fabricación de tuberías y accesorios y el uso de la instalación hasta el final de su vida útil (ciclo de vida). Para la definición de la instalación tipo, se ha seleccionado una vivienda unifamiliar estándar en España, conforme a las indicaciones del Ministerio de Vivienda.**



Este documento constituye un resumen del informe original, propiedad del Centro Español de Información del Cobre (CEDIC), al cual se puede acceder bajo solicitud en caso de que se desee profundizar en aspectos concretos del mismo.



# METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE IMPACTO: ECO-INDICADOR 99

El Eco-indicator 99 modeliza el daño ambiental mediante el análisis de destino de las emisiones, exposición, análisis de efectos, y finalmente, análisis de daños.

**Salud Humana (SH):** las categorías asociadas son Carcinogénicos (C), Orgánicos Respirables (OR), Inorgánicos Respirables (IR), Cambio Climático (CC), Disminución de la Capa de Ozono (CO) y Radiación Ionizante (R).

**Calidad del Ecosistema (CE):** las categorías relacionadas son Ecotoxicidad (E), Acidificación/Eutrofización (A/E) y Uso de la Tierra (UT).

**Recursos (R):** La conservación de los recursos se analiza sobre la base de las categorías de Minerales (M) y Combustibles Fósiles (CF).

La caracterización proporciona las directrices para la modelización y estimación de un indicador de categoría de impacto para cada una de las categorías contempladas.

Salud Humana (SH)



El daño a la salud humana en esta categoría incluye el número y la duración de las enfermedades, y los años de vida perdidos. Se expresa en Disability Life Years (DALY).

Calidad del Ecosistema (CE)



El daño a la calidad del ecosistema incluye el efecto sobre la diversidad de especies, especialmente en las plantas vasculares y los organismos sencillos. Se expresa como Potentially Disappeared Fraction (PDF) y Potentially Affected Fraction (PAF) o fracción de especies que potencialmente desaparecerán o se verán afectadas, respectivamente, como consecuencia del impacto ambiental experimentado en un área durante un tiempo determinado.

Recursos (R)



El daño a los recursos se obtiene a partir de modelos geoestadísticos que relacionan disponibilidad y concentración, y se expresa como la energía extra que será necesaria para la futura extracción mineral de baja calidad y recursos fósiles. Se expresa como MJ de energía extra que será necesaria en el futuro.



# EVALUACIÓN DEL IMPACTO DEL CICLO DE VIDA (EICV)

## Caracterización, normalización y ponderación

### Caracterización

Consiste en la aplicación de modelos para obtener un indicador ambiental en cada categoría de impacto, unificando a una unidad de referencia todas las sustancias clasificadas dentro de cada categoría mediante el empleo de factores de equivalencia.

Resultado Caracterización: Perfil ambiental del sistema, compuesto por el conjunto de indicadores ambientales de las categorías de impacto consideradas para valorar el impacto global y su acidificación.

### Normalización

La normalización consiste en la evaluación del perfil ambiental generado en los pasos anteriores, mediante el establecimiento del peso de cada categoría. Esta etapa permite la "adimensionalización" de las categorías y la comparación entre las mismas.

En términos de valor absoluto, una contribución determinada de impacto puede parecer muy significativa; sin embargo es posible que al considerar el impacto global del proceso, esta contribución resulte despreciable. La normalización y ponderación de las categorías permite establecer comparaciones entre ellas y emitir un análisis en mayor profundidad.

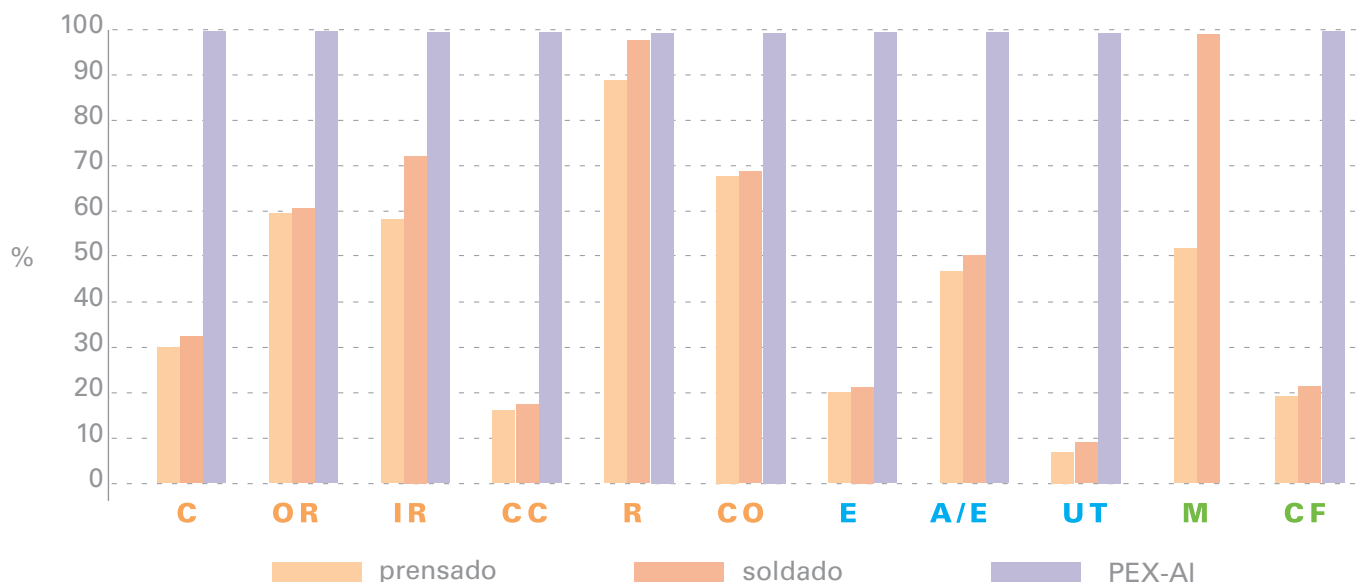
### Ponderación

Finalmente, la valoración o ponderación permite determinar la importancia relativa de las distintas categorías de impacto, con la finalidad de obtener un resultado único o índice ambiental. En el estudio se ha empleado la perspectiva jerárquica para establecer los criterios de ponderación.

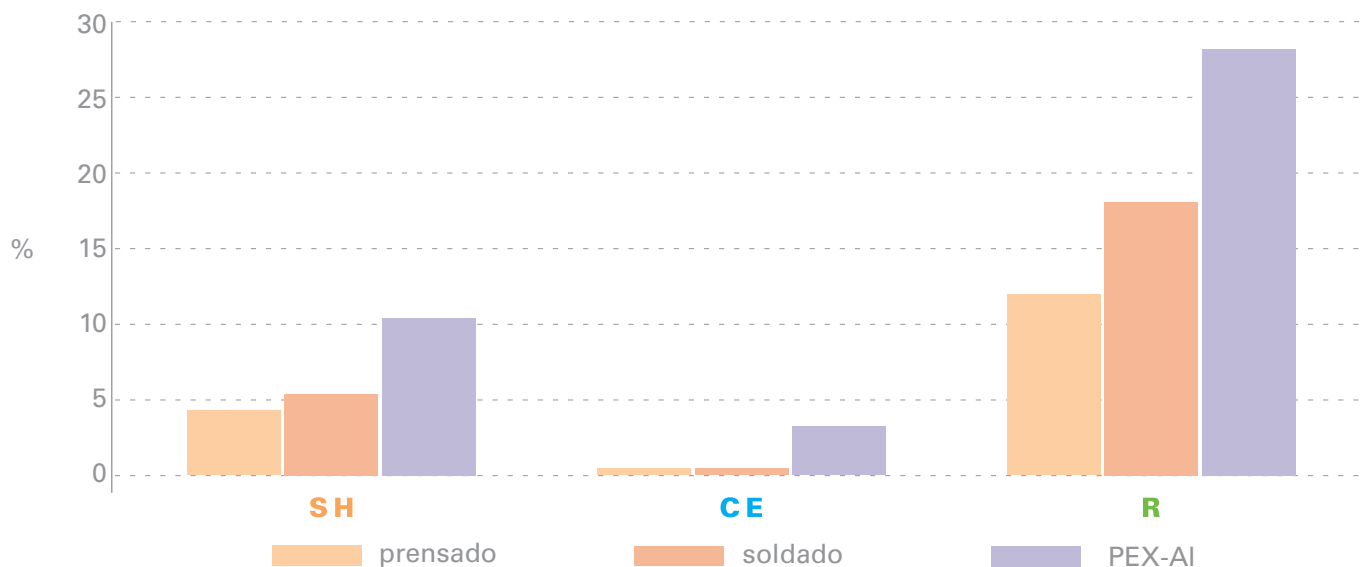
## Tabla caracterización de las instalaciones

CATEGORÍA	UNIDAD	INSTALACIÓN COBRE PENSADO	INSTALACIÓN COBRE SOLDADO	INSTALACIÓN PEX-AI	
C	DALY	$1,12 \cdot 10^{-5}$	$1,29 \cdot 10^{-5}$	$3,58 \cdot 10^{-5}$	Salud Humana
OR	DALY	$5,64 \cdot 10^{-7}$	$5,83 \cdot 10^{-7}$	$7,95 \cdot 10^{-7}$	
IR	DALY	$1,25 \cdot 10^{-4}$	$1,61 \cdot 10^{-4}$	$1,91 \cdot 10^{-4}$	
CC	DALY	$2,44 \cdot 10^{-5}$	$2,54 \cdot 10^{-5}$	$8,71 \cdot 10^{-5}$	
R	DALY	$7,46 \cdot 10^{-7}$	$8,25 \cdot 10^{-7}$	$7,07 \cdot 10^{-7}$	
CO	DALY	$1,63 \cdot 10^{-7}$	$1,65 \cdot 10^{-7}$	$2,09 \cdot 10^{-7}$	
E	PAF*m2yr	22,9	24,2	103,75	Calidad del Ecosistema
A/E	PAF*m2yr	3,79	4,15	7,20	
UT	PAF*m2yr	1,30	1,64	16,40	
M	MJ surplus	$2,73 \cdot 10^2$	$5,09 \cdot 10^2$	1,76	Recursos
CF	MJ surplus	$2,31 \cdot 10^2$	$2,54 \cdot 10^2$	$5,50 \cdot 10^2$	

## Gráfico comparativo caracterización de las instalaciones



## Gráfico comparativo evaluación del daño del ciclo de vida de las instalaciones





# INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES

La instalación de tubo de cobre prensada supone una reducción del impacto ambiental del 59,26% en relación al sistema multicapa. La reducción para la tubería de cobre soldada es del orden del 41,71%.

Comportamiento	Tubo de cobre	Tubo multicapa
Salud humana	mejor	peor
Calidad del ecosistema	mejor	peor
Conservación Recursos	mejor	peor

El análisis comparativo del ciclo completo incorpora las fases de montaje, uso de la instalación y disposición final. Las pérdidas de calor calculadas para las instalaciones de agua potable durante los 50 años de vida útil de la vivienda son superiores en la instalación de sistema multicapa PEX-AI, de modo que los resultados de la evaluación confirman la instalación de PEX-AI como la de peor comportamiento ambiental.



Tanto la migración de componentes de las tuberías al agua como el crecimiento bacteriano no han sido contempladas en este estudio por no existir aún metodología para la modelización y cuantificación de impactos. No obstante existen documentos de rigor científico, que se incluyen al final del informe para su valoración cualitativa.





# ANÁLISIS CUALITATIVO

## Análisis cualitativo sobre Crecimiento Bacteriano<sub>1</sub>

### Resultados poco concluyentes (años 2004 a 2006)

- El crecimiento bacteriano parece ser superior en los tubos de material plástico
- Especialmente durante los primeros 200 días el polietileno favorece más la formación de la biocapa
- En ensayos a 2 años el cobre parece limitar temporalmente el crecimiento bacteriano
- El cobre es el material más favorable a corto plazo

## Resultados sobre crecimiento bacteriano conocidos después de la finalización del ACV (año 2008)<sub>2</sub>

La Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) aprobó en 2008 el registro del cobre como el primer material sólido con propiedades antimicrobianas. Este registro se apoya en extensos estudios y pruebas de laboratorios independientes sobre eficacia antibacteriana.

### Resultados concluyentes (año 2008)

- Materiales ensayados: Cobre, Acero Inox., PVC y PEX-Al
- El único material de los ensayados con un comportamiento diferenciado frente a la Legionella es el Cobre
- En el sistema de cobre fue extremadamente difícil y requirió varios intentos provocar el cultivo bacteriano
- Una vez provocada la proliferación bacteriana la elevación de la temperatura a 55°C, en los sistemas de Acero Inox., PVC y PEX no se obtuvo ninguna reducción significativa en el número de bacterias. Por el contrario en el sistema de tuberías de Cobre las bacterias quedan totalmente eliminadas a 55°C
- A temperatura de 25°C durante 100 días la Legionella sobrevive tanto en el agua como en biocapa en el caso del Acero Inox., PVC y PEX. A esta temperatura la bacteria no es detectable en el sistema Cobre

Existen múltiples estudios que evidencian la acción antibacteriana del cobre frente a diferentes microorganismos:

- Staphylococcus aureus resistente a la meticilina (1)
- Clostridium difficile (2)
- Escherichia Coli (3)
- Legionella Pneumophila y flora acuática (4)
- Actinomuicor elegans (5)
- Aspergillus niger (5)
- Bacterium linens (5)
- Tuorolopsis utilis (6)
- Acromobacter Fischeri
- Photobacterium Phosphoreum (7)
- Mercenaria mercenaria (8)
- Poliovirus (9)
- Paramecium Caudatum (10)
- Campylobacter jejuni (11)
- Salmonella Enterica (11)

# Análisis cualitativo sobre Migración de Componentes Orgánicos (VOC)<sub>3</sub>

## Resultados (años 2002 a 2007)

- Identificados 32 componentes orgánicos migrados al agua en las tuberías de HDPE y PEX
- Algunos de estos componentes son disruptores hormonales endocrinos y otros que están prohibidos para uso en el envasado de alimentos
- Los ensayos de migración de VOC se realizaron con muestras de tubo nuevo y en ensayos estáticos de contacto con agua
- Estas evidencias tienen rigor científico pero carecen aún de la modelización adecuada para ser considerados en el ACV



## NOTAS

- 1) Noyce JO, Michels H, Keevil CW. Potential use of copper surfaces to reduce survival of epidemic meticillin-resistant *Staphylococcus aureus* in the healthcare environment. *J Hosp Infect* 2006;63(3): 289-97.
- 2) Wheelodon LJ, Worthington T, Lambert PA, Hilton AC, Lowden CJ, Elliott TS. Antimicrobial efficacy of copper surfaces against spores and vegetative cells of *Clostridium difficile*: the germination theory. *J Antimicrob Chemother* 2008;62(3):522-5.
- 3) Copper surfaces inhibit *Escherichia coli* O157. Seminario del cobre y la salud. C.W.Keevil, J.T. Walker and A.Maule (20.11.2000) [www.procobre.cl](http://www.procobre.cl)
- 4) The viability of antimicrobial copper as a hygienic material for hvac system components. Copper Development Association Inc and ICA, Ltd. Al.Lewis, C.W.Keevil (2004)
- 5) Chian and Tien
- 6) "Tubercle Bacillus es inhibido por el cobre... en concentraciones 1:5000 a 1:50.000." Feldt
- 7) El crecimiento de *Achromobacter fischeri* y *Photobacterium* es inhibido por cobre metálico. Johnson, Carver, Harryman
- 8) *Water Research*. Volumen 36, n° 8, páginas 2002-2010. Varios autores (Abril 2002)
- 9) *Copper in society and in the environment*. Lars Landner & Iennart Lideström. Swedish Environmental Research Group (MFG) (1999)
- 10) Artículo: "La división celular de *Paramecium Caudatum* se reduce por las bandas de cobre colocadas en una placa de Petri conteniendo un medio con nutrientes e infusor". Ovin & Zolotukhina
- 11) Antimicrobial activity of copper surfaces against *Campylobacter jejuni* and *Salmonella enterica*. Artículo Universidad de Chile. Gustavo Fernández, Miriam Troncoso, Paola Navarrete y Guillermo Figueroa

### Bibliografía relevante

1. -The effects of changing water flow velocity on the formation of biofilms and water quality in pilot distribution system consisting of copper or polyethylene pipes. Markku J. Lehtola, et Al. 2006  
-Biofilm formation and multiplication of *Legionella* in a model warm water system with pipes of copper, stainless steel and cross-linked polyethylene. Dick van der Kooij, et Al. 2005  
-Pipeline materials modify the effectiveness of disinfectants in drinking water distribution systems. Markku J. Lehtola, et Al. 2005  
-Microbiology, chemistry and biofilm development in a pilot drinking water distribution system with copper and plastic pipes. Markku J. Lehtola, et Al. 2004
2. -KIWA Report: Influence of the water temperature on the growth of *Legionella* in a test installation with different piping materials
3. -Volatile organic components migrating from plastic pipes (HDPE, PEX and PVC) into drinking water. Skjevraak et Al. 2003  
-Identification of organic compounds migrating from polyethylene pipelines into drinking water. Brocca et Al. 2002  
-Modeling of the release of organic compounds from polyethylene pipes to water. Denberg et Al. 2007  
-Investigación en curso Instituto Noruego para la Salud Pública. Objeto: Análisis del crecimiento biológico y de la migración de componentes de diferentes tuberías de polietileno reticulado

Los  
profesionales  
saben  
elegir.



# La elección profesional

**Centro Español de Información del Cobre (CEDIC)**

C/ Princesa, 79, 1º izda. - 28008 - Madrid

En representación del Comité Español de la ECPPC

[www.elcobre.com](http://www.elcobre.com)

Patrocinado por: International Copper Association (ICA) y European Copper Institute (ECI)

Todos los datos y conceptos contenidos en esta publicación se revisaron cuidadosamente. Los miembros del Comité Español de la Campaña Europea de Información de Tubo y Accesorios de Cobre (ECPPC) no asumen responsabilidad, ni legal ni de otro tipo, en lo relativo a la garantía de integridad, exactitud y ausencia de errores.