

Contaminación y Difusión en la conducción de agua



Ing. Sonia Bueno, UNAICC

VIII ENCUENTRO IBEROAMERICANO DE MUJERES ARQUITECTAS E INGENIERAS, LA HABANA. CUBA 2007

Resumen - Definiciones

El flujo de sustancias líquidas y gaseosas a través de un material sólido se define como difusión, o sea, la transportación de átomos, moléculas u iones libres como consecuencia de la diferencia de concentración.

La difusión ocurre mayormente a través de dos vías:

- a) orificios libres entre los polímeros formados bajo la influencia térmica**
- b) capilares submicroscópicos.**

La difusión de sustancias tóxicas a través de las paredes de las líneas conductoras de agua es la causante de contaminaciones de aguas potables, regadíos y suelos. El efecto de la contaminación por difusión se refleja en la afección de la salud humana y otras especies vivientes del planeta cada vez más creciente.

La corrosión en las líneas conductoras se acelera por los procesos de difusión que se adjunta al uso de materiales cuya conformación molecular favorece dicho fenómeno.

Resumen

En el siguiente trabajo serán discutido el fenómeno de difusión en cuanto a:

- Su contexto físico-químico,**
- La dimensión cuantitativa,**
- Los Impactos sobre la salud humana y el medio ambiente**
- Los Impactos sobre la integridad de las líneas conductoras**
- Las limitaciones para el uso de materiales y sistemas no seguros contra la difusión en la conducción de agua y sustancias nocivas con referencia específica a las condiciones climáticas del trópico.**

Contexto físico-químico

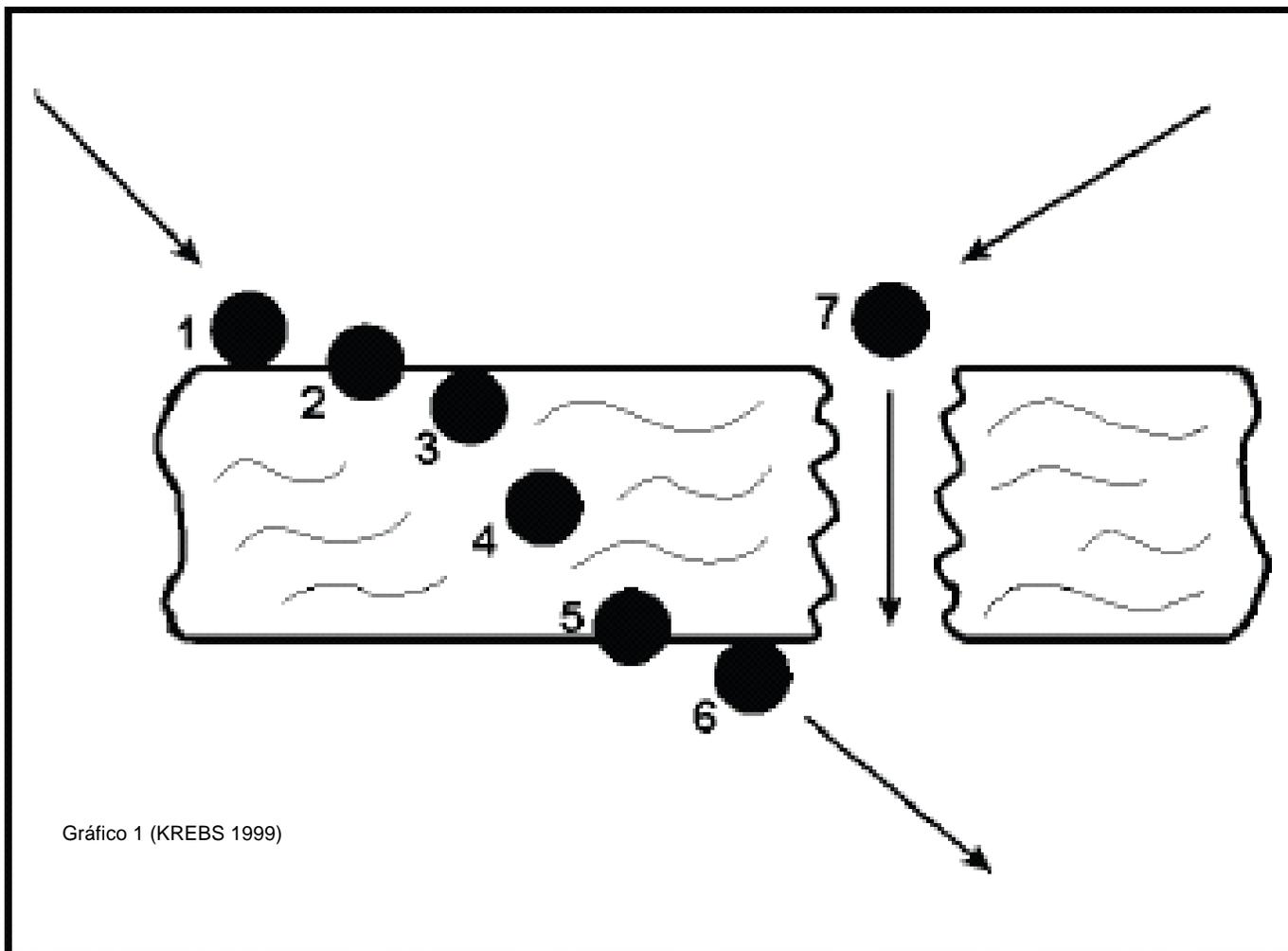


Gráfico 1 (KREBS 1999)

Difusión activada:

1. Adsorción,
2. Absorción,
3. Disolución,
4. Difusión,
5. Desorción,
6. Evaporación

Difusión por capilares:

7. Tránsito directo

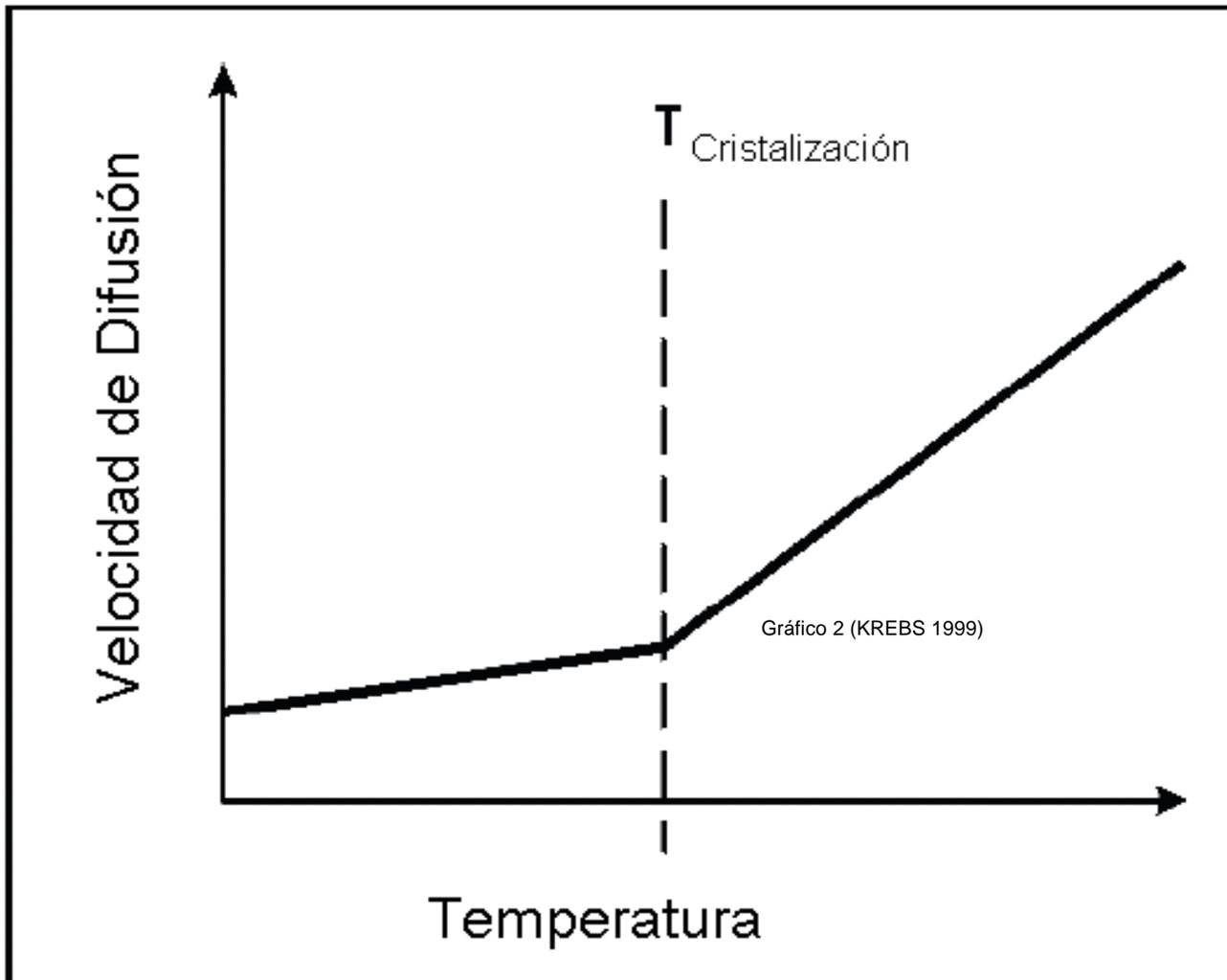
Ing. Sonia Bueno, UNAICC

Contexto físico-químico

Ambos tipos de difusión dependen de:

- **la temperatura ambiental (la velocidad de la difusión aumenta con la temperatura),**
- **de la relación de tamaño entre los espacios intermoleculares de los polímeros y las moléculas de la sustancia, así como**
- **de la diferencia de presión parcial entre los medios dentro y fuera de la tubería.**

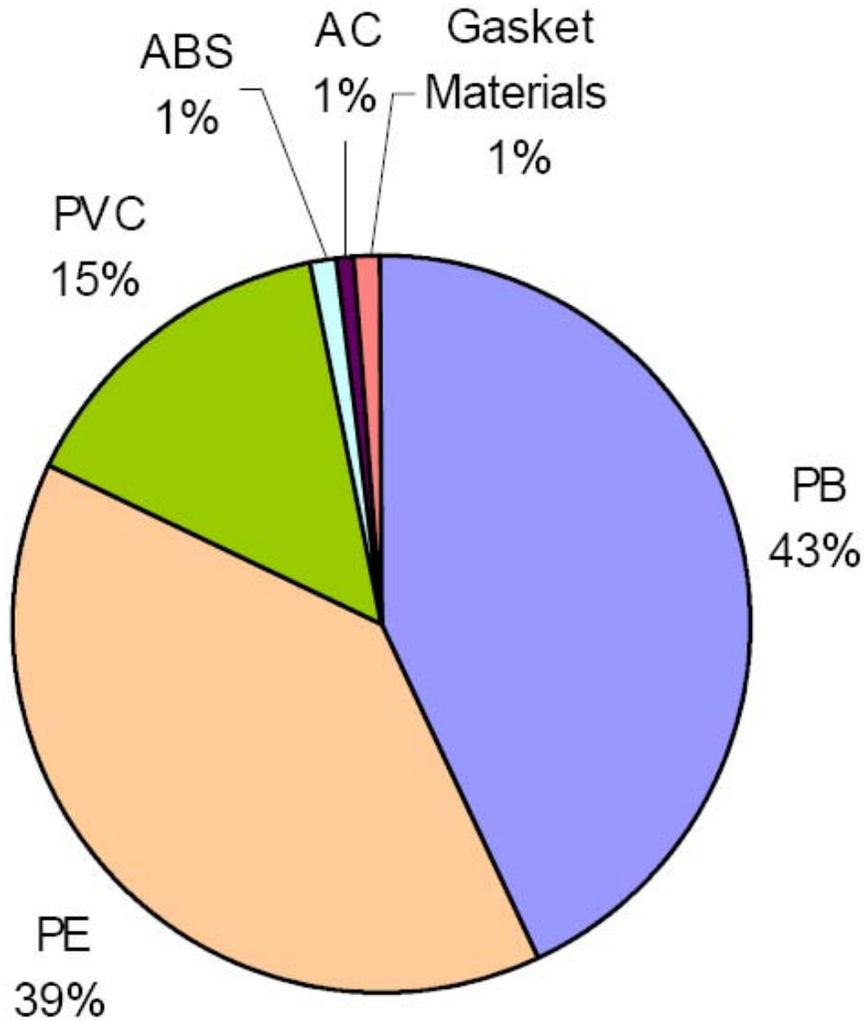
Contexto físico-químico



Velocidad de difusión en dependencia de la temperatura

Ing. Sonia Bueno, UNAICC

La dimensión cuantitativa



Incidentes de contaminación de agua potable debido a difusión por tipo de material de la tubería en EE.UU. (1980-1990)

ABS = Acrylonitrile-butadiene-styrene

AC = Asbestos Cement

PB = Polybutylene

PE = Polyethylene

PVC = Polyvinyl chloride

Ing. Sonia Bueno, UNAICC

La dimensión cuantitativa

Sustancias solventes presentes comúnmente en los suelos urbanos y aguas residuales penetran a través de tuberías termoplásticas dentro de un período de 2 a 9 semanas. Un espesor mayor de la tubería solamente alarga gradualmente el período de difusión inicial hasta la saturación del material.

Los solventes como por ejemplo el tolueno, el tricloroetileno, el cloruro de metileno y el xileno una vez difundido por las paredes provocan una hinchazón irreversible de los termoplásticos multiplicando la velocidad de difusión por un factor de 900 hasta 4000.

Los casos analizados en el estudio mencionado así como otros elaborados en los sectores de la construcción, hidráulica, química e ingeniería de calefacción también muestran que no existen diferencias significantes entre los distintos tipos de materiales termoplásticos en cuanto al fenómeno de la difusión.

La dimensión cuantitativa

Micro-fracturas sufridas durante la transportación e instalación, o inducidas por fuerzas alternadas durante la operación no solamente afectan la resistencia pero también la permeabilidad de los materiales termoplásticos. Una membrana termoplástica de 100mm de espesor y de última tecnología, por ejemplo, recibe durante la instalación (conforme a los manuales) un elevado número de micro-perforaciones que permiten la difusión de líquidos lixiviados a una velocidad de alrededor de 200 litros por hectárea y día.

La AWWA (American Water Works Association) por esa razón exige para las tuberías termoplásticas según los estándares C906 (PE), C900, C 905 y C909 (PVC) que bajo ningún concepto sean instalados componentes que tengan defectos visible en sus superficie (arañazos) ya que aquellos son indicadores de micro-perforaciones y fracturas que afectan la integridad de la pared.

En materiales metálicos no ocurren efectos de difusión mientras se encuentran en fase sólida.

Los Impactos sobre la salud humana y el medio ambiente

Los impactos sobre la salud de la población son tan variados como las sustancias que pueden difundir a través de los materiales no seguros contra la difusión. Metales pesados, compuestos orgánicos volátiles y sintéticos, solventes, asbesto, alcoholes y nitratos son solamente ejemplos que traen efectos cancerígenos, teratogénicos y mutagénicos, irritan los ojos, piel y mucosas, afectan el sistema gastrointestinal y respiratorio así como las células nerviosas y la sangre

La entrega de sustancias tóxicas desde suelos contaminados hacia las líneas de agua potable por causa de la difusión afecta principalmente la salud de los seres humanos y los animales. Por otra parte el uso de sistemas no seguros contra la difusión para el desagüe, el alcantarillado y la conducción de sustancias nocivas contribuye directamente a la distribución de los contaminantes hacia otras zonas. La Asamblea Mundial de Mujeres sobre el Medio Ambiente mencionó en el 2004 el uso de sistemas de alcantarillado inadecuados como primera causa de la contaminación de aguas y suelos, seguida por la eliminación de desechos, los efluentes industriales y los residuos agrícolas.

Ing. Sonia Bueno, UNAICC

Los Impactos sobre la salud humana y el medio ambiente

Metal	Efectos en la Salud
Arsénico	Cancerígeno; potencialmente teratogénico; efectos sobre los sistemas cardiovascular, nervioso periférico, reproductivo y pulmones / respiratorio; daños en el hígado y el riñón
Cadmio	Probable cancerígeno y teratogénico; embriotóxico; efectos en el sistema nervioso central, sistema reproductivo y sistema respiratorio / pulmones; daños en el riñón
Cromo	Cancerígeno; probable mutagénico; efectos sobre el sistema pulmonar / respiratorio; alergias, irritación en los ojos
Plomo	Probable teratogénico; daños en el riñón y el cerebro; efectos sobre el sistema nervioso central y reproductivo; desórdenes en las células de la sangre
Mercurio	Teratogénico; efectos sobre el sistema nervioso central, cardiovascular y pulmonar / respiratorio; daños en riñón y la vista
Níquel	Probable cancerígeno; probable teratogénico; efectos sobre el sistema pulmonar / respiratorio; alergias; irritación en el ojo y la piel; daños en el hígado y el riñón
Compuestos Orgánicos sintéticos	Efectos en la Salud
2,4-D	Mutagénico, posible cancerígeno y teratogénico; daños en el hígado, el riñón, en los nervios y en el sistema reproductor; efectos pulmonares / sistema respiratorio; irritación en la piel y los ojos
Lindano	Daños en el sistema reproductor y nervioso; posible cancerígeno
Pentaclorofenol	Posible mutagénico y teratogénico, irritación en los ojos, la piel y en los pulmones / sistema respiratorio; daños en el hígado y el riñón
Alcohol	Efectos en la Salud
Etanol	Mutagénico; cancerígeno; causa de malformaciones congénitas
1-propanol	Posible cancerígeno
2-propanol	Posible cancerígeno; irritación en la piel, los ojos y en el sistema respiratorio; posibilidad de generar efectos en el sistema nervioso central
4-propanol	Posible mutagénico y cancerígeno; desórdenes en las células de la sangre; irritación en la piel y el sistema respiratorio; efectos en el sistema nervioso central

Ing. Sonia Bueno, UNAICC

VIII ENCUENTRO IBEROAMERICANO DE MUJERES ARQUITECTAS E INGENIERAS, LA HABANA. CUBA 2007

Los Impactos sobre la salud humana y el medio ambiente

Compuestos Orgánicos Volátiles	Efectos en la Salud
Benceno	Cancerígeno, mutagénico, posible teratogénico; efectos sobre el sistema nervioso central y periférico; efectos sobre el sistema inmunológico y gastrointestinal; desórdenes en las células de la sangre; alergias; irritaciones en los ojos y la piel
Cloroformo	Probable cancerígeno y teratogénico; efectos sobre el sistema nervioso central y efectos gastrointestinales; daños en el hígado y el riñón; embriotóxico; irritaciones en los ojos y la piel
1,1-dicloroetano	Embriotóxico; efectos sobre el sistema nervioso central, hígado y riñones
Etilbenceno	Efectos sobre el sistema nervioso central; daños en los riñones y el hígado; irritaciones en el sistema respiratorio, en los ojos y la piel
Cloruro de metileno	Posible cancerígeno; efectos sobre el sistema nervioso central, pulmones / sistema respiratorio y sistema cardiovascular; desórdenes en la sangre; irritaciones en la piel y los ojos
Tetracloroetileno	Probable cancerígeno; efectos sobre el sistema nervioso central, pulmones / sistema respiratorio; embriotóxico; daños en los riñones e hígado; irritaciones al sistema respiratorio y los ojos
Tolueno	Posible mutagénico y cancerígeno; efectos sobre el sistema nervioso central y sistema cardiovascular; daños en los riñones y el hígado; irritaciones al sistema respiratorio, la piel y los ojos; alergias
Tricloroetileno	Posible cancerígeno y teratogénico; efectos en el sistema nervioso central, riñones e hígado, sistema cardiovascular, pulmones / sistema respiratorio; desórdenes en las células de la sangre; irritaciones en el sistema respiratorio, la piel y los ojos; alergias
1,1,1-tricloroetileno	Cancerígeno; mutagénico; efectos en el sistema nervioso central, pulmones / sistema respiratorio; daños en el hígado y el riñón; irritación en ojos y piel
Cloruro de vinilo	Cancerígeno; mutagénico; posible teratogénico; efectos en el sistema nervioso central; daños en el hígado y el riñón; irritación en ojos y piel; desórdenes en las células de la sangre
Xileno	Efectos en el sistema nervioso central, sistema cardiovascular; daños en el hígado y el riñón; irritación en ojos y sistema respiratorio

Ing. Sonia Bueno, UNAICC

VIII ENCUENTRO IBEROAMERICANO DE MUJERES ARQUITECTAS E INGENIERAS, LA HABANA. CUBA 2007

Los Impactos sobre la salud humana y el medio ambiente

Los costos de remover fertilizantes de las líneas de agua potable en Gran Bretaña llegan a 170 millones de £ al año.

Un analisis de suelo se calcula en 150 EUR por cada prueba.

Un paciente de diálisis genera costos anuales de 60.000 USD.

En Cuba se potabilizan alrededor de 1,6 Billiones metros cúbicos de agua al año lo que representa costos operacionales de 256 millones CUC entre ambas monedas (~276 millones de USD).

En Dinamarca se prepara un programa nacional de cambio de líneas conductoras fabricadas de termoplásticos por sistemas seguros contra la difusión, representando un volumen de 2,7 billiones de EUR. Esa suma está considerada por debajo de los costos anuales originados por los daños medio ambientales y de salud que provocan las tuberías de PVC, PE entre otros.

El saneamiento local de suelos tras una contaminación con metales pesados genera costos de aproximadamente 150 millones de EUR.

Ing. Sonia Bueno, UNAICC

Los Impactos sobre la salud humana y el medio ambiente



Por lo tanto la conducción de agua potable y residuales segura y libre de contaminación no es solamente un acto humanitario si no un interés económico vital.

Ing. Sonia Bueno, UNAICC

Los Impactos sobre la integridad de las líneas conductoras

Sistemas termoplásticos:

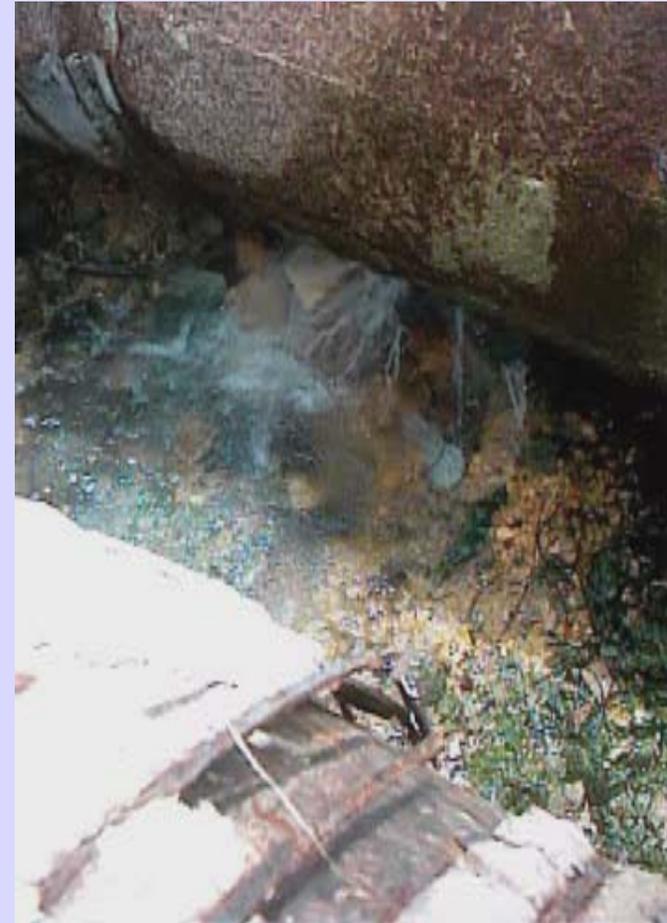
Los procesos de difusión permiten que las sustancias agresivas para los termoplásticos como son los oxidantes, cetonas, éster, diferentes hidrocarburos, cloroformo así como la naftalina, la margarina, el vinagre y el lustre de zapatos penetren al material ,degradando no solamente la superficie si no también la estructura interna.

Debidos a los procesos de producción y la forma de unión (pegamento, termofusión), los componentes termoplásticos de las conductoras poseen una estructura irregular formando zonas con diferentes grados de cristalización en las cuales también varia el plazo de difusión. Sustancias que difunden por esos materiales llegan a acumularse entre dichas zonas provocando una presión mecánica que logra romper los lazos entre los polímeros.

Los Impactos sobre la integridad de las líneas conductoras

Sistemas compuestos:

Las diferencias en el plazo de difusión en sistemas compuestos (hormigón, centro acero, termoplásticos con capas metálicas y otros) provoca efectos similares a los anteriormente descritos. Se produce una separación de los materiales que afecta la integridad del sistema y da vía libre a los procesos de filtración y corrosión.



Ing. Sonia Bueno, UNAICC

Los Impactos sobre la integridad de las líneas conductoras

Sistemas metálicos:

Muchos de los sistemas de conducción de agua que se encuentran funcionando desde finales del siglo XIX o de la primera mitad del XX están integrados por componentes metálicos, de hormigón o cemento. Dichos sistemas no estaban provistos de una protección adecuada contra sustancias corrosivas, cuya concentración en el agua era anteriormente muy baja en relación a las condiciones actuales.

Estas sustancias químicas, biológicas y además gases atmosféricos que difunden hacia el interior de las líneas conformadas de termoplástico, no atacan directamente al material pero si a los componentes metálicos, de hormigón y cemento sin protección adecuada que acelera la corrosión y degradación de los mismos.

Limitaciones para el uso de materiales y sistemas en la conducción de agua

En varios países alrededor del globo el uso de sistemas termoplásticos para la conducción de agua ha sido limitado a suelos y medios no contaminados (UE, Canadá, partes de EE.UU. y Japón) .En caso de contaminación o cuando la posibilidad de una contaminación no puede ser excluida, deben ser instalados sistemas impermeables.

Dentro de la situación específica en zonas tropicales existen circunstancias que hacen una estrategia similar aún más necesaria:

- La contaminación de los suelos y medios a transportar en muchos casos no puede ser determinado con precisión.
- Las pruebas de materiales en cuanto a la velocidad de difusión bajo condiciones reales han sido mayormente elaborado según las condiciones en los países del norte. Con la influencia de altas temperaturas, el plazo de difusión en los termoplásticos es aún mayor.

Limitaciones para el uso de materiales y sistemas en la conducción de agua

- La alta salinidad de los suelos así como la humedad relativa en muchos países tropicales elevan las posibilidades de degradación de los termoplásticos y materiales compuestos por causa de envejecimiento biogénico.
- Especialmente materiales termoplásticos deben ser tratados cuidadosamente durante la transportación e instalación para evitar microfrazas y perforaciones que aceleran el plazo de difusión en el material. El uso de las herramientas adecuadas es imprescindible. En los sitios de construcción esas condiciones muchas veces no pueden ser garantizadas.
- América Central y el Caribe poseen numerosas ciudades antiguas con redes de conducción de agua desprovistas de protección adecuada contra la corrosión. La difusión de sustancias agresivas a través de sistemas no seguros significa un alto riesgo para un deterioro acelerado del patrimonio cultural.



**Preservar el ser
humano y el
medio ambiente**

Ing. Sonia Bueno, UNAICC

VIII ENCUENTRO IBEROAMERICANO DE MUJERES ARQUITECTAS E INGENIERAS, LA HABANA. CUBA 2007