



28° CONGRESO INTERNACIONAL DE
MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS



EXPO
MANTENER
2026



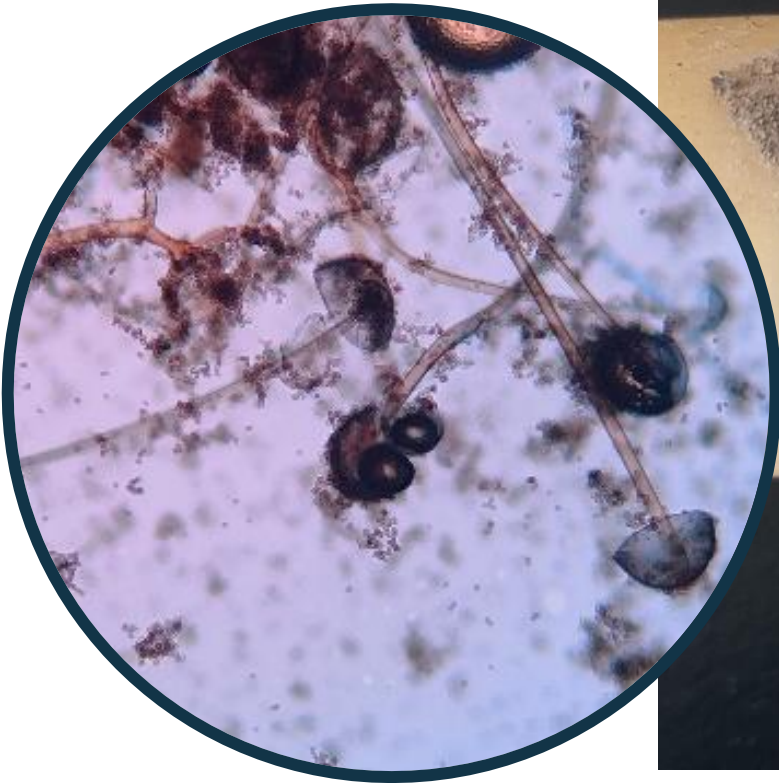
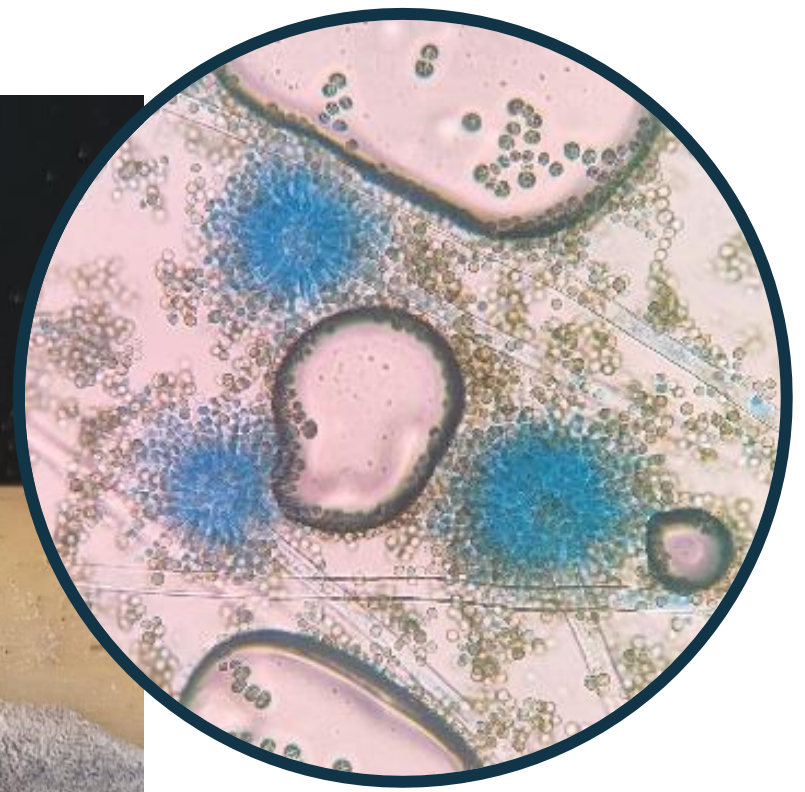
Riesgo Fúngico en la Gestión de Activos Poliméricos: Implicaciones para la Confiabilidad de las Redes de Gas

María Andrea Reyes

23 de abril de 2026

22 | 23 | 24 | ABRIL

¿Riesgo Fúngico?



vanti ✓
Más formas de avanzar



¿Estamos subestimando un **mecanismo de falla** en tuberías poliméricas?

¿Dentro de tu estrategia de gestión de gestión de activos estás contemplando los **riesgos microbiológicos**?



Corporación para la
Investigación de la Corrosión

vanti ✓[®]

Más formas de avanzar

Contenido



1. Introducción

- Normatividad
- Problemática



2. Metodología

- Antecedentes
- Ensayos de laboratorio



3. Resultados y Análisis



4. Conclusiones y Perspectivas



Introducción



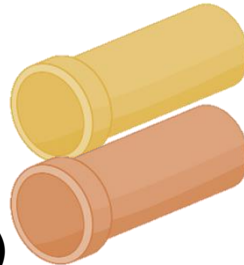
Normatividad Colombia



Instalación enterrada
en **suelos tropicales**



Durabilidad,
flexibilidad y
desempeño



Polietileno (PE)
Poliamida 12 (PA12)

NTC 1746:2024

**Plásticos, tubos y accesorios termoplásticos para
conducción de gases a presión**

NTC 6105:2015

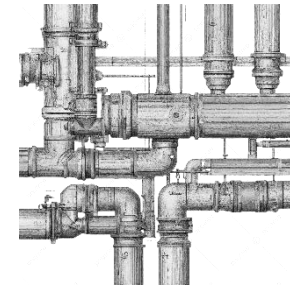
Tuberías de poliamida no plastificada

**Infraestructura de gas
de distribución**



NORMATIVIDAD

Gestión de integridad de tuberías en Colombia



Tuberías Metálicas



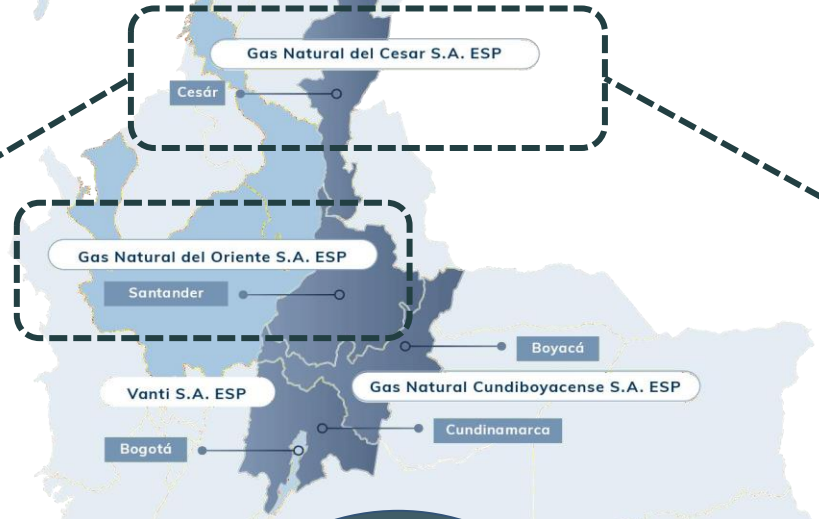
Lineamientos específicos para
Tuberías poliméricas

NO EXISTEN

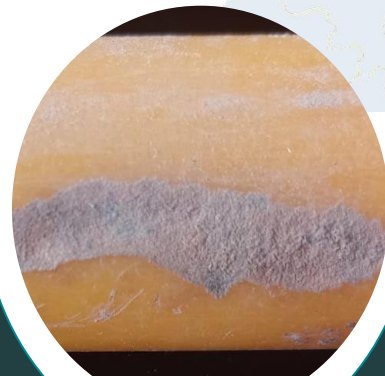
Mecanismos de degradación

Problemática

Vida útil del material reportada por el proveedor:
50 años aprox.



Fuente: Autor



Fuente: Autor



Fuente: Autor

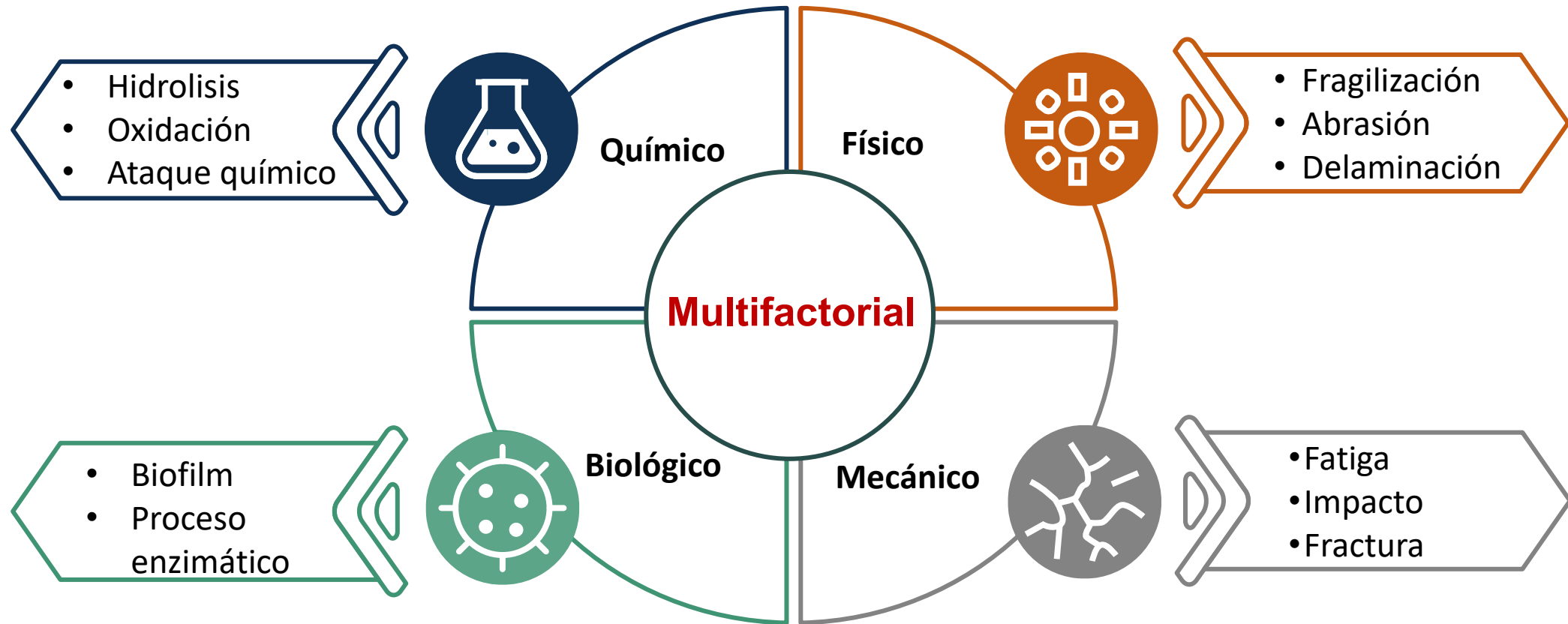


Fuente: Autor



Fuente: Autor

Degradación de polímeros



Gestión de activos e integridad de tuberías no metálicas



NTC 5747
Gestión de integridad
de gasoductos en
Colombia



“otros mecanismos de degradación”



Tubería
Polimérica



Modelos de
integridad hacia
amenazas **no
convencionales**

Lo que no se incluye en el análisis de riesgo, no se puede gestionar

Objetivo

Evaluar el efecto de la biodegradación fúngica sobre la integridad de tuberías poliméricas utilizadas en redes de gas, examinando su impacto en la gestión del riesgo y proponer criterios que también resulten útiles para otros sectores industriales que emplean tuberías plásticas enterradas como activos críticos.



Metodología



Enfoque experimental y aplicado

Análisis de Falla Caso de estudio



Tubería de polietileno de media densidad (PEMD) de la Zona Andina de Colombia
39 años de servicio

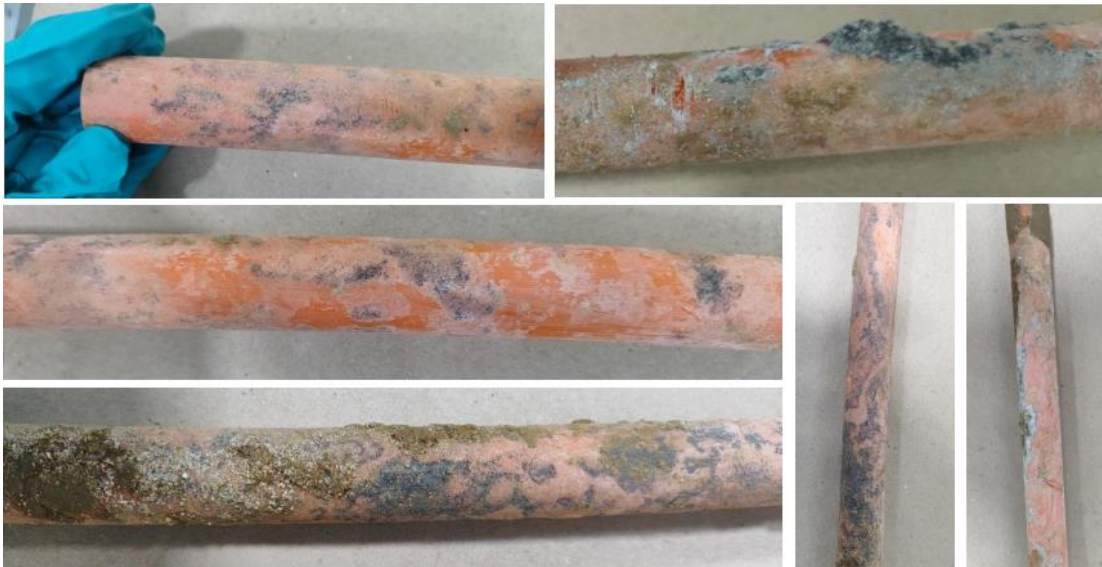
Ensayo de Resistencia Fúngica ASTM G21



Tubería nueva
PEMD (amarilla) – PEAD (naranja) –
PEAD (negra) – PA12 (amarilla)

Caso de estudio

Tubería de polietileno deteriorada



Nota: Otros ensayos físicos, químicos y mecánicos serán presentados de manera detallada en una publicación posterior

Hipótesis de trabajo

- a) Fuerzas externas
- b) Especificación del material
- c) Procesos de manufactura
- d) Procesos de biodegradación

**Ensayo
mecánico**



Ensayo de
tracción
(ASTM D638)

**Ensayo
físico**



Microscopia
electrónica de
barrido (SEM)

**Ensayo
químico**



Espectroscopía
infrarroja por
transformada de
Fourier (FTIR)

Resistencia Fúngica



Designation: G21 – 15

Hongos Comerciales

- *Aspergillus brasiliensis* ATCC No. 9642
- *Penicillium funiculosum* ATCC No. 11797
- *Chaetomium globosum* ATCC No. 6205
- *Trichoderma virens* ATCC No. 9645
- *Aureobasidium pullulans* ATCC No. 15233

Hongos Nativos de Colombia Aislados CIC del género *Fusarium*

- FCIC0
- FOCIC01
- FECIC02
- FCIC24

Standard Practice for
Determining Resistance of Synthetic Polymeric Materials to
Fungi¹

Crecimiento	Porcentaje de superficie	Ponderación (Cruces)
Sin crecimiento	0%	0
Trazas de crecimiento	1% a 10%	+ (1)
Crecimiento liviano	10% a 30%	++ (2)
Crecimiento medio	30% a 60%	+++ (3)
Crecimiento pesado	60% a 100%	++++ (4)

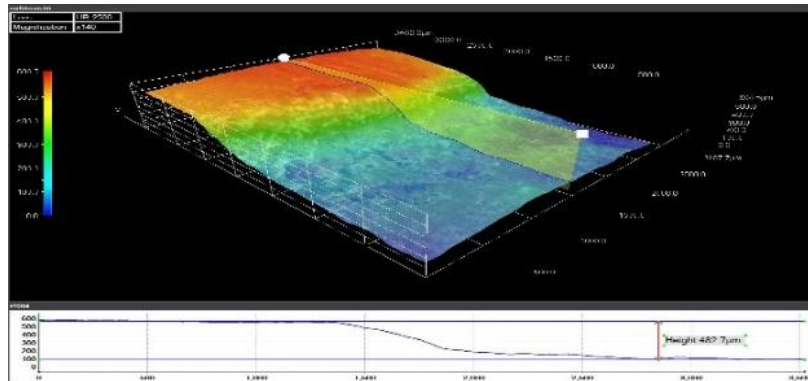


Resultados y Análisis



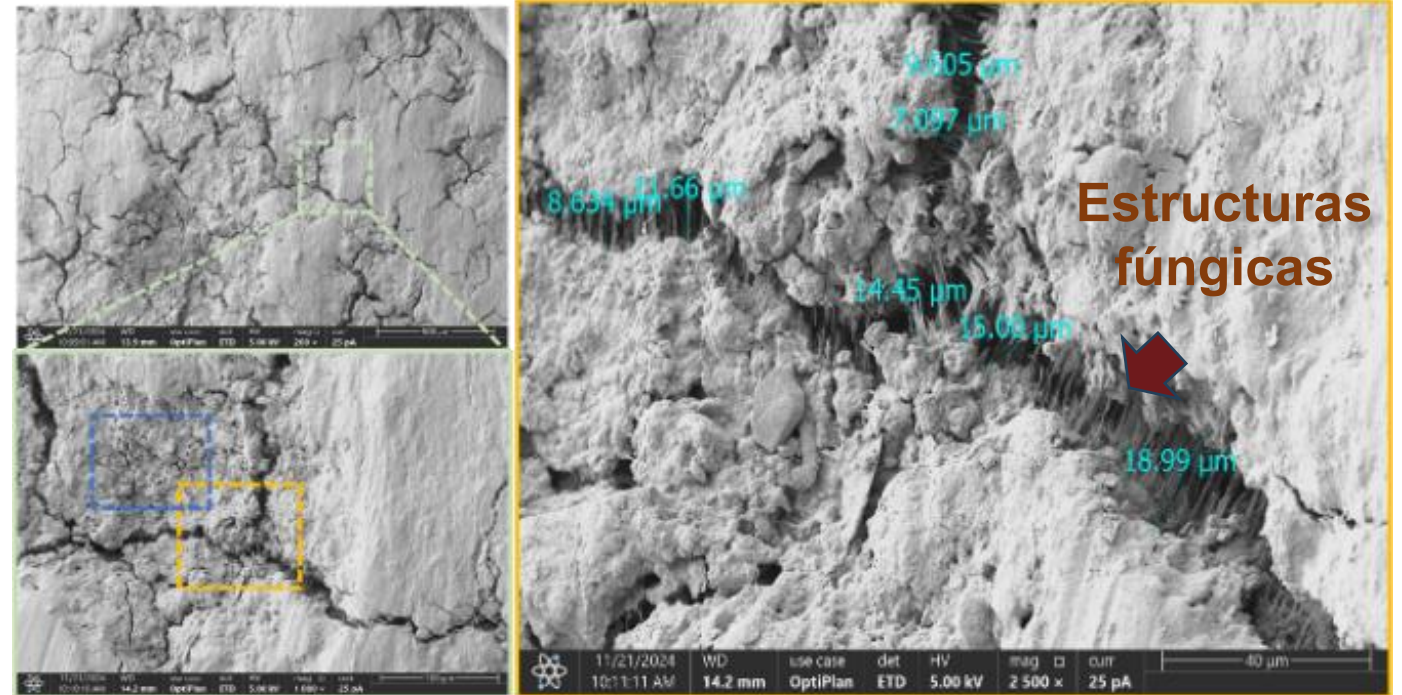
Evaluación Física

Deterioro heterogéneo y localizado



Pérdida significativa de espesor >>>

Microfisuras ramificadas en SEM



Pérdida máxima de espesor: 482,7 μm / Tiempo: 39 años
Velocidad media de degradación:
12,37 $\mu\text{m}/\text{año}$ (0,01237 mm/año)

Tubería de Polietileno – Señales FTIR

Interna	Externa	Asignación
-----	3694-3631	Estiramiento OH especialmente en compuestos fenólicos.
-----	3406	Estiramiento OH
2915-2847	2918-2848	Tensión enlace C-H (alifáticos)
-----	1738	Estiramiento C=O
-----	1654	Doblamiento - CONH2 en amidas, tensión -C=CH-
1469	1459	Estiramiento C-O en alcoholes, éteres y ésteres, estiramientos S-O, tensión C-F
-----	1031-1003	Flexión C-H en aromáticos o alquenos, Tensión C-S
-----	912-790	Estiramiento C-H, o Flexión C-S, C-Br, C-
718	-----	Cl

Evaluación Mecánica

Ensayo de Tensión

Deformación a rotura: 278 a 632 %
Promedio: 426 % cumple NTC 1746 (>400%)

Hallazgo crítico: Pérdida localizada de ductilidad

Esfuerzo máximo: 2393 a 2778 psi
Promedio: 2655 psi Por debajo del mínimo (2900 psi)

Resultado:

↑ **Rigidez del material**

↓ **Capacidad de deformación**

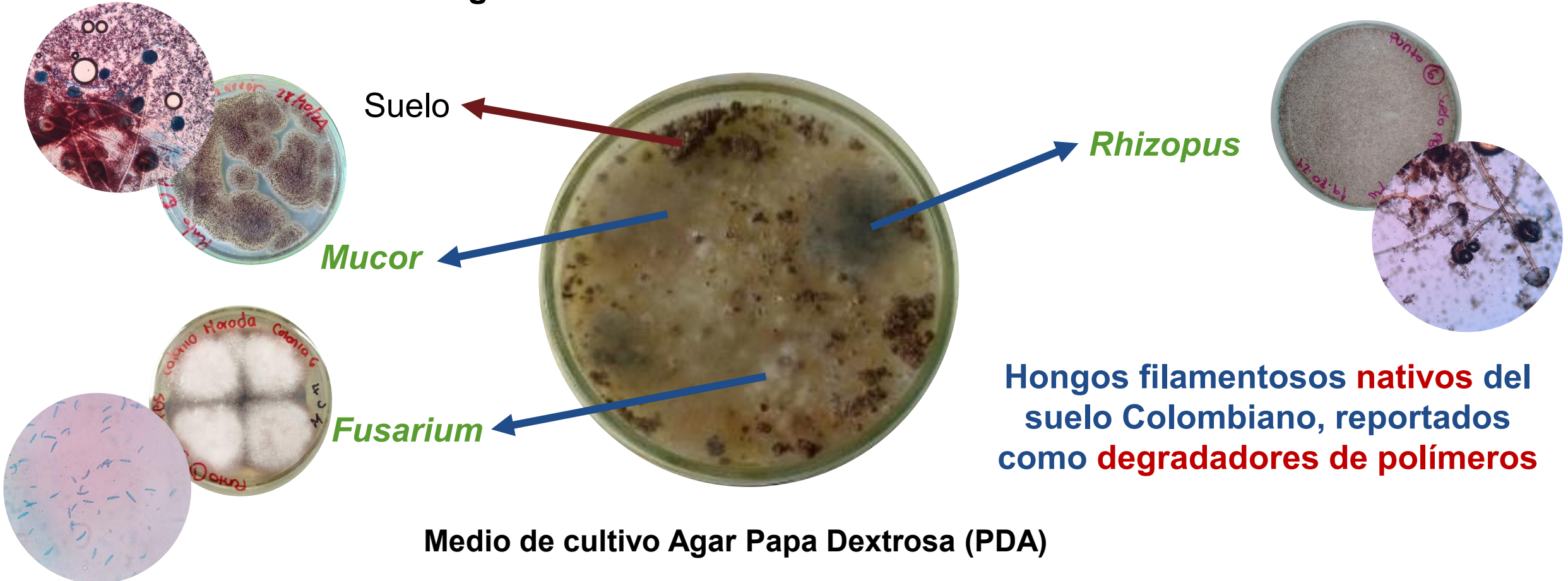
↓ **Resistencia mecánica**



Cumple en promedio, pero falla en comportamiento local

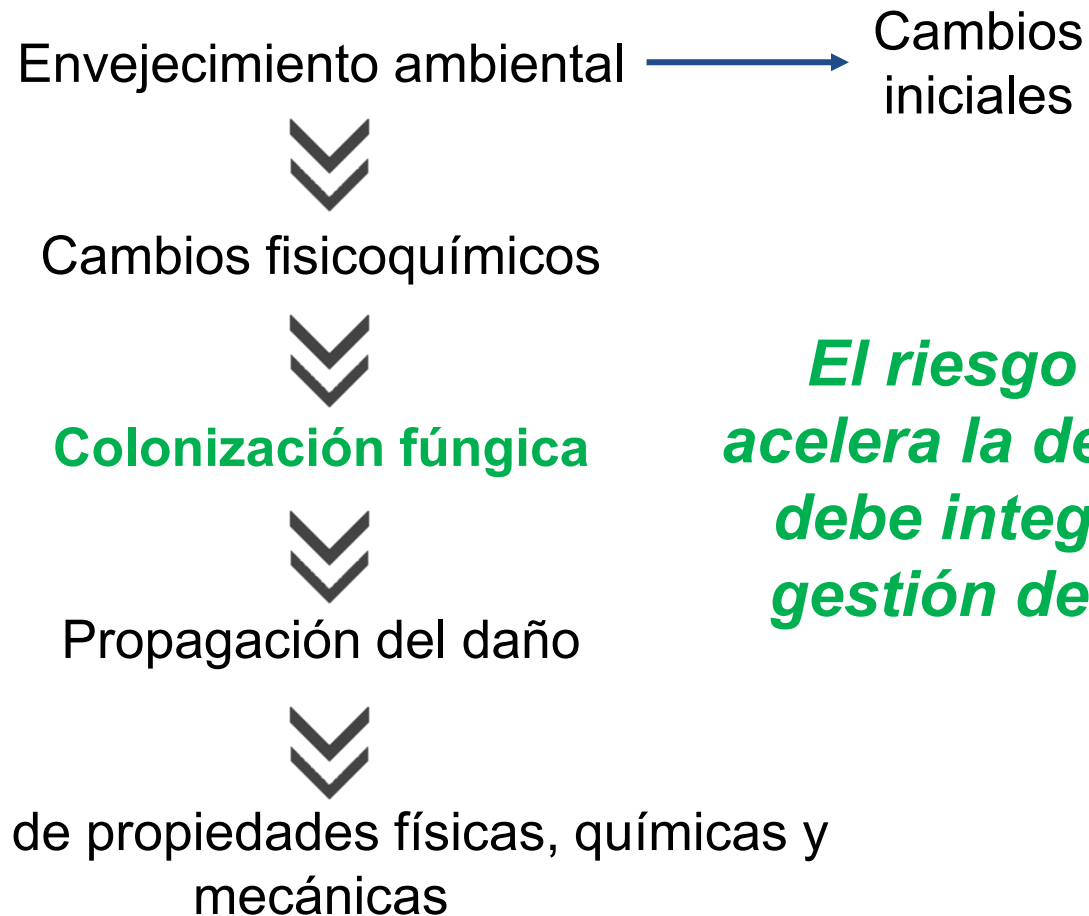
Evaluación Biológica

Aislamiento fúngico en muestras de suelo en contacto con la tubería



Integración de Resultados

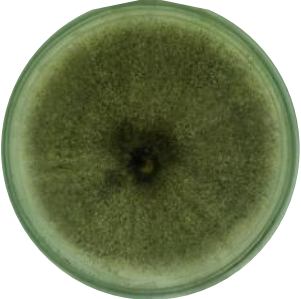

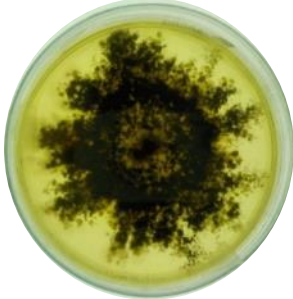


Degradación multifactorial






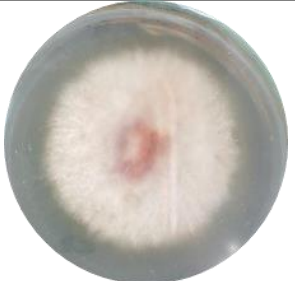
*El riesgo biológico
acelera la degradación y
debe integrarse en la
gestión de integridad*

Resistencia Fúngica

Hongos Comerciales

<i>Aspergillus brasiliensis</i> ATCC No. 9642	<i>Penicillium funiculosum</i> ATCC No. 11797	<i>Chaetomium globosum</i> ATCC No. 6205
		
<i>Trichoderma virens</i> ATCC No. 9645	<i>Aureobasidium pullulans</i> ATCC No. 15233	
		

Hongos Nativos de Colombia Aislados CIC

FCIC0	FOCIC01
	
FECIC02	FCIC24
	

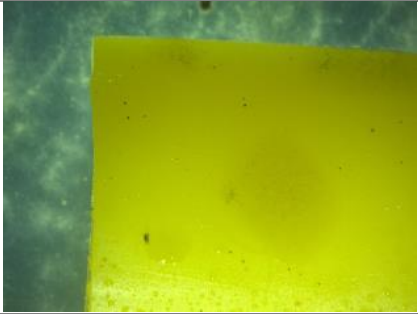
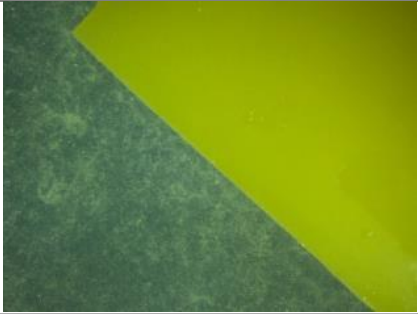

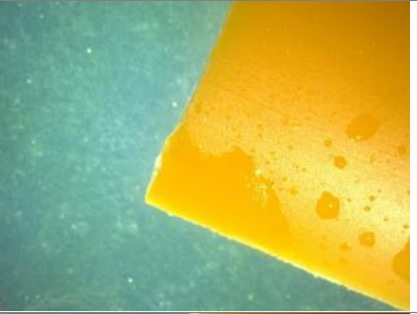
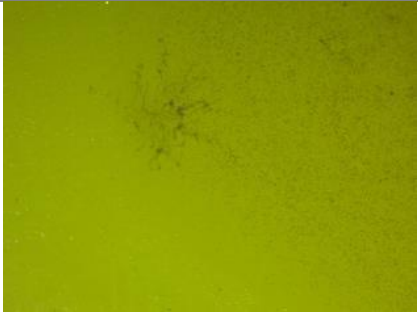
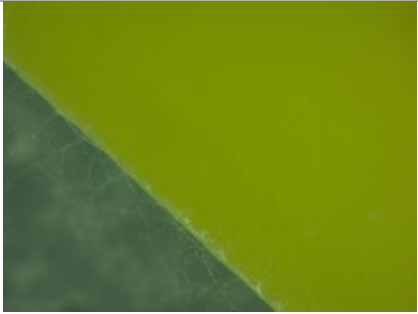

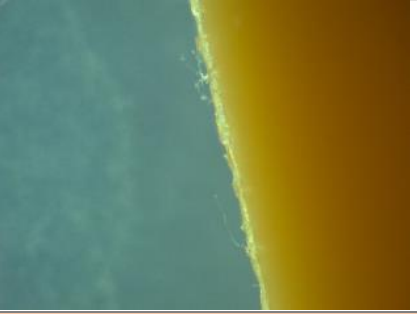
Resistencia Fúngica

MUESTRA	HONGOS ATCC	HONGOS CIC
Control Positivo Bajalenguas		
		
Resultado:	++++	++++
Observaciones:	Crecimiento masivo sobre la superficie del material. Se confirma la viabilidad de las esporas ATCC utilizadas en el ensayo.	Crecimiento masivo sobre la superficie del material. Se resalta el crecimiento por los bordes. Se confirma la viabilidad de las esporas ATCC utilizadas en el ensayo

Resistencia Fúngica

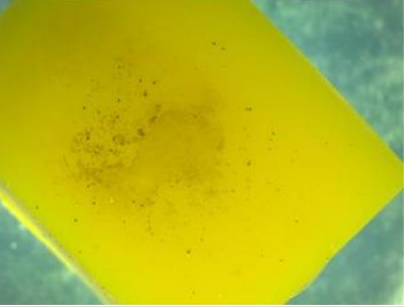



Polietileno de Media Densidad

Polietileno de Media Alta Densidad


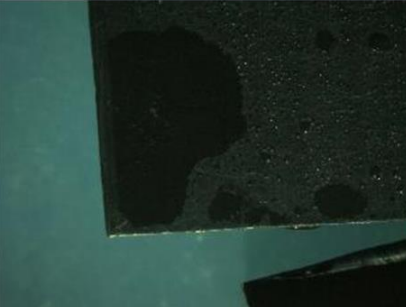

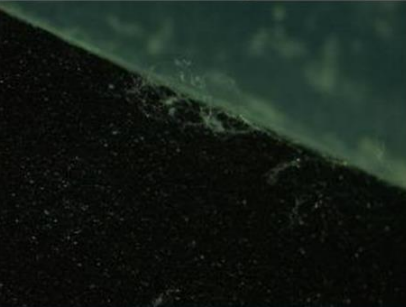
MUESTRA	HONGOS ATCC	HONGOS CIC	MUESTRA	HONGOS ATCC	HONGOS CIC
Tubería PE80 1/2"			Tubería PE100		
					
Resultado:	+++	+++	Resultado:	+++	++

Resistencia Fúngica

Poliamida – PA12

MUESTRA	HONGOS ATCC	HONGOS CIC
Poliamida		
		
Resultado:	+++	+++

Polietileno de Alta Densidad

MUESTRA	HONGOS ATCC	HONGOS CIC
Tubería PE Negra		
		
Resultado:	++	++

Resistencia Fúngica

Materiales	Cepas Fúngicas		
	Control Negativo	Hongos ATCC	Hongos CIC
Bajalenguas [Control Positivo]	0	++++	++++
Tubería PE80 1/2"	0	+++	+++
Tubería PE100 3/4"	0	+++	++
Tubería Poliamida	0	+++	+++
Tubería PE Negra	0	++	++

**La resistencia fúngica no es homogénea entre materiales poliméricos
Considerar pigmentos y aditivos como variables críticas en la gestión del riesgo**

Gestión de integridad basada en riesgo en tuberías poliméricas enterradas

Resultados experimentales (Caso estudio + ASTM G21)



Identificación de amenaza → **Riesgo biológico**



NTC 5747 “Otros mecanismos de degradación”



Análisis de riesgo y criticidad



Priorización + monitoreo

Planes de acción:

- Incorporación de amenazas no convencionales
- Priorización de zonas de alta susceptibilidad
- Definición de monitoreo diferenciado



Conclusiones y Perspectivas



Conclusiones



Las tuberías poliméricas pueden **degradarse** por el entorno subterráneo, aun cumpliendo la normativa.



Se identificó el **riesgo fúngico** como factor relevante de **degradación**.



Integrar este riesgo mejora el monitoreo y la **toma de decisiones**



Se requieren lineamientos específicos para **tuberías no metálicas**.

La confiabilidad de tuberías poliméricas depende de integrar el entorno biológico en su **gestión de integridad**

Perspectivas

Implementar **monitoreo** de largo plazo en tuberías poliméricas enterradas.

Integrar variables ambientales, **biológicas** y operativas.

Evaluar formulaciones, **pigmentos y aditivos** frente al entorno.

Identificar **factores de susceptibilidad** y resiliencia del material.

Desarrollar **modelos de integridad** específicos para tuberías no metálicas.

Incorporar el **riesgo biológico** en la evaluación y toma de decisiones.

Articular estos avances con **entidades de normalización.**

Agradecimientos



Vanti S. A. E.S.P.

Rene Paredes
Robert Vargas

**Corporación para la Investigación de la
Corrosión (CIC)**



José Miguel Jiménez
Natalia Rodríguez
Giovanni Juzga
Dr. Jorge Panqueva

*La confiabilidad de redes
poliméricas no depende solo
del material, sino del entorno
biológico en el que opera*

¿Preguntas?



mreyes@corrosioncic.com



(+57) 317 803 2424



María Andrea Reyes Reyes
<https://www.linkedin.com/in/maria-andrea-reyes-reyes-9607221b4>