

2022-12-30  
**BOGOTÁ**

Subdirección de Servicios Metrológicos  
y Relación con el Ciudadano.



INFORME DE RESULTADOS DE APLICACIÓN DE LA  
METODOLOGÍA DE IDENTIFICACIÓN DE  
**BRECHAS METROLÓGICAS DE  
TUBERÍAS PLÁSTICAS DE REDES  
DE ACUEDUCTO E INSTALACIONES  
HIDRÁULICAS**

# CONTENIDO

01.	Introducción .....	3
02.	Abreviaturas, símbolos y siglas .....	6
03.	Objetivo .....	8
04.	Alcance .....	8
05.	Definiciones .....	8
06.	Contexto general de la cadena y del producto .....	10
07.	Necesidades metrológicas .....	13
7.1	Necesidades metrológicas del producto .....	14
7.1.1	Leyes, decretos y regulación nacionales .....	15
7.1.2	Normas nacionales e internacionales .....	15
7.1.3	Necesidades metrológicas asociadas a la producción de la tubería .....	27
08.	Capacidades metrológicas .....	32
8.1	Laboratorios de ensayo .....	33
8.2	Laboratorios de calibración .....	38
8.3	Capacidades metrológicas del INM .....	40
09.	Panorama de I+D+I del producto .....	42
10.	Problemas del producto .....	49
11.	Identificación de brechas y plan de trabajo .....	51
12.	Conclusiones .....	54





01.  
**INTRODUCCIÓN**



**Los plásticos son materiales generalmente obtenidos de forma sintética, cuyo principal componente son macromoléculas llamadas polímeros [1]. El nombre “plástico” se debe a su propiedad de plasticidad que permite moldear estos materiales de formas diversas como filamentos, placas, láminas, películas, formas geométricas específicas, etc. El principal componente de los plásticos son los polímeros, moléculas grandes obtenidas a partir de reacciones de encadenamiento de monómeros (moléculas más pequeñas), a través de reacciones químicas de polimerización.**

Los plásticos son materiales de uso cotidiano y muchos de ellos son necesarios en la vida diaria. En la industria de los alimentos son de vital importancia para la conservación de las condiciones organolépticas de los alimentos, permitiendo prolongar su duración. Cada vez los automóviles tienen menor peso debido al uso de plásticos, lo que mejora el rendimiento del combustible y disminuye su impacto ambiental. Son utilizados ampliamente en la industria de la construcción en todo tipo de geometrías, desde perfiles para ventanas hasta tuberías.

En Colombia la producción de plástico está distribuida en muchas empresas, es un sector con relevancia económica en el país. Para el año 2020, las resinas con mayor capacidad instalada de producción en el país fueron las de cloruro de polivinilo o polivinilo de cloruro (PVC) y el polipropileno (PP). Además de la producción de estas dos resinas, el país también es un gran consumidor de polietilenos y el polietilentereftalato (PET). Estas resinas plásticas son consumidas, mayoritariamente, para la fabricación de empaques y envases para la industria alimentaria, los productos de aseo y cosméticos, entre otros, (55 % del consumo va a esta cadena). Seguido de esta aplicación se encuentra la industria de la construcción con un consumo del 22 % de resinas, agricultura (7 %), institucional/consumidor (6 %), entre otros usos (10 %). Para el año 2021, los productos de plástico ocupaban el tercer lugar con 3179 establecimientos y en octavo lugar se encontraban aquellos de fabricación de plástico en formas primarias con 483 establecimientos.

Lo anterior, unido a que se desde el sector público se han tenido iniciativas para conocer las brechas de calidad en la cadena de químicos donde se incluyen envases y empaques de un solo uso [2], que en el mercado existen diversos productos de plásticos de construcción (artículos de grifería, tejas, tanques, instalaciones eléctricas, etc.) y que desde las agremiaciones del sector identifican a las tuberías plásticas como el producto que más atención recibe, en cuanto a temas de legislación, normatividad existente, reglamentos, demanda de servicios



metrológicos, certificaciones y sellos de calidad, producción, solicitudes de asesorías de producción, etc. Se prioriza los plásticos de construcción como un sector relevante para identificar oportunidades de articulación de oferta y demanda de servicios metrológicos.

En el año 2016, el CONPES 3866 mostró la necesidad de aumentar los niveles de productividad, diversificación y sofisticación en los procesos productivos en el país. Para esto, el Departamento Nacional de Planeación propuso la promoción del cumplimiento de estándares de calidad por parte de productores en Colombia. **El INM, buscando dar respuesta a esta necesidad, crea la Metodología de Identificación de Brechas Metrológicas dirigida a los sectores económicos del país y a sus cadenas productivas. Mediante esta metodología se busca determinar las necesidades metrológicas de un producto (relacionadas con mediciones que permitan o faciliten el cumplimiento de requisitos de calidad) y las capacidades metrológicas instaladas para identificar recomendaciones que permitan formular acciones que disminuyan las brechas que afectan la competitividad de la cadena productiva.**

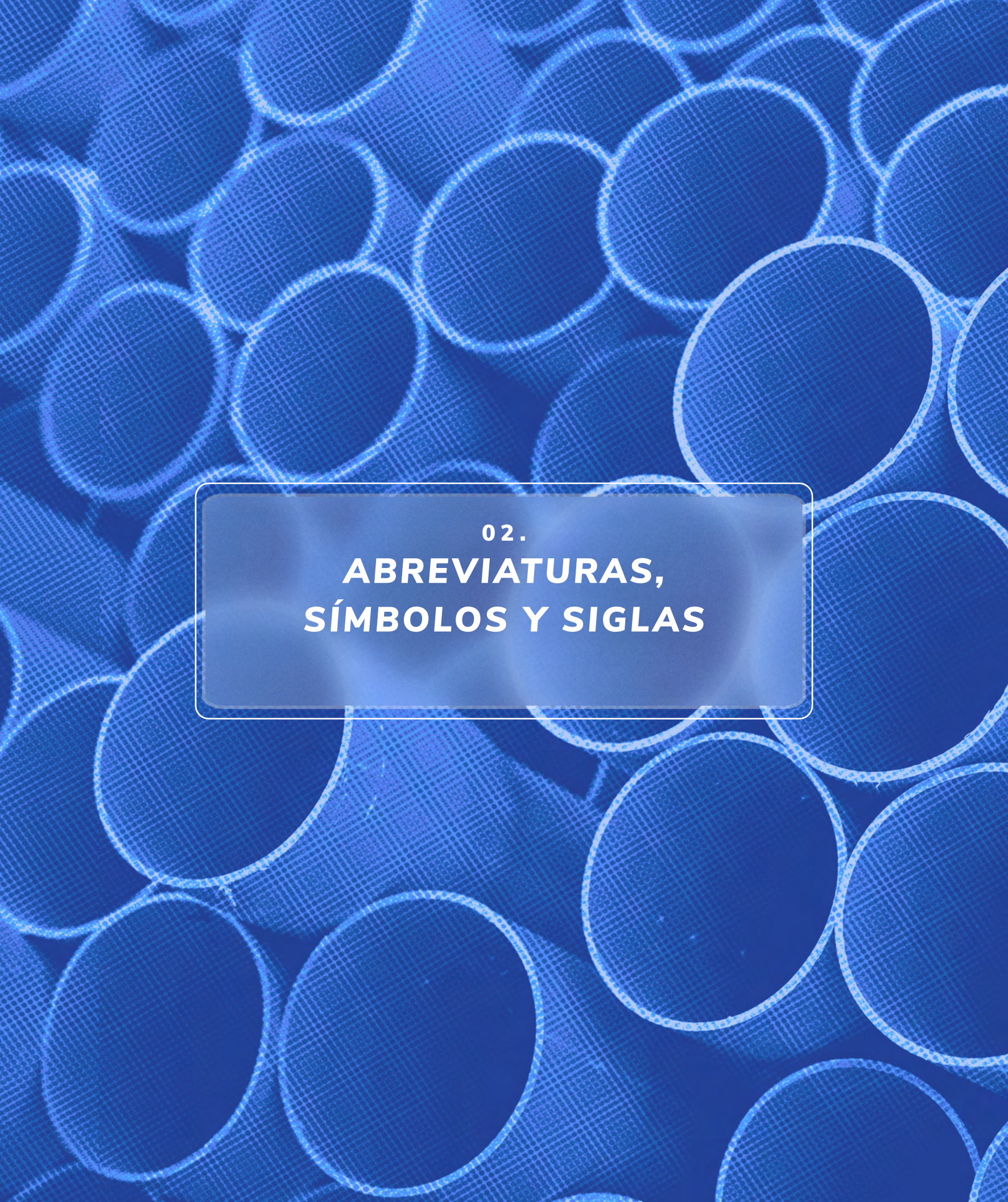
En general la metodología se desarrolla con un estudio previo y 4 fases que contemplan desde la selección de un producto en una región, hasta la formulación de un plan de trabajo que permita disminuir las brechas que afectan la competitividad del producto.

Este documento consolida los resultados de la implementación de la metodología de identificación de brechas metrológicas para la el producto tuberías

plásticas de redes de acueducto e instalaciones hidráulicas. Dado que en Colombia las empresas de producción de tubería no se concentran en una región específica del país, la implementación de la metodología buscó capturar información de laboratorios y empresas productoras relacionadas con el producto sin distinción de región.







**02.**  
**ABREVIATURAS,  
SÍMBOLOS Y SIGLAS**



<b>ANSI</b>	<i>American National Standards Institute</i>
<b>ASTM</b>	<i>American Society for Testing and Materials</i> (Sociedad Estadounidense para Pruebas y Materiales)
<b>CPVC</b>	Policloruro de vinilo clorado
<b>CTS</b>	<i>Copper Tubing Sizes</i> (Tamaños de tubería de cobre)
<b>ICONTEC</b>	Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificaciones
<b>IPS</b>	<i>Iron pipe sizes</i> (Tamaños de tubería de hierro)
<b>NSF</b>	<i>National Sanitation Foundation</i>
<b>NTC</b>	Norma Técnica Colombiana
<b>PVC</b>	Poli (vinil cloruro)
<b>PVC-u</b>	PVC sin plastificar
<b>PE</b>	Polietileno
<b>PE 100</b>	Polietileno con fuerza mínima requerida a 50 años y 20 °C de 10 MPa
<b>PE 80</b>	Polietileno con fuerza mínima requerida a 50 años y 20 °C de 8 MPa
<b>PE 40</b>	Polietileno con fuerza mínima requerida a 50 años y 20 °C de 4 MPa
<b>PP</b>	Polipropileno
<b>RAS</b>	Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico
<b>RDE</b>	Radio dimensional estándar



03. | 04. | 05.

**OBJETIVO**  
**ALCANCE**  
**DEFINICIONES**



## OBJETIVO

Este documento tiene como objetivo consolidar los resultados de la implementación de la metodología de identificación de brechas metrológicas en el producto tuberías plásticas de redes de acueducto e instalaciones hidráulicas, esta metodología permitió identificar las brechas metrológicas y brechas de servicios metrológicos para formular recomendaciones que faciliten la articulación de la oferta y la demanda de servicios metrológicos.

## ALCANCE

La metodología de identificación de brechas metrológicas fue implementada en el producto tuberías plásticas de redes de acueducto e instalaciones hidráulicas con el equipo de trabajo (experto de producto, metrólogo generalista y gestor metodológico) que se conformó en su totalidad en el mes de noviembre del 2022. Este documento resume los resultados del estudio previo y las 4 fases de la metodología de identificación de brechas y expone el plan de trabajo propuesto para atender las brechas identificadas.

## DEFINICIONES

**Agua cruda:** Agua superficial o subterránea en estado natural; es decir, que no ha sido sometida a ningún proceso de tratamiento. [3]

**Agua potable:** es aquella que, por cumplir las características físicas, químicas y microbiológicas, en las condiciones señaladas en el decreto 1575 de 2007 y demás normas que la reglamenten, es apta para consumo humano. Se utiliza en bebida directa, en la preparación de alimentos o en la higiene personal. [4]

**Instalaciones hidráulicas y sanitarias:** Son el conjunto de las instalaciones internas de acueducto, alcantarillado y aguas lluvias de los inmuebles para vivienda. [5]

**Poli (cloruro de vinilo) (PVC) rígido:** Material termoplástico compuesto de poli (cloruro de vinilo), aditivos y exento de plastificantes. [5]

**Polietileno:** Es un polímero termoplástico formado por varias moléculas de etileno. [5]

**Polipropileno:** Es un polímero termoplástico de cadenas moleculares paralelamente distribuidas que se obtiene por polimerización de moléculas de propileno. [5]

**Tubería o tubos:** Conducto prefabricado, o construido en sitio, en materiales cuya tecnología y proceso de fabricación cumplan con las normas técnicas correspondientes. Por lo general su sección es circular. [5]



06.

**CONTEXTO GENERAL  
DE LA CADENA Y DEL  
PRODUCTO**



La producción de plásticos es una actividad de interés para el país. El documento CONPES 3866 [6] menciona que es una de las actividades que generan valor agregado y tiene el potencial de integrarse con otras cadenas productivas para generar mayor complejidad en la producción. En el 2021 la Mesa Nacional para la gestión sostenible del plástico emitió el documento Plan Nacional para la Gestión Sostenible de los Plásticos de un solo Uso [7]. Este plan tiene como objetivo implementar la gestión sostenible del plástico, a partir de instrumentos y acciones en prevención, reducción, reutilización, aprovechamiento, consumo responsable, generación de nuevas oportunidades de negocio, encadenamientos, empleos y desarrollos tecnológicos, con el fin de proteger los recursos naturales y fomentar la competitividad. Adicionalmente, establece metas desde el año 2023 hasta el 2030.

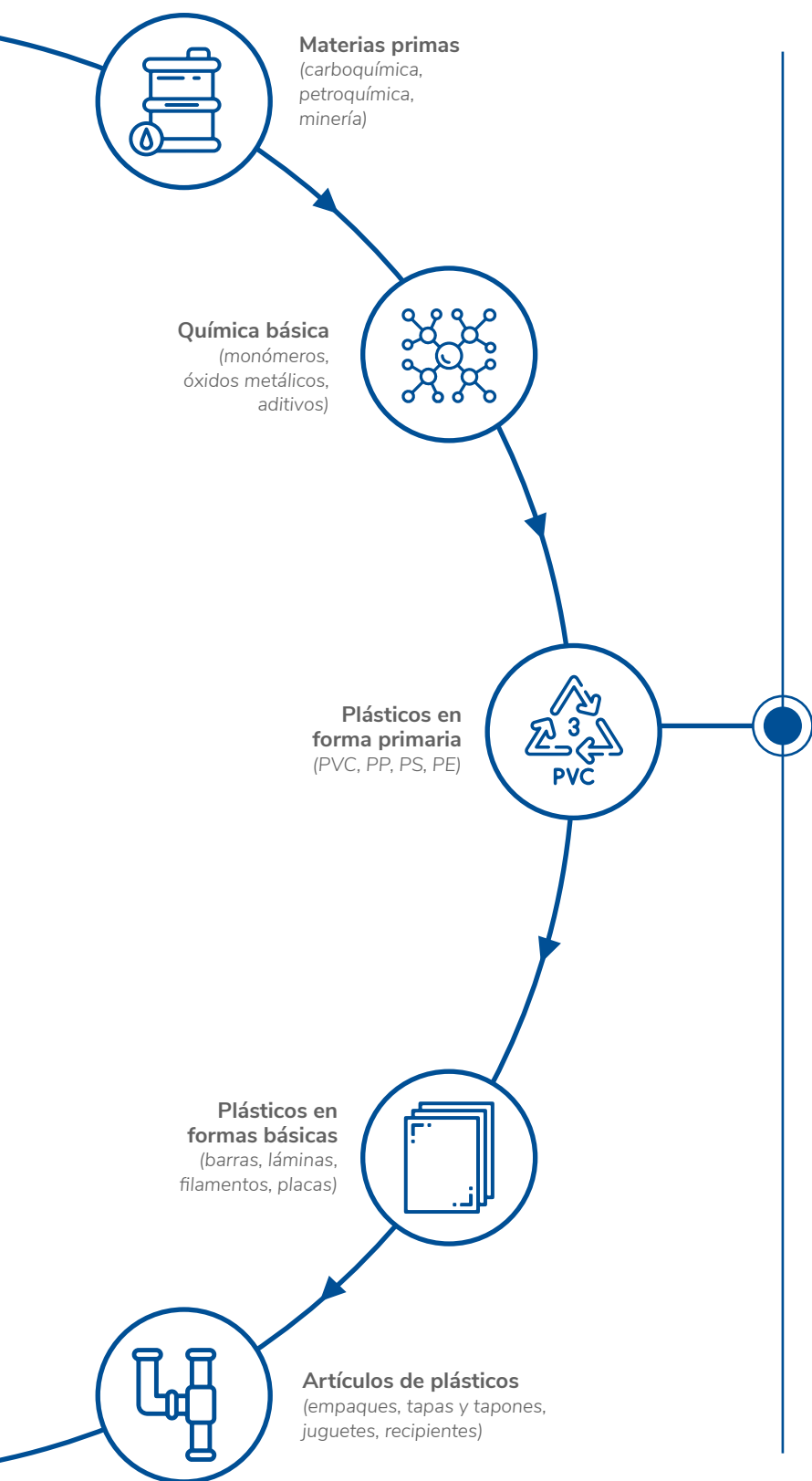
Por otro lado, los plásticos de construcción son un sector prometedor debido a que ocupan el segundo lugar de producción después de la producción de

empaques [8]. La cadena productiva de plásticos de construcción no cuenta con una estrategia específica y directa de impulso sectorial, sin embargo, al analizar otras cadenas se encuentra relación con, por ejemplo, la construcción de vivienda donde se emplean en tubos, resinas, recubrimientos, aditivos y accesorios. Así los programas que impliquen un impulso en la construcción indirectamente incrementan la demanda de plásticos de construcción. En la revisión del Plan Nacional de Desarrollo (PND) Pacto por Colombia Pacto por la equidad (2018-2022)[9] se destaca el impulso a la construcción y mejora de condiciones de vivienda en programas como “Casa digna, vida digna”, “semillero de propietarios” y “mi casa ya”.

La cadena productiva de plásticos en Colombia se presenta a continuación (adaptada del documento Diagnóstico de requisitos y brechas de calidad y sostenibilidad del sector Plástico, elaborado entre la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial, el Ministerio de Comercio Industria y Turismo, y Colombia Productiva [8], [10]).







**Materias primas:** este eslabón provee los recursos primarios, disponibles de forma natural, a través de actividades de minería, extracción petrolífera y extracción carbonífera, y, en algunos casos, de fuentes biológicas. En modelos de economía circular, en este eslabón se incluye la obtención de materia prima a partir de residuos reciclados y reutilizados, generados en la misma cadena.

**Química básica:** en este eslabón se obtienen elementos y compuestos necesarios para los demás eslabones, como monómeros (propileno, vinil cloruro, estireno, etc.), plastificantes, colorantes, emulsionantes, etc.

**Plásticos primarios:** mediante reacciones químicas, se transforma las moléculas simples del eslabón anterior (monómeros) en macromoléculas (polímeros), dando resultado los plásticos o resinas, los cuales se ofrecen en formas como en emulsión, en pellets o cristales.

**Plásticos en formas básicas:** a partir de mezclas con sustancias plastificantes y colorantes, y operaciones térmicas y mecánicas, los plásticos adquieren formas geométricas básicas como filamentos, láminas, placas, barras, tubos, accesorios de tubería, películas, entre otros.

**Artículos de plástico:** una vez obtenido el plástico en formas básicas moldeadas, o también en preformas, estas se procesan para obtener artículos plásticos de uso cotidiano como envases, empaques, tapones o tapas de estos, juguetes, servicios de mesa desechables o de larga vida útil, artículos de construcción (como tanques, bañeras, marcos, tubos, etc.

**Figura 1.** Esquema cadena productiva sector plástico. Adaptado de GQSP-Colombia[11]



07.

**NECESIDADES  
METROLÓGICAS**





## 7.1 NECESIDADES METROLÓGICAS DEL PRODUCTO

La producción de tuberías plásticas de redes de acueducto e instalaciones hidráulicas se realiza dentro del eslabón de plásticos en formas básicas. Las actividades de producción parten de las materias primas que provienen del eslabón de plásticos en forma primaria y finalizan con la obtención del producto. A lo largo de estas actividades, deben realizarse mediciones que aseguren condiciones de proceso, calidad de producto, entre otras. Para identificar las necesidades metrológicas asociadas a las tuberías plásticas de redes de acueducto e instalaciones hidráulicas se tuvo en cuenta las normas técnicas colombianas (NTC)<sup>1</sup>, normas técnicas internacionales que aplica la cadena productiva nacional (de organismos como ISO, ASTM y ANSI) y reglamentos técnicos nacionales, dado que la producción es principalmente para consumo interno.

En estos documentos se identificaron los ensayos y mediciones realizados por los productores nacionales para asegurar la calidad, inocuidad y adecuado desempeño de las tuberías.

Los ensayos y mediciones realizados durante la producción de las tuberías plásticas de redes de acueducto e instalaciones hidráulicas se realizan tanto a materias primas y como al producto terminado y buscan determinar propiedades de flexión, resistencia al impacto, propiedades de tracción, estabilidad, composición, toxicidad, entre otros; lo que permite verificar que el producto cumple con los documentos reglamentarios y normativos.

---

<sup>1</sup> En entrevistas con representantes de Icontec (ver Estudio Previo, Anexo 3 y Anexo 4) se encontró que las NTC están basadas, en su gran mayoría, en normatividad internacional, como documentos ISO y ASTM



### 7.1.1 Leyes, decretos y regulación nacionales

A continuación, se describe para el producto tuberías plásticas de redes de acueducto e instalaciones hidráulicas los documentos que son de obligatorio cumplimiento. Dado que algunos de estos documentos referencian normas técnicas, las partes interesadas están obligadas a cumplir con los requisitos establecidos también en estas normas.

El Ministerio de Vivienda, Salud y Territorio, a través del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS), documentó los requisitos que deben cumplir las instalaciones y sistemas de agua y saneamiento básicos. En el Título A [3] establece los límites mínimos de presión en la red de distribución de agua y los diámetros internos de las tuberías que conducen este fluido hacia los puntos de tratamiento. Por otro lado, relacionado con los sistemas de acueducto, el Título B[4], además de indicar las características de los sistemas de distribución de acueductos, establece los requisitos que deben cumplir las tuberías de dichos sistemas. Por ejemplo, establece las desviaciones angulares y radios de curvatura de las tuberías, las normas técnicas que deben cumplir, los ensayos de control de calidad que les deben ser practicados, entre otros.

Para la protección de la salud, la seguridad humana, la vida y la sociedad, el Ministerio de Vivienda, Salud y Territorio, mediante de la Resolución 501 de 2017[5], reguló la composición química de los materiales utilizados en las tuberías y accesorios. Con este acto legislativo el Ministerio garantiza la seguridad, inocuidad y no toxicidad de las redes de distribución

de agua en el país y busca estandarizar la información de los requisitos técnicos que deben ser exigidos a los fabricantes y prevenir los errores en las instalaciones prestadoras del servicio de agua.



### 7.1.2 Normas nacionales e internacionales

A continuación, se relacionan para el producto tuberías plásticas de redes de acueducto e instalaciones hidráulicas las normas técnicas que establecen requisitos de calidad y algunas de estas son implementadas por los productores para obtener sellos de calidad<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> Según el directorio de ONAC relacionado con Organismos de Certificación de Productos, Procesos y Servicios para el sector de plásticos de los 26 organismos solo el ICONTEC, BVQI COLOMBIA LTDA, LENOR COLOMBIA S.A.S., se encuentran acreditados para brindar el servicio de certificación de producto para tuberías plásticas de redes de acueducto e instalaciones hidráulicas.



**Tabla 1.** Listado de normas nacionales asociadas al producto, estas normas son emitidas por el ICONTEC

Documento	Incidencia (producto/cadena productiva)	Objeto
<p>NTC 4392:2020. Método de ensayo para determinar la resistencia a la tensión aparente del anillo de tubos plásticos o tubos plásticos reforzados.</p>	<p>Producto</p>	<p>Este método de ensayo cubre la determinación de la resistencia aparente a la tensión de la mayoría de los productos plásticos que utilizan un montaje de ensayo de disco dividido o de segmento de anillo, cuando son ensayados bajo condiciones definidas de pretratamiento, temperatura, humedad y velocidad de la máquina de ensayo. Este método de ensayo es aplicable para tubos de resina termoestable reforzada sin importar el método de fabricación. Este método de ensayo también es aplicable para tubos termoplásticos extruidos o moldeados.</p>
<p>NTC 3579:2020. Resistencia a la presión hidráulica a corto plazo en tubos y accesorios de plástico.</p>	<p>Producto</p>	<p>Este método de ensayo cubre la determinación de la resistencia a la presión hidráulica de rotura en un corto plazo en tubo termoplástico, tubo termoestable reforzado, tubo termoplástico reforzado, y tubería y accesorios.</p>
<p>NTC 3358:2019. Determinación de las dimensiones de tubos y accesorios termoplásticos.</p>	<p>Producto</p>	<p>Contempla la determinación del diámetro, espesor de pared y dimensiones longitudinales de los tubos termoplásticos. Se incluyen procedimientos para la medición del diámetro interior de tubos destinados para el uso con acoples interiores, la medición del diámetro exterior promedio para tubos redondeables en los que el ovalamiento no es de importancia primordial, la medición del ovalamiento; la medición del diámetro exterior promedio de tubos no redondeables, y para determinar la longitud y rectilinealidad.</p>



Documento	Incidencia (producto/cadena productiva)	Objeto
NTC 1087:2016. tubos de poli(cloruro de vinilo) (PVC) rígido para uso sanitario, aguas lluvias y ventilación.	Producto	Establece los requisitos que deben cumplir y los ensayos a los cuales deben someterse los tubos de poli (cloruro de vinilo) (PVC) rígido utilizados en edificaciones en cada una o cualquier de las siguientes aplicaciones: desagüe sanitario y aguas lluvias.
NTC 369:2014. Plásticos. compuestos de poli (cloruro de vinilo) rígidos y compuestos de poli (cloruro de vinilo) clorado (CPVC).	Producto	Se refiere a compuestos de PVC rígidos y de CPVC destinados para uso general moldeados o extruidos.
NTC 3578. Tubos, accesorios y ensamblajes termoplásticos para transporte de fluidos. determinación de la resistencia a la presión interna.	Producto	Especifica un método de ensayo general para determinar la resistencia a la presión hidrostática interna, a una temperatura determinada, de tubos, accesorios y sistemas de tuberías termoplásticos para el transporte de fluidos.
NTC 2295:2008. Uniones con sellos elastoméricos flexibles para tubos plásticos empleados para el transporte de fluidos a presión.	Producto	Esta norma establece los requisitos que deben cumplir las uniones mecánicas con sellos de material elastomérico, usadas para tuberías y accesorios empleados en el transporte de fluidos a presión, con un espesor de pared igual o mayor que el de un rde 64 y destinados al suministro y distribución de agua.



Documento	Incidencia (producto/cadena productiva)	Objeto
<p>NTC 1062:2021. Sistemas de distribución de agua caliente y fría con tubería plástica de poli(cloruro de vinilo) clorado (CPVC).</p>	<p>Producto</p>	<p>Esta norma establece los requisitos, métodos de ensayo, ensamble y métodos de rotulado para los componentes de sistemas de distribución de agua caliente y fría, de tubería plástica de poli(cloruro de vinilo) clorado, elaborados en una relación dimensional estándar (RDE) y destinados para el servicio de agua hasta 82 °C (180 °F) inclusive. Estos componentes incluyen tubos tipos IPS y CTS, accesorios tipo campana, accesorios de instalaciones externas, accesorios para transición de plástico a metal, cementos solventes y adhesivos. Se incluyen requisitos y métodos de ensayo para los materiales, fabricación, dimensiones y tolerancias, resistencia a la presión hidrostática sostenida y resistencia al termociclado. Los componentes considerados por esta norma se destinan al uso en sistemas residenciales y comerciales de distribución de agua potable caliente y fría.</p>
<p>NTC 382:2018. Plásticos. tubos de poli(cloruro de vinilo) (PVC) clasificados según la presión (serie rde).</p>	<p>Producto</p>	<p>Esta norma se aplica a los tubos de poli(cloruro de vinilo) (PVC) elaborados con base en las relaciones dimensionales estándar (RDE), para tubos termoplásticos y en las presiones establecidas para el agua (véase el Anexo B). También están incluidos los criterios para la clasificación de los tubos plásticos de PVC; un sistema para establecer la nomenclatura correspondiente a los tubos de plástico de PVC, así como también requisitos y métodos de ensayo para los acabados, dimensiones, presión sostenida, presión de rotura, aplastamiento, calidad de extrusión, resistencia al impacto y atoxicidad. Igualmente se incluye la designación empleada para el rotulado</p>



Documento	Incidencia (producto/cadena productiva)	Objeto
NTC 2983:2021. Determinación de la calidad requerida de la fusión de los tubos extruidos de poli (cloruro de vinilo) (PVC) y de los accesorios moldeados, mediante inmersión en acetona.	Producto	Esta norma cubre la determinación de la calidad requerida de la fusión de los tubos extruidos y de los accesorios moldeados de poli (cloruro de vinilo) (PVC) rígido, como se indica mediante la reacción a la inmersión en acetona anhidra.
NTC 3577:2019. Determinación de la densidad de plásticos por la técnica del gradiente de densidad.	Producto	Este método de ensayo trata sobre la determinación de la densidad de los plásticos sólidos. Este método de ensayo se basa en observar el nivel al cual un espécimen de ensayo se hunde en una columna de líquido que presenta un gradiente de densidad, en comparación con patrones de densidad conocida.
NTC 1087:2016. Tubos de poli(cloruro de vinilo) (PVC) rígido para uso sanitario, aguas lluvias y ventilación.	Producto	Establece los requisitos que deben cumplir y los ensayos a los cuales deben someterse los tubos de poli (cloruro de vinilo) (PVC) rígido utilizados en edificaciones en cada una o cualquier de las siguientes aplicaciones: desagüe sanitario y aguas lluvias.
NTC 4218:2013. Tubos de policloruro de vinilo rígido (PVC-u). Resistencia al diclorometano a una temperatura específica (dcmt). Método de ensayo.	Producto	Esta norma especifica un método para determinar la resistencia de los tubos de poli(cloruro de vinilo) (PVC-U) rígido al diclorometano a una temperatura especificada (DCMT). Esta norma es aplicable a todos los tubos de PVC-U, independientemente de su uso previsto.



Documento	Incidencia (producto/cadena productiva)	Objeto
<p>NTC 4585-1:2021. Sistemas de tuberías plásticas para suministro de agua, y para drenaje y alcantarillado bajo presión. Polietileno (PE). Parte 1: General.</p>	<p>Producto</p>	<p>Este documento especifica los aspectos generales de los compuestos de polietileno (PE) para la manufactura de las tuberías y accesorios bajo presión (tubos principales y de servicio) para aplicaciones enterradas o sobre el suelo, destinadas al transporte de: - agua para consumo humano; - agua cruda antes del tratamiento; - drenaje y alcantarillado bajo presión; - sistemas de alcantarillado al vacío; - agua para otros propósitos. Esta norma también especifica los parámetros de ensayo y los requisitos para los métodos de ensayo referenciados en este documento.</p>
<p>NTC 718:2020. Acondicionamiento de plásticos para ensayo.</p>	<p>Producto</p>	<p>En general, las propiedades físicas y eléctricas de los plásticos están influenciadas por la temperatura y la humedad relativa, de forma que estas variables afectan considerablemente los resultados de los ensayos. Con el fin de poder establecer comparaciones confiables entre diferentes materiales y diferentes laboratorios, es necesario normalizar las condiciones de humedad y de temperatura a las cuales se someten estas probetas antes y durante el ensayo. Esta norma define procedimientos para el acondicionamiento de plásticos (aunque no necesariamente hasta las condiciones de equilibrio) antes del ensayo, y las condiciones bajo las cuales se deben ensayar.</p>



Documento	Incidencia (producto/cadena productiva)	Objeto
NTC 5751:2010. Tubos y accesorios en polietileno (pe). determinación de resistencia a la tensión de modo de falla de piezas de prueba a partir de una unión por termofusión a tope "butt-fused"	Producto	Describe un método de prueba para la determinación de la resistencia a la tensión y el modo de falla de tensión de ensambles de tubo de polietileno con el sistema por termofusión a tope "butt-fused" (PE).
NTC 664:2000. Tubos y accesorios de poliolefina. determinación del contenido de negro de humo mediante calcinación y pirolisis. método de ensayo y especificación básica.	Producto	Especifica un método de ensayo para la determinación del contenido de negro de humo en compuestos de poliolefina usados en particular para la fabricación de tubos y accesorios.
NTC 3576:2016. Método de ensayo para determinar las tasas de flujo fundido de termoplásticos por medio de un plastómetro de extrusión	Cadena productiva	Este método de ensayo cubre la determinación de la tasa de extrusión de resinas termoplásticas fundidas usando un plastómetro de extrusión.
NTC 3664:2021. Tubos plásticos de polietileno (PE) controlados con base en el diámetro exterior (RDE-PN).	Producto	Esta norma se refiere a tubos de polietileno fabricados en relaciones dimensionales de tubos termoplásticos basadas en el diámetro exterior y la presión nominal para el agua (véase el Anexo X.1). Se incluyen los requisitos del compuesto de polietileno (PE) y de los tubos plásticos de PE, un sistema de nomenclatura para los tubos plásticos de PE y los requisitos y métodos de ensayo para los materiales, acabado, dimensiones, presión sostenida y presión de rotura. También se establecen métodos de rotulado.



Documento	Incidencia (producto/cadena productiva)	Objeto
NTC 2935:2019. Plásticos. Materiales de polietileno para tubos y accesorios	Producto	Esta norma aborda la identificación de materiales para tubos y accesorios plásticos de polietileno de acuerdo con un sistema de clasificación por celdas. No es función de esta norma proporcionar datos de ingeniería específicos con fines de diseño, especificar tolerancias de fabricación o determinar la idoneidad de los materiales para su uso en una aplicación específica.
NTC 6115:2015. Plásticos. tubos de 150 mm a 1 500 mm [6 pulgadas a 60 pulgadas] con pared de polietileno (pe) con perfil anular corrugado y accesorios para aplicaciones en alcantarillado sanitario	Producto	Esta norma cubre los requisitos y métodos de ensayo para el tubo con pared de polietileno (PE) corrugado anular y accesorios con recubrimiento interno.
NTC 6242-2:2018. Sistemas de tuberías en materiales plásticos para suministro de agua, y para drenaje y alcantarillado a presión. polietileno (PE). parte 2: tubos	Producto	Esta parte de la NTC 6242 especifica las características de los tubos de polietileno (PE 100, PE 80 y PE 40) para aplicaciones subterráneas y aéreas, destinados al transporte de agua para el consumo humano, de agua antes de someterla a tratamiento, el drenaje y el alcantarillado a presión, los sistemas de alcantarillado por vacío, y el agua destinada a otros usos.
NTC 5494:2007. Plásticos determinación del tiempo de falla de tubería plástica bajo presión interna constante.	Producto	Determina los métodos de ensayo para el tiempo de falla bajo presión interna constante de tubos de resina termoplástica o termoestable reforzada..

Documento	Incidencia (producto/cadena productiva)	Objeto
NTC 915:1999. Plásticos. resinas de homopolímeros de cloruro de vinilo.	Producto	Establece los requisitos para homopolímeros de cloruro de vinilo en forma original de polvo, utilizados para subsecuente mezclado y procesamiento en composiciones termoplásticas.
NTC 1880:1999. Plásticos. compuestos de PVC. determinación de la estabilidad térmica.	Producto	Establece los métodos para determinar la estabilidad térmica relativa (estática y dinámica) en compuestos de PVC.
NTC 4393:1998. Método de ensayo para estimar la calidad de tubos de poli - cloruro de vinilo - - PVC - extruidos, por la técnica de reversión de calor.	Producto	Establece un procedimiento para estimar la calidad de tubos plásticos de poli(cloruro de vinilo) (PVC) extruidos, mediante la absorción de la reacción de los especímenes después de exposición al calor.
NTC 1551:1998. Plásticos. Resinas de homopolímeros y copolímeros de cloruro de vinilo. Determinación del pH de los extractos acuosos.	Cadena productiva	Esta norma específica un método para determinar el pH de los extractos acuosos a partir de resinas de homopolímeros y copolímeros de cloruro de vinilo, por medio de un medidor de pH equipado con un electrodo de vidrio.
NTC 4215:2022. Tubos termoplásticos. Determinación de la rigidez del anillo.	Producto	Esta norma específica un método de ensayo para determinar la rigidez del anillo de los tubos termoplásticos que tengan una sección transversal circular.



Documento	Incidencia (producto/cadena productiva)	Objeto
NTC 539:2020. Componentes de los sistemas de agua potable. Efectos en la salud.	Producto	Esta norma está prevista para cubrir los materiales o productos específicos que entran en contacto con: agua potable, productos químicos para el tratamiento de agua potable o ambos. Esta norma se enfoca en la evaluación de los contaminantes o impurezas impartidas indirectamente al agua potable.
NTC 1125:2021. Determinación de la resistencia al impacto de tubos y accesorios termoplásticos por medio de una baliza (peso en caída).	Producto	La presente norma comprende la determinación de la resistencia al impacto de tubos y accesorios termoplásticos en condiciones de impacto especificadas, por medio de una baliza (peso en caída).
NTC 943:2003. Determinación de la resistencia de los plásticos al impacto del péndulo del Izod.	Cadena productiva	Comprende la determinación de la resistencia del plástico a los martillos tipo péndulo "normalizados" montados en máquinas "normalizadas", para romper probetas normalizadas con un péndulo.
NTC 6062:2014. Sistemas de tuberías y ductos plásticos. tubos termoplásticos. determinación de la flexibilidad del anillo.	Producto	Especifica un método para la determinación de la flexibilidad del anillo de un tubo termoplástico de sección transversal circular.
NTC-ISO 6401:1994. Plásticos. resinas de homopolímeros y copolímeros de cloruro de vinilo. determinación de cloruro de vinilo monómero residual. método de cromatografía de gas.	Cadena productiva	Especifica un método para la determinación del cloruro de vinilo monómero residual en resinas de homopolímeros y copolímeros de cloruro de vinilo.

Documento	Incidencia (producto/cadena productiva)	Objeto
NTC 493:2004. determinación de la temperatura de deflexión de los plásticos bajo carga de flexión en posición paralela al plano de laminación.	Producto	Trata sobre la determinación de la temperatura a la cual ocurre deformación arbitraria cuando las probetas se someten a un conjunto arbitrario de condiciones de ensayo.

En la Tabla 2 se listan las normas internacionales relacionadas con el producto de análisis.

**Tabla 2.** Listado de normas internacionales asociadas al producto

Documento	Incidencia (producto/cadena productiva)	Objeto
ANSI/NSF 61: 2016. Drinking Water System Components - Health Effects	Cadena productiva	Esta norma busca cubrir se cubrir materiales o productos específicos que entran en contacto con: agua potable, productos químicos para el tratamiento del agua potable, o ambos. Pretende evaluar contaminantes o impurezas que migren directamente al agua potable que provengan de medios de proceso (p. ej., carbón, arena), materiales de protección, materiales de unión y sellado (por ejemplo, cementos solventes, materiales de soldadura, juntas), tuberías y productos relacionados (por ejemplo, tuberías, tanques, accesorios), dispositivos mecánicos utilizados en sistemas de tratamiento/transmisión/distribución (p. ej., válvulas, cloradores, membranas de separación, sistemas de tratamiento de agua potable de punto a punto) y dispositivos mecánicos de plomería (p. ej., grifos, válvulas de control).



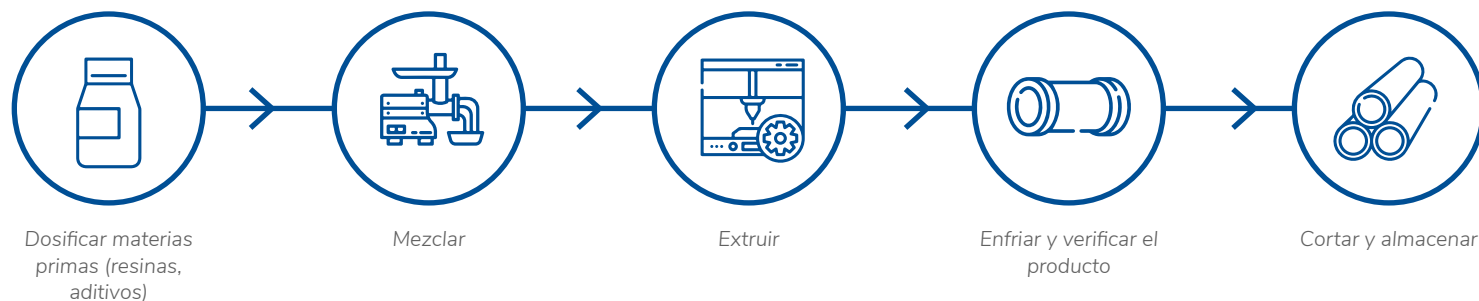
Documento	Incidencia (producto/cadena productiva)	Objeto
ISO 11357. Plastics — Differential scanning calorimetry (DSC)	Cadena productiva	DSC en distintas aplicaciones, agrupadas en 8 capítulos.
ISO 18553	Cadena productiva	Método para la evaluación del grado de dispersión de pigmento o negro de humo en tuberías, accesorios y compuestos de poliolefina.
ISO 15512:2019	Cadena productiva	Determinación del contenido en agua en plásticos en forma de polvo, gránulos y artículos terminados.
ISO 1133-1:2022 Plastics — Determination of the melt mass-flow rate (MFR) and melt volume-flow rate (MVR) of thermoplastics — Part 1: Standard method	Cadena productiva	Determinación de la tasa de flujo másico de fusión (MFR) y la tasa de flujo de volumen de fusión (MVR) de materiales termoplásticos bajo condiciones específicas de temperatura y carga.
ISO 6259-1 Thermoplastics pipes — Determination of tensile properties — Part 2: Pipes made of unplasticized poly(vinyl chloride) (PVC-U), oriented unplasticized poly(vinyl chloride) (PVC-O), chlorinated poly(vinyl chloride) (PVC-C) and high-impact poly(vinyl chloride) (PVC-HI)	Cadena productiva	Método para determinar las propiedades de tracción de tuberías hechas de poli(cloruro de vinilo) no plastificado (PVC-U), poli(cloruro de vinilo) orientado no plastificado (PVC-O), poli(cloruro de vinilo) clorado (PVC-C) y poli(cloruro de vinilo) de alto impacto (PVC-HI, PVC-M o PVC-A)

Documento	Incidencia (producto/cadena productiva)	Objeto
ASTM E1131-08(2014) Standard Test Method for Compositional Analysis by Thermogravimetry	Cadena productiva	Proporciona una técnica general que incorpora termogravimetría para determinar la cantidad de materia altamente volátil, materia medianamente volátil, material combustible y contenido de cenizas de los compuestos. Este método de prueba será útil para realizar un análisis de composición en los casos en que las partes interesadas lo acuerden.
ASTM D3418-15 Standard Test Method for Transition Temperatures and Enthalpies of Fusion and Crystallization of Polymers by Differential Scanning Calorimetry	Cadena productiva	El análisis térmico proporciona un método rápido para medir las transiciones debidas a cambios morfológicos o químicos en un polímero a medida que se calienta/enfría a través de un intervalo de temperatura específico. La calorimetría diferencial de barrido se utiliza para ayudar a identificar polímeros específicos, aleaciones de polímeros y ciertos aditivos de polímeros que presentan transiciones térmicas.
ASTM D790-17 Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials	Cadena productiva	Las propiedades de flexión determinadas por este método de prueba son para fines de especificación y control de calidad.

### 7.1.3 Necesidades metrológicas asociadas a la producción de la tubería

El proceso productivo de la tubería plástica de redes de acueducto e instalaciones hidráulicas se resume en la Figura 2.





**Figura 2.** diagrama de flujo del proceso productivo de una tubería plástica de redes de acueducto e instalaciones hidráulicas.

Los ensayos que se deben realizar se concentran en la caracterización de las materias primas al iniciar el proceso productivo, durante el enfriamiento (para

asegurar dimensiones de la tubería) y en el producto terminado luego de la operación de corte y almacenamiento.

**Tabla 3.** ensayos que realizan a materias primas y producto terminado

	Ensayo o medición	Características o límites a tener en cuenta
Materia prima	Cuantificación de cloruro de vinilo (monómero) residual en agua de tuberías con interior de PVC o PVCO	El valor máximo permitido de cloruro de vinilo es 3.2 mg/kg
	Análisis térmico que mide el flujo de calor de una sustancia en atmosfera oxidativa (OIT)	Análisis térmico que mide el flujo de calor de una sustancia en atmosfera oxidativa (OIT)
	Contenido negro de humo en polietileno	El valor máximo permitido de negro de humo 2.0 % a 2.5 % en masa
	Propiedades de tracción en plásticos	Determina las propiedades de tracción en plásticos. Se usa un pretratamiento y se hace en condiciones de temperatura, humedad y velocidad de máquina de ensayo controlada.

	Ensayo o medición	Características o límites a tener en cuenta
Materia prima	Esfuerzo de cedencia para PVC	Esfuerzo (expresado como fuerza sobre unidad de área transversal) necesario para generar una rotura en una dirección de la pieza. Estos esfuerzos están entre 34.5 MPa y 55.2 MPa
	Resistencia al impacto de péndulo Izod, en materiales plásticos	Se determina la energía cinética necesaria para provocar un cambio (ruptura, deformación, doblez.) en una pieza de plástico de área transversal conocida. La energía cinética transferida a la pieza se determina mediante la longitud del péndulo, su masa y la velocidad de la oscilación antes del impacto. La energía a la que esto sucede se encuentra normalmente entre 34.7 J/m y 800.7 J/m
	Temperatura mínima de deflexión bajo carga	Temperatura a la cual ocurre una deformación en la pieza, bajo ciertas condiciones de ensayo. El intervalo de temperatura en el que normalmente esto sucede es 55 °C y 140 °C
	Análisis de composición por termogravimetría (TGA)	Temperatura a la cual ocurre una degradación de la muestra que se evidencia por una pérdida de peso de la misma.
	Método de prueba estándar para temperaturas de transición y entalpías de fusión y cristalización de polímeros mediante calorimetría diferencial de barrido (DSC)	Permite conocer el comportamiento térmico del material, sus temperaturas de transición como la de fusión de cristales, transición vítrea, entre otras.
	Propiedades en flexión de plásticos	Determina las propiedades de flexión en plásticos. Se usa un pretratamiento y se hace en condiciones de temperatura, humedad y velocidad de máquina de ensayo controlada.
Producto terminado	Medición de migración de metales de la tubería hacia el agua	Valores máximos admisibles (mg/L): Aluminio 0.2; Antimonio 0.0006; Arsénico 0.001; Bario 0.2; Cadmio 0.0005; Cobre 0.13; Cromo total 0.01; Mercurio 0.0002; Níquel 0.02; Plata 0.01; Plomo 0.0005; Selenio 0.005
	Resistencia química, pérdida de peso	Máximo 0.5 % de pérdida de peso



	Ensayo o medición	Características o límites a tener en cuenta
Producto terminado	Resistencia al aplastamiento	El tubo de muestra no debe presentar hendiduras, agrietamiento o rotura
	Diámetros internos y externos	El intervalo de tolerancia está definido por el tipo de tubería, para esto se debe consultar la NTC 4452:1998, Tabla 1
	Espesor de pared	El intervalo de tolerancia está definido por el tipo de tubería, para esto se debe consultar la NTC 4585-2:2020, Tabla 1 y NTC 4452:1998, Tabla 2
	Ovalamiento	El intervalo de tolerancia está definido por el tipo de tubería, para esto se debe consultar la NTC 4452:1998, Tabla 1
	Resistencia a la presión Hidráulica a corto plazo	Se debe registrar la presión a la que falla la probeta, la norma no establece un valor.
	Determinación de la resistencia a la presión interna	Se debe registrar la presión a la que falla la probeta
	Esfuerzo de cedencia para PE	Se determina el esfuerzo (expresado como fuerza sobre unidad de área transversal) necesario para generar una rotura en una dirección de la pieza.
	Elongación en la rotura	Porcentaje de elongación, antes de la rotura, comparado con el valor inicial de la pieza antes de la prueba.
	Análisis térmico que mide el flujo de calor de una sustancia en atmosfera oxidativa (OIT)	NA
	Resistencia a la propagación de grietas	Propagación o ampliación de una grieta (fisura), practicada sobre la superficie de la tubería, cuando se somete a una temperatura y presión interna entre 0.8 MPa a 2.4 MPa
Determinación del tiempo de falla bajo presión constante	Comportamiento de tubería a presión constante sostenida, a una temperatura dada y un tiempo determinado. Puede o no haber presencia de fallas.	

	Ensayo o medición	Características o límites a tener en cuenta
Producto terminado	Resistencia al impacto de tubos plásticos por medio de una baliza	Baliza que cae sobre un espécimen de tubo. Aquí se debe asegurar la masa de la baliza, la longitud a la que cae y la longitud de la probeta que está siendo sometida al ensayo
	Determinación de la rigidez del anillo	Se mide la fuerza y la deflexión mientras se comprime el tubo a una velocidad constante. La rigidez del anillo se calcula como una función de la fuerza necesaria para producir una deflexión diametral de 3% del tubo
	Contenido de volátiles en tubos de polietileno	El método consiste en determinar la pérdida de masa de un espécimen dentro de un horno de secado a una temperatura, para conocer el % de volátiles.



08.

**CAPACIDADES  
METROLÓGICAS**



A partir de las necesidades metrológicas identificadas en la sección 7.1 Necesidades metrológicas del

producto se realizó una búsqueda de laboratorios que contaran capacidades de medición relacionadas.



## 8.1 LABORATORIOS DE ENSAYO

En una búsqueda general en el directorio de laboratorios acreditados por ONAC [12], se encuentra que para el sector Industria del plástico y materiales relacionados hay 22 laboratorios acreditados. Sin embargo, en realizando una búsqueda en detalle se

logró identificar laboratorios con capacidades metrológicas relacionadas con normas técnicas de plásticos para tuberías. La Tabla 4 muestra los laboratorios acreditados en ensayos<sup>3</sup>.

---

<sup>3</sup> La búsqueda de los laboratorios acreditados se realizó en el lapso comprendido entre 31 de octubre y 20 de diciembre de 2022



**Tabla 4.** Capacidades metrológicas de laboratorios acreditados (a la fecha de búsqueda)

Laboratorio	Ensayo	Matriz, material a ensayar	Ubicación
TECNIMICRO LABORATORIO DE ANÁLISIS S.A.S.	Migración específica de aluminio, antimonio, arsénico, bario, cadmio, cobre, cromo, mercurio, níquel, plomo, selenio, boro, cobalto, estroncio, manganeso, estaño, zinc. Migración específica de aluminio, antimonio, arsénico, bario, cadmio, cobre, cromo, mercurio, níquel, plata, plomo, selenio	Juguetes, materiales, objetos, envases y equipamientos metálicos, celulósicos, plásticos elastoméricos y sus aditivos. Materiales y productos en contacto con agua potable	Medellín
BUREAU VERITAS COLOMBIA LTDA	Determinación de metales pesados.	Aguas de extracción de Tuberías y productos relacionados, Aplicación en frío.	Bogotá
INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO - LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN PARQUE I	Análisis de composición por termogravimetría	Plásticos	Medellín
	Tensión	Plásticos	
	Flexión	Plásticos	
COLOMBIANA DE EXTRUSION S.A. EXTRUCOL	Determinación de la resistencia a la tensión y porcentaje de elongación.	Plásticos, tubos y accesorios de poliolefina	Bucaramanga
	Determinación de la estabilidad térmica.	Materiales de polietileno para tubos y accesorios	
	Determinación del tiempo de inducción a la oxidación (OIT isotérmico).	Tubería y accesorios de poliolefina	
	Determinación de la temperatura de inducción a la oxidación (OIT dinámico)	Tubería y accesorios de poliolefina	

Laboratorio	Ensayo	Matriz, material a ensayar	Ubicación
COLOMBIANA DE EXTRUSION S.A. EXTRUCOL	Determinación de las dimensiones de tubos y accesorios diámetros y espesor de pared	Tubería y accesorios de poliolefina	Bucaramanga
	Determinación de índice de fluidez	Plásticos	
	Determinación de la densidad por la técnica del gradiente de densidad. Gradiente de columna	Plásticos	
	Determinación de la presión sostenida para la conducción de fluidos	Tubería y accesorios plásticos	
	Determinación de la presión de rotura a corto plazo	Tubería y accesorios plásticos	
	Determinación de la resistencia a la tensión aparente del anillo mediante el método de disco muescado	Tubería y accesorios plásticos	
	Determinación de la resistencia a la tracción y tipo de fallo en probetas soldadas a tope	Tubería y accesorios plásticos	
SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE - SENA - CENTRO NACIONAL DE ASISTENCIA TECNICA A LA INDUSTRIA ASTIN	Envejecimiento acelerado en cámara ultravioleta (Intemperismo acelerado)	Plásticos	Medellín



Laboratorio	Ensayo	Matriz, material a ensayar	Ubicación
INSTITUTO DE CAPACITACION E INVESTIGACION DEL PLASTICO Y DEL CAUCHO – ICIPC <sup>a</sup>	Método de ensayo estándar para la determinación de temperaturas de transición y entalpías de fusión y cristalización de polímeros, mediante calorimetría diferencial de barrido	Polímeros	Medellín
	Método de ensayo estándar para la determinación del tiempo de inducción a la oxidación de poliolefinas mediante calorimetría diferencial de barrido. Sistemas de canalización y conducción en materiales plásticos. Tubos y accesorios de poliolefinas. Determinación del tiempo de inducción a la oxidación. Plásticos. Calorimetría diferencial de barrido (DSC). Parte 6: Determinación del tiempo de inducción a la oxidación (OIT isotérmico) y de la temperatura de inducción a la oxidación (OIT dinámica)	Polímeros (excluyendo PVC)	
	Determinación de la presión hidráulica de rotura a corto plazo en tubos y accesorios de plástico	Tuberías y accesorios termoplásticos en diámetros de 20 mm hasta 110 mm y diámetros 1/2" hasta 4"	

<sup>a</sup>En el directorio de acreditación de ONAC mencionan que este laboratorio se encuentra: Acreditado con Suspensión Total. El laboratorio se referencia dado que cuenta con una capacidad de medición importante para el producto y es reconocido como actor importante para la cadena.

Adicional a los laboratorios acreditados en ensayos relacionados con plásticos de construcción, ONAC brindó información de laboratorios acreditados con capacidades de medición relacionadas con migración de metales tóxicos desde plásticos hacia diferentes

matrices, la Tabla 5 lista estos laboratorios que, a partir de un análisis más detallado, podrían estar en la capacidad de implementar y acreditar la ANSI/NSF 61: 2016. *Drinking Water System Components - Health Effects*.

**Tabla 5.** Laboratorio acreditados en migración de metales tóxicos en normas diferentes a las relacionadas con plásticos de construcción

Nombre	Ensayo	Sustancia, material, elemento o producto a ensayar	Ubicación
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA – SEDE BOGOTÁ- LABORATORIO DE EXTENSIÓN Y ASESORÍAS	Migración global en simulantes sustitutivos al graso por inmersión total	Lámina o película de plástico	UNE-EN 1186-1 (2002-11-25); UNE-EN 1186-3 (2002-11-20); UNE-EN 1186-14 (2003-01-31) Numeral 3 NTC 5022-1 (2010-09-20); NTC 5022-3 (2010-09-20); NTC 5022-14 (2010-09-20) Numeral 3
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA – SEDE BOGOTÁ- LABORATORIO DE EXTENSIÓN Y ASESORÍAS	Migración global en simulantes sustitutivos al graso por inmersión total	Lámina o película de plástico	UNE-EN 1186-1 (2002-11-25); UNE-EN 1186-3 (2002-11-20); NTC 5022-1 (2010-09-20); NTC 5022-3 (2010-09-20)
INSTITUTO DE CAPACITACION E INVESTIGACION DEL PLASTICO Y DEL CAUCHO – ICIPC	Migración global en simulantes sustitutivos al graso por inmersión total	Materiales y artículos plásticos y Materiales y artículos plásticos que permitan sellado o ya vengan en forma de bolsa	NTC 5022-3:2010. Método A. BS EN 1186-3:2002. Método A (excluyendo numeral 3.5.2.3) NTC 5022-7:2010; BS EN1186-7:2002 (excluyendo numeral 7.2.3); NTC 5022-9:2010; BS EN 1186-9:2002 (excluyendo numeral 7.2.3) NTC 5022-14:2010; BS EN 1186-14:2002 (a excepción del ensayo por una sola cara, numeral 4)



Nombre	Ensayo	Sustancia, material, elemento o producto a ensayar	Ubicación
LABORATORIO LENOR ZONA FRANCA SAS	Migración global en simulantes sustitutivos al graso por inmersión total	Juguetes Categoría I Categoría II Categoría III	NTC - EN 71-3 (2016-02-17) EN-71-3:2013+A3:2018 (2018-06-13)
FUNDACION INTAL SIGLA: INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA ALIMENTARIA-INTAL	Migración global en simulantes sustitutivos al graso por inmersión total	Materiales y artículos plásticos Materiales plásticos en forma de película o lamina que puedan sellarse por calor	UNE-EN 1186-7:2002 UNE-EN 1186-14:2002 NTC 5022-7:2010 NTC 5022-14:2010

Frente a laboratorios no acreditados que le prestan servicios a la cadena, los productores de tuberías plásticas referenciaron al Laboratorio de Ingeniería civil, Hidráulica y Sistemas de Alcantarillado de la Universidad de los Andes [13]. Aun cuando este laboratorio tiene un alcance de acreditación para suelos, rocas, productos de arcilla, barras corrugadas y

concreto [12] algunos productores de tubería lo referencian como proveedor de ensayos.

No se encontraron laboratorios que realizaran ensayos para la determinación de monómeros residuales en agua (esta búsqueda se hizo en el directorio de acreditados de ONAC y en Buscalab).

## 8.2 LABORATORIOS DE CALIBRACIÓN

En una búsqueda general en el directorio de laboratorios acreditados por ONAC [12], se encuentra que para el sector Industria del plástico y materiales relacionados hay 6 laboratorios de calibración acreditados: Celsius SAS, Omecol SAS, Ingobar Metrología, Amek Alianza Metrológica Colombiana, Metrilab y Metrología Analítica. Sin embargo, a través

de una encuesta realizada a los productores de tuberías plásticas, se conocieron quienes son sus proveedores de calibración. A partir de esa información se hizo una búsqueda en el directorio de acreditados de ONAC para conocer algunos de los alcances de calibración que fuesen de interés para el producto evaluado, la información se resume en la Tabla 6<sup>4</sup>.

<sup>4</sup> La empresa CARDINAL WEIGHING fue reportada como proveedor de ensayo y calibración, sin embargo, esta empresa realiza mantenimientos, vende equipos, entre otras actividades según su sitio web (<https://www.cardinalscale.com.co/nosotros/>).

**Tabla 6.** proveedores de calibración reportados por los productores de tubería plástica

Laboratorio	Estado de la acreditación	Matriz, material a ensayar
DETECTO	Acreditado con Suspensión Parcial – Voluntaria	Calibración de pesas OIML, ASTM, NIST; instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático
TESLA LABORATORIO DE METROLOGÍA	Acreditado	Calibración de indicadores de Presión Absoluta (Barómetros); Indicadores de Presión relativa, presión diferencial, termómetros de radiación; Medidores de condiciones ambientales de Temperatura en aire; Termómetros analógicos y digitales; instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático
ICCLAB	Acreditado	Calibración de micrómetros de exteriores, pie de rey; Medidor de espesor de recubrimiento y por ultrasonido; termohigrómetros; Manómetros analógicos y digitales; Máquinas de ensayos a tracción o Compresión, Sistemas de medición de fuerza (celdas de carga con indicador) y dinamómetro (tracción compresión); termómetros digitales; instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático
LABORATORIO DEL MEDIO AMBIENTE Y CALIBRACIÓN WR S.A.S	Acreditado	Calibración de termómetros analógicos y digitales; Pesas clase: E2, F1, F2 y M1; instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático
METROLOGIC COLOMBIA S.A.S.	Acreditado con Suspensión Parcial – Voluntaria	Calibración de termohigrómetros; termómetros digitales; manómetros, Manómetros de presión diferencial de indicación analógica o digital
METRILAB LTDA	Acreditado	Calibración de medidores de espesor de recubrimiento sobre material conductor ferroso y por ultrasonido
METROLOGÍA GLOBAL S.A.S. - METROGLOBAL S.A.S.	Acreditado	Calibración de pesas E2, F1, F2, M1, M2; Termómetros ambientales y termohigrómetros de indicación digital; Manómetros analógicos o digitales; instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático



Laboratorio	Estado de la acreditación	Matriz, material a ensayar
COMPAÑÍA NACIONAL DE METROLOGÍA S.A.S. - CONAMET S.A.S.	Acreditado	Calibración de indicadores de temperatura de sensor RTD, sensores resistivos, termopares y termómetros digitales sin incluir sensor; Manóvacuómetros Manómetros Transductores de presión con indicador Manómetros diferenciales Transductores de presión diferencial con indicador; Pesas E2, F1, F2, M1, M2, M3; instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático; Termohigrómetros
PINZUAR S.A.S.	Acreditado	
CONCRELAB S.A.S.	Acreditado	Calibración de pie de rey; micrómetro digital; pesas F1, F2, M1, M2, M3; instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático; Máquinas de ensayo de materiales con indicación en unidades de fuerza a compresión, tensión.
Laboratorio Magnitest SAS	No acreditado	Sin información
MBMETROLOGIA	No acreditado	Reportan que realizan calibración en magnitudes de masa, longitud, presión, temperatura, par torsional, entre otros.

### 8.3 CAPACIDADES METROLÓGICAS DEL INM

El INM, dentro de su portafolio, ofrece el servicio de calibración en diversas magnitudes. A continuación, en la Tabla 7, se muestran las capacidades de calibración del instituto.

Tabla 7. Capacidades de calibración del INM

Magnitud	Equipo	Intervalos
Masa	Patrones de masa	1 mg – 1000 kg
Masa	Pesas de valor nominal	1 mg – 50 kg
Fuerza	Instrumento medidor de fuerza	0.1 kN – 1000 kN
Temperatura	Termómetro de resistencia de platino	-80 °C – 419.5 °C
Temperatura	Termopar metal noble	0 °C – 1200 °C
Temperatura	Termómetros de vidrio	-30 °C – 150 °C
Temperatura	Termómetro digital de masa	-80 °C – 419.5 °C
Longitud	Calibre roscado exterior cilíndrico	4 mm – 100 mm
Longitud	Calibre roscado exterior cónico	4 mm – 100 mm
Longitud	Cabeza micrométrica	4 mm – 100 mm
Longitud	Cinta métrica	0 m – 50 m
Presión	Presión absoluta neumática	1.5 kPa – 7000 kPa
Presión	Presión manométrica neumática	-75 kPa – 1.5 kPa



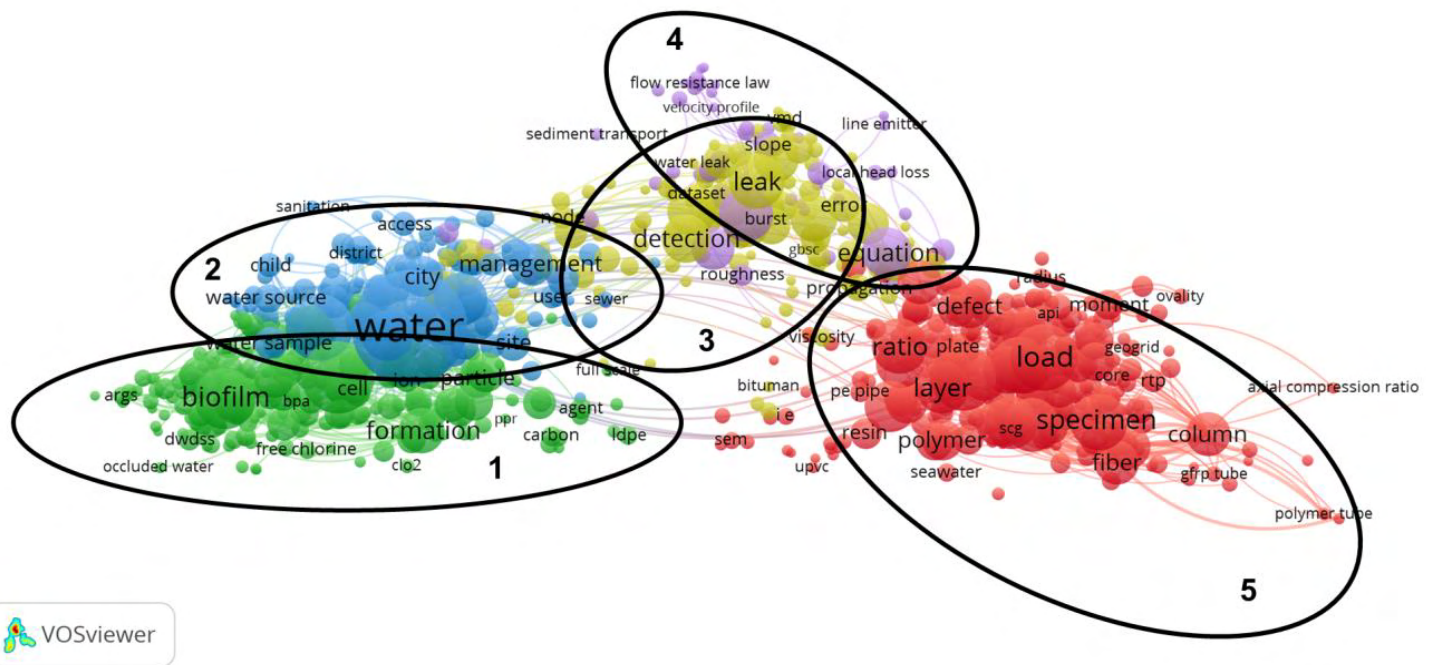
09.

**PANORAMA DE I+D+I  
DEL PRODUCTO**



Para conocer las tendencias en I+D+i de las tuberías plásticas utilizadas para agua de consumo humano se realizó una búsqueda en la base de datos referencial SCOPUS y un análisis de frecuencia de aparición de palabras en cada artículo publicado en los últimos 5

años (2018 a 2022)<sup>5</sup>. Se encuentra que, de la búsqueda realizada (*pipe AND drinking water; plastic AND pipe AND testing; plastic pipe*), se presentan 5 grupos de términos según se observa en la Figura 3.



**Figura 3.** Visualización de red de los términos empleados en los artículos de los últimos 5 años

En el grupo 1 los términos más frecuentes son *biofilm*, *concentración*, *bacteria*, *material de tubería*, *calidad de agua*, *acumulación*, *formación*, *partícula*, entre otros. El término *concentración* se encuentra relacionado con los términos: *bacteria*, *plomo*, *hierro*, *cobre*, *cloro*, *ptalato*, *sistema de distribución de agua*, *contaminante*, entre otros; adicionalmente la palabra

*microplástico* se relaciona con *biofilm* y en el grupo 2 con las palabras *agua*, *contaminación* y *río*. El término *migración*, que se encuentra en este grupo, solo se relaciona con los términos del grupo 2 *agua* y *agua potable*. Es importante resaltar que el término *biofilm* que está en este análisis hace referencia a la capa de materia orgánica que se forma en las tuberías y que

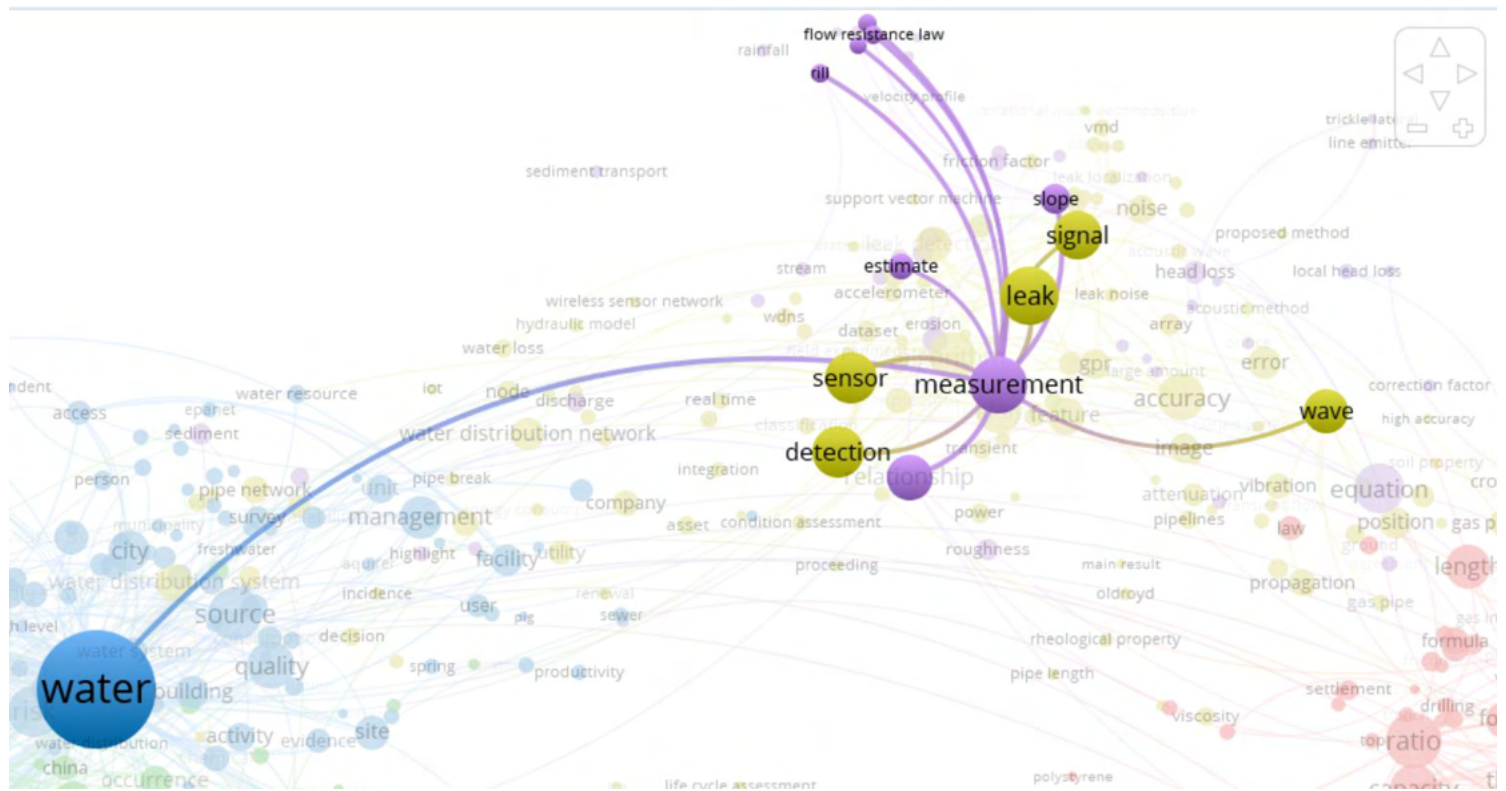
<sup>5</sup> Se empleó el software de uso libre VOSviewer versión 1.6.18

puede ser un reservorio de patógenos, por esta razón esta palabra comparte grupo con términos que se asocian con compuestos o microorganismos que pueden ser un riesgo para la salud humana.

En el grupo 2 los términos más frecuentes son agua potable, agua, contaminación, fuente, calidad, riesgo de salud. Estos términos se relacionan con los términos relevantes del primer grupo y con el término sistema de distribución de agua del tercer grupo.

En el grupo 3 los términos más frecuentes son filtración, fuga, algoritmo, señal, sensor, detección de filtración, onda, exactitud, entre otros.

En el cuarto grupo se tienen términos como medición, ecuación, relación, error, entre otros. En la figura se observa que el término medición guarda relación con términos de los grupos 2 y 3



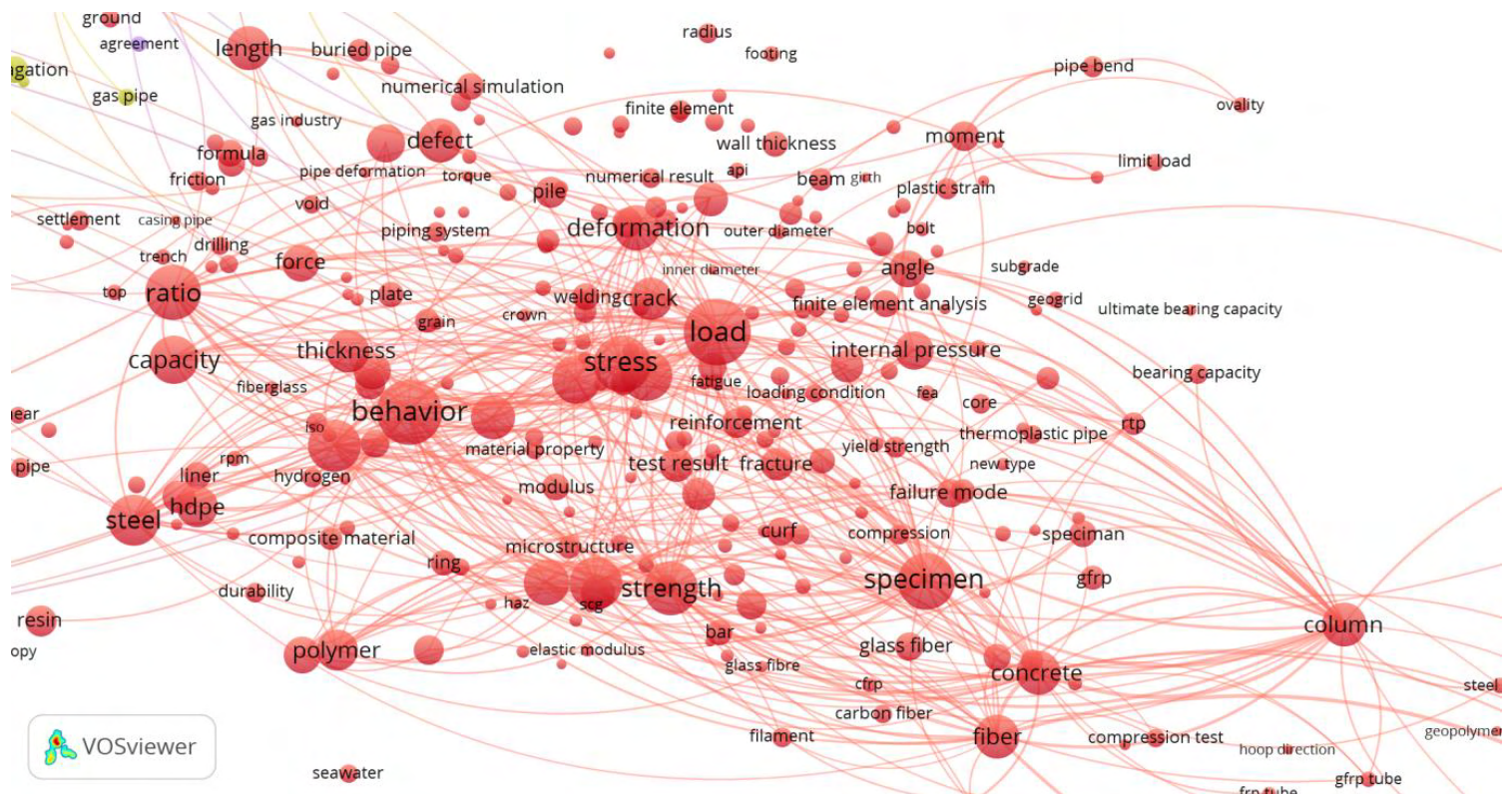
**Figura 4.** Visualización de red del término medición con los diferentes grupos



Algunos de los términos más importantes del grupo 5 son comportamiento, carga, estrés, fuerza, deformación, capacidad, rigidez, espesor, fractura, presión, presión interna (ver Figura 5).

En conclusión, en los grupos 1 y 5 (Figura 3) se pueden encontrar los ensayos químicos y físicos que se han identificado como necesidades metrológicas a lo largo del documento y que se realizan para determinar la calidad de materiales y tuberías plásticas. En el marco de ensayos químicos se observa

el análisis de concentración de metales tóxicos, ftalatos, contaminantes en agua potable y el contenido de microplásticos de diferentes fuentes de agua por el riesgo que estas sustancias presentan a la salud humana. En los ensayos físicos se encuentran las mediciones realizadas directamente sobre la tubería: espesor, carga, fatiga, tensión, resistencia, etc. El término *material reciclado*, a pesar de pertenecer al grupo 5, no tiene relación con alguno de los ensayos identificados.



**Figura 5.** Visualización de red del término medición con los diferentes grupos

A partir de una búsqueda detallada se encuentra que el análisis de microplásticos, identificado como ensayo químico del grupo 1 (Figura 3), se realiza principalmente a partir de técnicas como espectrometría de masas por cromatografía de gases de pirólisis (pyr-GC-MS), espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FTIR o  $\mu$  FTIR) o espectroscopía raman [14]–[16]. En el estudio realizado por Gomiero [14] se menciona que los microplásticos encontrados en las zonas de análisis son de polietileno, poliamida y poliéster. En las tuberías plásticas de redes de acueducto e instalaciones hidráulicas uno de los materiales de fabricación es el polietileno y según Zhang [17] las tuberías son una fuente de este tipo de materiales.

Por otro lado, el uso de materiales reciclados en plásticos de construcción ha sido documentado por autores como Juan [18] donde emplearon material reciclado de polietileno de alta densidad para la fabricación de tubos de presión. El estudio consolida la caracterización realizada a las mezclas (propiedades mecánicas y fisicoquímicas) con el objetivo de determinar la viabilidad para ser utilizadas en aplicaciones de tuberías. Los autores concluyen que los resultados permiten incorporar el polietileno reciclado en la fabricación de tubería de presión y resaltan que la calidad del producto final depende de la clasificación y selección que se realice al material reciclado para que no se presente contaminación.





## PRINCIPALES PROYECTOS DE I+D+I DE INVERSIÓN PÚBLICA

Frente a la inversión pública relacionada con el producto tuberías plásticas de redes de acueducto e instalaciones hidráulicas se encuentra que la mayoría de proyectos financiados por el Sistema Nacional de Regalías en Colombia se han enfocado en la construcción de redes, instalación de tubería y optimización del sistema de acueducto. Relacionado con mediciones, se encuentra un proyecto del sector Ciencia, Tecnología e Innovación denominado: Desarrollo de Nuevos Métodos No Destructivos para Monitoreo In Situ de Probabilidad de Ocurrencia de

Falla en Tuberías en el Sector de Hidrocarburos en los Departamentos de Bogotá, Boyacá, Santander; sin embargo, no está relacionado con tuberías plásticas de redes de acueducto e instalaciones hidráulicas. [19]

En la búsqueda de proyectos financiados por Minciencias [20] relacionados con tuberías no se encontraron resultados. Sin embargo, en la Tabla 8 se pueden encontrar proyectos relacionados con las temáticas de agua potable y método de medición para analitos relacionados con agua o plásticos:

**Tabla 8.** Proyectos financiados por Minciencias

Nombre del proyecto	Año	Entidad ejecutora
Desarrollo de una aplicación para la modelación análisis y diseño de redes internas de distribución de agua potable	2009	Universidad de los Andes
Estandarización y evaluación de un método molecular de detección y viabilidad de quistes de <i>Giardia sp</i> <i>Blastocystis</i> y ooquistes de <i>Cryptosporidium</i> y <i>Toxoplasma</i> a partir de muestras de agua potable	2012	Universidad del Quindío
Validación y acreditación de la metodología de filtración por membrana para la determinación de <i>Legionella sp.</i> y <i>Clostridium sp.</i> en una matriz de agua potable para el Grupo de Investigación en Gestión y Modelación Ambiental-GAIA.	2012	Universidad de Antioquia
Estandarización y acreditación de métodos de migración global y específica como estrategia para el fortalecimiento de las cadenas productivas de plástico caucho y afines en el sector de empaques envases y embalajes <sup>a</sup>	2010	Instituto de Capacitación e Investigación del Plástico y del Caucho (ICIPC)

<sup>a</sup> Se asocia este proyecto dado que permite identificar capacidades de medición que, aun cuando no se realizan directamente sobre el producto asociado al estudio, si busca desarrollar competencias que, posteriormente, puedan ser aplicadas en las tuberías plásticas

Nombre del proyecto	Año	Entidad ejecutora
Desarrollo de un nuevo método numérico sin malla para modelar y predecir superficies libres (sl) en extrusión de termoplásticos	2010	Instituto de Capacitación e Investigación del Plástico y del Caucho (ICIPC)
Identificación y caracterización de micro plásticos en agua sedimento bivalvos y peces de las ciénagas San Juan de Tocagua y Luruaco (Atlántico Colombia)	2020	Universidad del Atlántico



**10.**

**PROBLEMAS DEL  
PRODUCTO**




Con la información de las necesidades metrológicas y las capacidades metrológicas se identificaron 7 problemas:

- a. Para algunos laboratorios de ensayo y calibración es difícil mantener la acreditación
- b. Para los productores de tuberías plásticas de redes de acueducto e instalaciones hidráulicas es difícil contar con proveedores de servicios de ensayo en presión de rotura para grandes diámetros y análisis de migración de sustancias desde la tubería plástica hacia el agua potable.
- c. Los usuarios de las tuberías plásticas de redes de acueducto e instalaciones hidráulicas encuentran que no siempre se cumple con las características de calidad que reporta el productor en los certificados de producto.
- d. Para algunos productores, se observó falta de control de mediciones de presión, temperatura y variables dimensionales en proceso por lo que, en esos casos, no se realizan mediciones o los instrumentos no están bajo control metrológico.
- e. Para los productores de tuberías plásticas de redes de acueducto e instalaciones hidráulicas es difícil contar con proveedores de servicios de ensayo en presión de rotura para grandes diámetros.
- f. Para los laboratorios acreditados es difícil conseguir ensayos de aptitud que cubran los alcances relacionados con los ensayos de calidad de las tuberías plásticas.
- g. Algunos laboratorios de control de calidad de las empresas productoras no aseguran la validez de los resultados de medición en los ensayos que realizan a las tuberías plásticas

El problema: para algunos laboratorios de ensayo y calibración es difícil mantener la acreditación no es del alcance metrológico por lo que no se incluye en la

relación necesidades metrológicas, capacidades metrológicas y problemas.





**11.**  
**IDENTIFICACIÓN DE  
BRECHAS Y PLAN DE  
TRABAJO**



Brechas	Tipo de brecha	Plan de trabajo				
		¿Qué hacer?	¿Cómo hacerlo?	Plazo	¿Quién realiza?	¿Quién se beneficia?
<p>La cuantificación de monómeros residuales por migración al agua potable es obligatoria y los proveedores de resinas certifican el producto según el límite máximo permitido. Sin embargo, no se encontró oferta de laboratorios acreditados para este servicio según la NSF/ANSI 61-2016. Este método de medición podría ser implementado por laboratorios que realizan cuantificación de compuestos orgánicos por CG-FID.</p>	Servicios Metrológicos	<p>Sensibilizar los laboratorios que tengan la capacidad de medición para que conozcan el ensayo, lo implementen, conozcan el potencial de mercado y se motiven a acreditarse.</p>	<p>Convocar, a través de la RCM, a los productores de tuberías y laboratorios de ensayo con potenciales capacidades de medición, para que conozcan la necesidad de medición y tengan las herramientas para evaluar su implementación.</p>	Corto (1 año)	INM (RCM, AT, SMQB)	Productores Laboratorios ICIPC Acoplásticos (invitado)
<p>La mayoría de productores cuentan con sellos de calidad para las de tuberías plásticas de redes de acueducto e instalaciones hidráulicas, esto implica que cumplen con los requisitos establecidos por los organismos de certificación para laboratorios (algunos se basan en los requisitos de la ISO/IEC 17025), requisitos de proceso, entre otros. Sin embargo, algunos usuarios de tuberías verifican parámetros de calidad como parte de su evaluación de producto y encuentran que no todos los requisitos certificados se cumplen.</p>	Metrológica	<p>Proponer la realización de un proyecto de I+D+i que incluya, dentro de otras actividades, consolidar información a nivel de usuario de fallas de tuberías plásticas de redes de acueducto e instalaciones hidráulicas (para clasificarlas) y definir posibles causas, que lleven a identificar oportunidades de mejora para todos los productores en los procesos y sistemas de control de calidad.</p>	<p>Proponer mesas de trabajo con proveedores de servicios de acueducto y productores, para identificar problemáticas y posibles causas. A partir de estas encontrar soluciones y generar proyectos</p>	Corto (1 año)	Acoplásticos (Líder de la iniciativa) Grupos de investigación relacionados (Líder de la iniciativa)	Productores de tuberías Proveedores de servicios de acueducto Usuarios del sistema de acueducto Invitados adicionales: INM, ICONTEC
<p>VARIABLES como presión, temperatura y longitud son consideradas variables críticas de proceso. Sin embargo, algunos productores no cuentan con sistemas de control de proceso o calidad rigurosos aun cuando cuentan con sellos de calidad, esto lleva a que en sus procesos productivos midan algunas variables y que estas no cuenten con control metrológico.</p>	Metrológica	<p>Sensibilizar a los líderes de proceso y líderes de calidad de las empresas productivas, acerca de la importancia de tomar decisiones con base en mediciones confiables (incluir las actividades que se deben hacer para asegurar la validez del resultado)</p>	<p>Sensibilizar a los líderes de proceso y líderes de calidad de las empresas productivas, acerca de la importancia de tomar decisiones con base en mediciones confiables (incluir las actividades que se deben hacer para asegurar la validez del resultado)</p>	Corto (1 año)	Acoplásticos ICIPC (Dependiendo de la temática se podrá contar con el INM para los temas generales de metrología)	Productores (personal de producción y calidad de las empresas de tuberías)

Brechas	Tipo de brecha	Plan de trabajo				
		¿Qué hacer?	¿Cómo hacerlo?	Plazo	¿Quién realiza?	¿Quién se beneficia?
Los productores necesitan realizar pruebas para tuberías de grandes diámetros de presión de rotura e hidrostática. Sin embargo, en el país no hay oferta de estos servicios, lo que lleva a que los productores extrapolen resultados basándose en ensayos de tuberías de menor diámetro y aumentando la probabilidad de poner en riesgo la operación del sistema de acueducto.	Servicios Metrológicos	Proponer la realización de proyectos de I+D+i con entidades de investigación y desarrollo para generar la capacidad de medición de estos ensayos.	Proponer mesas de trabajo con productores y entidades de I+D+i para formular un plan de ampliación de capacidades en el país de ensayos de tubería de grandes diámetros.	Mediano (1 a 3 años)	Productores ICIPC Entidades de investigación	Productores
La presión hidrostática y presión de rotura son algunos de los requisitos de calidad de las tuberías, siendo estos ensayos realizados por laboratorios acreditados que prestan sus servicios a la cadena. Sin embargo, para estos laboratorios no es fácil encontrar ensayos de aptitud en estos ensayos como parte de las actividades para asegurar la validez de los resultados	Servicios Metrológicos	Fortalecer la oferta de ensayos de aptitud para la cadena de plásticos a través de realizar actividades de acercamiento con potenciales proveedores como el ICIPC	Involucrar a los potenciales proveedores de EA de la cadena de plásticos en las actividades del grupo técnico temático de EA de la RCM y los cursos de capacitación relacionados	Corto (1 año)	INM (RCM, EA)	Laboratorios ICIPC
En los laboratorios de las empresas se llevan a cabo mediciones y ensayos para controlar y garantizar la calidad de las tuberías plásticas. Sin embargo, a pesar de que algunos estos laboratorios operan bajo sistemas de calidad, algunos de los resultados obtenidos no están sujetos al aseguramiento de la validez de los resultados debido a, en algunos casos, la falta de planes de control metrológico de los instrumentos de medición, falta de participación en ensayos de aptitud u oportunidades de fortalecimiento de la competencia técnica de los laboratorios.	Metrológica	Sensibilizar a los líderes de proceso y líderes de calidad de las empresas productivas acerca de la importancia de tomar decisiones con base en mediciones confiables (incluir las actividades que se deben hacer para asegurar la validez de los resultados)	Generar planes de capacitación con entidades competentes sobre temas de aseguramiento de la validez de los resultados.	Corto (1 año)	Acoplásticos ICIPC (Dependiendo de la temática se podrá contar con el INM para los temas generales de metrología)	Productores (personal de producción y calidad de las empresas de tuberías)
		Sensibilizar a los líderes de proceso y líderes de calidad de las empresas productivas acerca de la importancia de tomar decisiones con base en mediciones confiables (incluir las actividades que se deben hacer para asegurar la validez de los resultados)	Generar planes de capacitación con entidades competentes sobre temas de mediciones en proceso y control metrológico de instrumentos empleados en la producción	Corto (1 año)	Acoplásticos ICIPC	Productores (personal de producción y calidad de las empresas de tuberías)



13. | 14.

**CONCLUSIONES**

**REFERENCIAS  
BIBLIOGRÁFICAS**



## CONCLUSIONES

Existe una oportunidad de mejora en la percepción y la comunicación interna de los diferentes eslabones de la cadena sobre la importancia de la metrología, puesto que las empresas encargadas de las redes de distribución de agua y los sistemas de acueducto reportan tubos no conformes aun con los certificados

de calidad y sellos que dice la norma. Lo anterior sumado con que algunas empresas no consideran los SGC dentro de sus organizaciones, dan la oportunidad de mejorar la cadena productiva a través de los planes de acción resultado de este estudio

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Plastic Europe, "What are plastics?" [Online]. Available: [www.plasticseurope.org](http://www.plasticseurope.org).
- [2] GQSP Colombia, "Diagnostico de requisitos y brecha de calidad y sostenibilidad, sector plástico," vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2020.
- [3] Ministerio de Desarrollo Económico, Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico. Título A. Bogotá, D.C, 2000.
- [4] Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio, Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico -RAS-. Título B, sistemas de acueducto. Bogotá D.C., 2010.
- [5] Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio, "Resolución 501 de 2017, requisitos técnicos relacionados con composición química e información, que deben cumplir los tubos, ductos y accesorios de acueducto y alcantarillado, los de uso sanitario y los de aguas lluvias, que adquieran las personas prestad." 2017.
- [6] DNP, "CONPES 3866. POLÍTICA NACIONAL DE DESARROLLO PRODUCTIVO," Bogotá D.C., 2016.
- [7] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, PLAN NACIONAL PARA LA MESA NACIONAL PARA LA GESTIÓN SOSTENIBLE DEL PLÁSTICO SECRETARÍA TÉCNICA. 2021.
- [8] Acoplásticos, "Plásticos en Colombia 2021-2022," Pap. Knowl. . Towar. a Media Hist. Doc., 2022.
- [9] Departamento Nacional de Planeación - DNP, Bases Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022. 2018.
- [10] C. Productiva, "PLAN DE NEGOCIOS Sector de Plásticos Visión a 2032," 2019.



- [11] GQSP, "Diagnóstico de requisitos y brechas de calidad y sostenibilidad del sector plásticos," 2020.
- [12] ONAC, "Directorio de Acreditación - ONAC," 2019. [Online]. Available: <https://onac.org.co/directorio-de-acreditados>. [Accessed: 04-Oct-2019].
- [13] Universidad de los Andes, "Laboratorio integrado de ingeniería civil y ambiental." [Online]. Available: <https://laboratoriointegrado.uniandes.edu.co/78-laboratorio-ingenieria-civil/78-hidraulica-y-sistemas-de-alcantarillado>. [Accessed: 28-Dec-2022].
- [14] A. Gomiero, K. B. Øysæd, L. Palmas, and G. Skogerbø, "Application of GCMS-pyrolysis to estimate the levels of microplastics in a drinking water supply system," *J. Hazard. Mater.*, vol. 416, no. March, 2021.
- [15] I. V. Kirstein et al., "Drinking plastics? – Quantification and qualification of microplastics in drinking water distribution systems by  $\mu$ FTIR and Py-GCMS," *Water Res.*, vol. 188, p. 116519, 2021.
- [16] B. E. Oßmann, "Microplastics in drinking water? Present state of knowledge and open questions," *Curr. Opin. Food Sci.*, vol. 41, pp. 44–51, 2021.
- [17] X. Zhang, T. Lin, and X. Wang, "Investigation of microplastics release behavior from ozone-exposed plastic pipe materials," *Environ. Pollut.*, vol. 296, no. December 2021, p. 118758, 2022.
- [18] R. Juan, C. Domínguez, N. Robledo, B. Paredes, and R. A. García-Muñoz, "Incorporation of recycled high-density polyethylene to polyethylene pipe grade resins to increase close-loop recycling and Underpin the circular economy," *J. Clean. Prod.*, vol. 276, 2020.
- [19] DNP, "Proyectos de inversión financiados por el SGR." [Online]. Available: <https://auditoresciudadanos.dnp.gov.co/Principal>. [Accessed: 12-Dec-2022].
- [20] Ministerio de Ciencia y Tecnología e Innovación, "Datos abiertos, Proyectos de Investigación e Innovación evaluados y aprobados desde el año 2009," 2021. [Online]. Available: <https://www.datos.gov.co/Ciencia-Tecnolog-a-e-Innovaci-n/Proyectos-de-Investigaci-n-e-Innovaci-n-evaluados/6hgx-q9pi>. [Accessed: 12-Dec-2022].