



INSTITUTO COSTARRICENSE DE
ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS

«Orientación molecular en termoplásticos aplicada a la tubería de PVC»

Informe Técnico
de Análisis de Nueva Tecnología

Fecha de entrega: 14-mayo-2020



Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Centro de Documentación e Información
UEN Investigación y Desarrollo



**AUTORIZACIÓN INSTITUCIONAL PARA PUBLICAR TESIS, ESTUDIOS,
ARTÍCULOS Y/O INFORMES PROPIEDAD INTELECTUAL DE AyA EN EL
REPOSITORIO DIGITAL DEL CEDI**

Yo, **Eric Alonso Bogantes Cabezas**

N° Cédula: 5-251-0327

Dependencia: Gerencia General

Autorizo como Gerente General y representante legal del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) cédula jurídica 4-000-042138 al Centro de Documentación e Información (CEDI) de la UEN Investigación y Desarrollo la inclusión, publicación y difusión en su Repositorio Digital y Catálogo en línea (OPAC).

Se trata de estudios y documentos cuyos derechos intelectuales y de uso son exclusivos de nuestra institución.

E-mail: gerenciageneral@aya.go.cr **N° Teléfono:** 2242-5090



Firmado digitalmente
por ERIC ALONSO
BOGANTES CABEZAS
(FIRMA)
Fecha: 2021.06.16
17:21:24 -06'00'

Firma: _____


	Informe técnico final			
Macroproceso: Gestión Técnica	Proceso: Investigación y Desarrollo	Subproceso: Análisis de Nuevas Tecnologías		N° de Versión: 01
Elaborado por: Ricardo Picado A.	Revisado por: Jorge Merizalde D.	Aprobado por: German Mora Rodríguez	Fecha de aprobación: 10/01/2020	


TABLA DE APROBACIONES DEL REGISTRO

Elaborado por:

Noelia Pérez Arrieta.	NPA	
Jorge Merizalde Dobles.	JMD	

Revisado por:


German Mora Rodríguez.	GMR	
Sergio Núñez Ramírez.	SNR	
Zaida Ulate Gutiérrez.	ZUG	
Marco Alvarado Cordero.	MAC	
Marcos Arce Solano.	MAS	
Juan Pablo Balcázar R.	JBR	

	Informe técnico final			
Macroproceso: Gestión Técnica	Proceso: Investigación y Desarrollo	Subproceso: Análisis de Nuevas Tecnologías		N° de Versión: 01
Elaborado por: Ricardo Picado A.	Revisado por: Jorge Merizalde D.	Aprobado por: German Mora Rodríguez	Fecha de aprobación: 10/01/2020	

Andrés Gamboa Carrillo.	AGC	
Paola García Granados.	PGG	
Jorge Merizalde Dobles.	JMD	
Sukti Monge Morales.	SMM	
Freddy Payne Castro.	FPC	
Ricardo Peralta Ballester.	RPB	
Victor Rojas Carrillo.	VRC	

Aprobado por:

German Mora Rodríguez.	GMR	
------------------------	-----	--

	Informe técnico de Análisis de la Nueva Tecnología «Orientación molecular en termoplásticos aplicada a la tubería de PVC-O»	Página 4 de 52
	Fecha de entrega: 14-mayo-2020	N° de Versión: 01

RESUMEN EJECUTIVO

El presente documento detalla el análisis realizado para la tecnología «Orientación molecular en termoplásticos aplicada a la tubería PVC» con el objetivo de evaluar y recomendar técnicamente su uso como una opción más para el trasiego de agua potable en los sistemas de abastecimiento del AyA.

Para realizar dicho estudio, se recibió información técnica por parte del fabricante y de la Unidad Técnica para los Servicios de Agua Potable y Saneamiento, la cual se revisó y depuró con el fin de elaborar un perfil preliminar.

En la elaboración del perfil preliminar de esta tecnología se definieron ciertas variables de interés tales como:

- Proceso de fabricación.
- Descripción, propiedades y pruebas realizadas a la tecnología.
- Normativa aplicable.
- Aspectos relacionados con el almacenamiento transporte y manipulación.
- Accesorios.

Luego de elaborar el perfil preliminar, la Subgerencia Ambiental, Investigación y Desarrollo convocó y conformó un equipo técnico de trabajo, por medio del cual se analizó desde el punto de vista técnico-operativo este perfil, se realizó un proceso de consulta y se estableció el presente informe técnico final, en el que se determinan algunas ventajas, desventajas y condicionantes de esta tecnología. Entre sus ventajas destacan su capacidad para resistir presiones en mismo el orden de la tubería de hierro dúctil, siendo su peso menor, lo que facilita su manipulación durante el transporte y la instalación. Como desventaja se menciona que, dado que la norma de referencia es ISO, existe una incompatibilidad dimensional que dificulta su interconexión con la mayoría de los sistemas existentes en el país, construidos con tubería de dimensiones IPS.

Finalmente, una vez realizado el presente análisis, se determina la conveniencia institucional de integrar como solución técnica el uso de tuberías de poli(cloruro de vinilo) orientado.



Tabla de contenido

RESUMEN EJECUTIVO	4
1 Introducción.....	8
1.1 Antecedentes.....	8
1.2 Razonamiento técnico del interés institucional	9
1.3 Objetivos.....	9
1.3.1 Objetivo general	9
1.3.2 Objetivos específicos.....	9
1.4 Alcance	9
1.5 Limitaciones en el logro de los objetivos.....	10
2 Metodología	11
2.1 Marco metodológico	11
2.1.1 Depuración de la información técnica.....	11
2.1.2 Caracterización de la tecnología	11
2.2 Conformación del equipo	11
2.3 Actividades realizadas	13
3 Resultados	14
3.1 Depuración de la información técnica.....	14
3.1.1 Documentos depurados	15
3.2 Caracterización de la tecnología.....	16
3.2.1 Proceso de fabricación	17
3.2.2 Descripción de la tecnología	19
3.2.3 Propiedades de la tecnología	28
3.2.4 Aspectos relacionados con el almacenamiento.....	38
3.2.5 Aspectos relacionados con el transporte y manipulación	39
3.2.6 Aspectos relacionados con la instalación	39
3.2.7 Accesorios.....	41
3.2.8 Certificaciones aportadas	43



3.3	Determinación de ventajas y desventajas.....	44
3.3.1	VENTAJAS.....	46
3.3.2	DESVENTAJAS.....	46
3.4	Condicionantes para la aplicación de la NT en AyA	47
4	Conclusiones.....	48
5	Recomendación	49
6	Referencias bibliográficas	50
7	Control de cambios	50
8	Anexos	51
8.1	Anexo 1.....	51
8.2	Anexo 2.....	51
8.3	Anexo 3.....	51
8.4	Anexo 4.....	51
8.5	Anexo 5.....	51
8.6	Anexo 6.....	51
8.7	Anexo 7.....	52
8.8	Anexo 8.....	52
8.9	Anexo 9.....	52
8.10	Anexo 10.....	52
8.11	Anexo 11.....	52



Lista de tablas

Tabla 1. Resumen de certificado de ensayo de temperatura VICAT.....	18
Tabla 2. Características físicas de la resina de PVC.....	19
Tabla 3. Resumen de certificado de conformidad de MOLECOR	19
Tabla 4. Profundidad mínima de acoplamiento en las embocaduras.	20
Tabla 5. Clasificación del material de la tubería de PVC Orientado.	21
Tabla 6. Resumen de certificado de ensayo de tracción	22
Tabla 7. Rango de fabricación de la tubería de PVC Orientado de la Empresa MOLECOR.	23
Tabla 8. Espesores de fabricación de la Tubería PVC Orientado.	25
<i>Tabla 9. Extracto del certificado de ensayo de rigidez anular</i>	<i>26</i>
Tabla 10. Propiedades mecánicas de la tubería PVC-O.	28
Tabla 11. Extracto del certificado de ensayo de impacto	30
Tabla 12. Extracto del certificado de ensayo de presión interna	31
Tabla 13. Propiedades físicas.	32
Tabla 14. Propiedades químicas.	33
Tabla 15. Propiedades hidráulicas.	35
Tabla 16. Extracto del certificado de conformidad de sellos de junta.....	36
Tabla 17. Extracto del certificado de ensayo de estanquidad a presión interna....	36
Tabla 18. Extracto del certificado de ensayo de presión negativa.....	37
Tabla 19. Extracto del certificado de ensayo de estanquidad a largo plazo.....	38

Lista de figuras

Figura 1. Profundidad de acoplamiento.....	20
Figura 2. Información anexada del certificado 001/006537 emitido por AENOR. .	44



1 Introducción


En el presente informe técnico se exponen los resultados y recomendaciones, luego de realizada la investigación sobre la tecnología «*Orientación molecular en termoplásticos aplicada a las tuberías de PVC*» (expediente ANT016), solicitada por la empresa española Molecor Tecnología, S.L. (en adelante MOLECOR), para aplicación como alternativa tecnológica en sistemas de agua potable a presión.

1.1 Antecedentes

La evaluación surge en respuesta a la solicitud realizada por el fabricante vía correo electrónico del 14 de diciembre de 2018 (ver Anexo 1), dirigida al Ing. Andrés Sáenz, Subgerente de Ambiente, Investigación y Desarrollo. A partir de esta solicitud, se activa el procedimiento interno denominado «Aplicación de productos y tecnologías a Sistemas de Acueducto o Alcantarillado Sanitario», autorizado por la Subgerencia General mediante el memorando N° [SGG-2010-2233](#) con fecha del 15 de diciembre del 2010, con el fin de determinar la conveniencia institucional de utilizar la orientación molecular para tuberías de PVC, en los sistemas de agua potable y proceder con los trámites de oficialización en caso de que se avale su uso.

Históricamente, el AyA ha venido aplicando como soluciones técnicas la utilización de tuberías de policloruro de vinilo convencional (PVC-U) y de polietileno de alta densidad (PEAD) para el abastecimiento de sistemas de agua potable, que han venido sustituyendo tuberías de hierro galvanizado, asbesto cemento, y otras. En la actualidad, fabricantes de PVC ofrecen una tubería reorientada en su estructura molecular para aplicaciones a presión interna con características técnicas diferentes al PVC-U, denominada tubería de policloruro de vinilo orientado (PVC-O); motivo por el cual se realiza el presente análisis, con el objeto de determinar la conveniencia técnica institucional de esta nueva opción.

Cabe destacar que, en el año 2012 la UEN Investigación y Desarrollo recomendó a la Subgerencia General el uso del producto «Tubería PVC Orientado Biaxial», fabricado por Mexichem bajo la norma INTE 16-10-04-10 (actualmente INTE C222:2010, que se cita sólo como referencia).

	Informe técnico de Análisis de la Nueva Tecnología «Orientación molecular en termoplásticos aplicada a la tubería de PVC-O»	Página 9 de 52
	Fecha de entrega: 14-mayo-2020	N° de Versión: 01

1.2 Razonamiento técnico del interés institucional

Para el presente caso no se aportaron razones técnicas que motivaran el análisis. En su lugar, el entonces Subgerente de Ambiente, Investigación y Desarrollo, Ing. Andrés Sáenz, recibió y remitió la solicitud del interesado externo vía correo electrónico al Área Funcional Desarrollo Tecnológico en diciembre de 2018.

Durante las sesiones de trabajo de análisis de esta tecnología, algunas áreas involucradas de la institución manifestaron el interés de que ésta se abordara, en virtud de que la tubería de PVC Orientado tiene características que podrían contribuir a cubrir algunas de las necesidades institucionales considerando su uso, por lo cual su estudio es importante para confirmar esta apreciación técnica.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general


Evaluar técnicamente y emitir recomendación a la Gerencia General sobre el uso de la orientación molecular en termoplásticos aplicada a las tuberías de PVC-O para el trasiego de agua potable a través de los sistemas de abastecimiento del AyA.

1.3.2 Objetivos específicos

1. Depurar la información técnica aportada acerca de la Nueva Tecnología (NT).
2. Caracterizar la NT según variables de interés.
3. Desarrollar un proceso de investigación y consulta con el fin de identificar ventajas y desventajas del uso de la NT en AyA con base en la información ampliada.
4. Identificar los posibles condicionantes para la aplicación de la NT en AyA.
5. Recomendar una decisión sobre el uso de la NT en el AyA, a partir de la valoración de las ventajas, desventajas y condicionantes evaluados en coordinación con las partes internas interesadas.

1.4 Alcance

El presente estudio cubre el análisis de la conveniencia institucional de usar la nueva tecnología (NT) denominada «*orientación molecular en termoplásticos aplicada a las tuberías de PVC*», lo cual pasa por la selección de la información


	Informe técnico de Análisis de la Nueva Tecnología «Orientación molecular en termoplásticos aplicada a la tubería de PVC-O»	Página 10 de 52
	Fecha de entrega: 14-mayo-2020	N° de Versión: 01

pertinente (depuración) para la caracterización de la NT, con el fin de desarrollar un proceso de investigación y consulta que desemboque en la identificación de sus ventajas, desventajas y condicionantes de uso. El estudio concluye con la emisión de una recomendación técnica para la Gerencia General, sobre la posibilidad de utilizar esta solución tecnológica en los sistemas de agua potable a presión del AyA.

1.5 Limitaciones en el logro de los objetivos

En cuanto a limitaciones, es necesario indicar que el alcance se circunscribió a la información presentada por el interesado externo y a los insumos de la investigación realizada por los funcionarios miembros del equipo técnico. Este aspecto se menciona, porque a pesar de que en alguna reunión se insistiera en que algunos aspectos estaban siendo abordados, no se logró concretar información oportuna para consolidar el alcance. No se aportaron certificaciones de ensayos sobre las características de resistencia química de la tubería producida mediante la NT.

Adicionalmente, no se contó con una justificación formal del interés institucional, de parte de una dependencia técnica del AyA, que respaldara el presente ANT.

	Informe técnico de Análisis de la Nueva Tecnología «Orientación molecular en termoplásticos aplicada a la tubería de PVC-O»	Página 11 de 52
	Fecha de entrega: 14-mayo-2020	N° de Versión: 01

2 Metodología

2.1 Marco metodológico

2.1.1 Depuración de la información técnica

La información utilizada para la elaboración de este informe fue recopilada, analizada y elaborada en primera instancia por los funcionarios del Área Funcional Desarrollo Tecnológico. La documentación consultada consistió en normas técnicas, catálogos de la tecnología, panfletos y fichas técnicas comerciales, correos electrónicos, consultas técnicas al fabricante, entre otros. Además, se sostuvieron reuniones con representantes de la empresa MOLECOR (fabricante).

2.1.2 Caracterización de la tecnología


De conformidad con el procedimiento de evaluación aplicado, se realizó una caracterización técnica de la tecnología, la cual consta de las siguientes variables de interés:

- 1) Proceso de fabricación.
- 2) Propiedades de la tecnología.
- 3) Normativa técnica y pruebas aplicables:
 - a. Producto.
 - b. Instalación.
 - c. Ensayos.
 - d. Otros aspectos

2.2 Conformación del equipo

Para el cumplimiento de los dos primeros objetivos específicos del presente análisis, el equipo de trabajo estuvo conformado por los siguientes funcionarios de la UEN Investigación y Desarrollo (UEN ID) y de la Unidad Técnica de los Servicios de Agua Potable y Saneamiento (UTSAPS), a saber:


1. Ing. German Mora Rodríguez, UEN Investigación y Desarrollo.
2. Ing. Zaida Ulate Gutiérrez, Unidad Técnica de los Servicios de Agua Potable y Saneamiento.

	Informe técnico de Análisis de la Nueva Tecnología «Orientación molecular en termoplásticos aplicada a la tubería de PVC-O»	Página 12 de 52
	Fecha de entrega: 14-mayo-2020	N° de Versión: 01

3. Ing. Jorge Merizalde Dobles, UEN Investigación y Desarrollo, Dirección Desarrollo Tecnológico.
4. Ing. Noelia Pérez Arrieta, UEN Investigación y Desarrollo, Dirección Desarrollo Tecnológico.

Para la siguiente etapa del análisis y por medio de los oficios No. [SB-AID-2020-00029](#) hasta el No. [SB-AID-2020-00035](#) (7 en total) bajo una solicitud previa de la UEN Investigación y Desarrollo, la Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo (AID) convoca y conforma un equipo técnico adicional con representantes del personal técnico destacado para evaluar la tecnología «Orientación molecular en termoplásticos aplicada a las tuberías de PVC», con el fin de que se emita una recomendación técnica para el posible uso de ésta en AyA. Este equipo lo conformaron los siguientes funcionarios:

1. Ing. Juan Pablo Balcázar Ramírez, Subgerencia Gestión de Sistemas Periféricos ([SB-AID-2020-00029](#)).
2. Ing. Marcos Arce Solano, Subgerencia Gestión de Sistemas GAM ([SB-AID-2020-00030](#)).
3. Ing. Andrés Gamboa Carrillo, Subgerencia Gestión de Sistemas GAM ([SB-AID-2020-00030](#)).
4. Ing. Ricardo Peralta Ballester, Subgerencia Gestión de Sistemas Delegados ([SB-AID-2020-00031](#)).
5. Ing. Victor Rojas Carrillo, Subgerencia Gestión de Sistemas Delegados ([SB-AID-2020-00031](#)).
6. Ing. Mauricio Fernández Woodbridge, Unidad Ejecutora BCIE ([SB-AID-2020-00032](#)).
7. Ing. Sukti Monge Morales, Unidad Ejecutora Programa de Agua Potable y Saneamiento ([SB-AID-2020-00033](#)).
8. Ing. Marco Alvarado Cordero, UEN Programación y Control ([SB-AID-2020-00034](#)).
9. Sergio Núñez Ramírez, UEN Programación y Control, ([SB-AID-2020-00034](#)).

	Informe técnico de Análisis de la Nueva Tecnología «Orientación molecular en termoplásticos aplicada a la tubería de PVC-O»	Página 13 de 52
	Fecha de entrega: 14-mayo-2020	N° de Versión: 01

10. Freddy Payne Castro, UEN Administración de Proyectos ([SB-AID-2020-00035](#)).


11. Paola García Granados, Unidad Técnica de los Servicios de Agua Potable y Saneamiento.

Cabe mencionar que el grupo completo está conformado por los funcionarios convocados por la Subgerencia más los que iniciaron este proceso (UEN ID y UTSAPS), el cual está liderado por la UEN Investigación y Desarrollo.

2.3 Actividades realizadas

Para el análisis en cuestión, se han llevado a cabo las siguientes actividades:

1. Asistencia a la presentación del producto TOM de MOLECOR en Costa Rica, 30-jul-2019.
2. Reunión con los representantes de la tecnología, 31-jul-2019.
3. Reunión con Directora de Normalización de INTECO, 01-ago-2019.
4. Reunión con los representantes de la tecnología, 10-feb-2020.
5. Sesión con grupo de trabajo conformado por la Subgerencia AID, 20-feb-2020 (ver minuta en Anexo 9).
6. Exposición de las respuestas a las consultas remitidas mediante documento [UEN-ID-2020-00157](#), por parte de MOLECOR ante el grupo de trabajo, 26-mar-2020 (ver minuta en Anexo 9).
7. Sesión con equipo de trabajo para la revisión del informe técnico final del caso ANT016, 24-abril-2020 (ver minuta en Anexo 9).

	Informe técnico de Análisis de la Nueva Tecnología «Orientación molecular en termoplásticos aplicada a la tubería de PVC-O»	Página 14 de 52
	Fecha de entrega: 14-mayo-2020	N° de Versión: 01


3 Resultados

3.1 Depuración de la información técnica

La información utilizada para la elaboración del presente informe técnico de nueva tecnología fue acopiada y depurada de la siguiente manera:

- 1) Se recibió solicitud de inicio para realizar el análisis de la tecnología por parte del Ing. Andrés Saéñz, vía correo electrónico, en el cual se adjuntó alguna información técnica.
- 2) Se revisó la información técnica recibida (manual, fichas, entre otros) y se separó lo que es relevante al análisis, con el fin de elaborar una caracterización de la tecnología.
- 3) Se realizaron consultas por medio de la nota [UEN-ID-2019-00634](#) a los representantes de la tecnología, con el fin se completar la información antes suministrada. Estas consultas fueron respondidas por la empresa Molecor, mediante nota enviada al Ing. Jorge Merizalde con asunto “Respuesta AyA UEN-ID-2019-00634”; algunas respuestas referencian otros documentos, que se detallan más adelante.
- 4) Mediante oficio No. [PRE-UTSAPS-2019-00061](#), la Unidad Técnica de los Servicios de Agua Potable y Saneamiento (UTSAPS), entregó el análisis normativo¹ de la tecnología en cuestión.
- 5) Con oficio [UEN-ID-2019-00916](#), se solicitó el estudio de Vigilancia Científico Tecnológica (VCT) al Centro de Documentación e Información (CEDI), el cuál fue remitido adjunto al oficio [UEN-ID-2019-00935](#) (adjuntos: [Informe Final VCT](#) y [Referencias Bibliográficas](#)). Luego de recibido este informe, se revisó y se determinó lo siguiente:
 - a. En relación con las fuentes citadas en dicho estudio, tres contenían información técnica de la propia empresa MOLECOR (esta ya había sido enviada por el fabricante con anterioridad), dos pertenecían a fabricantes de tuberías de otros materiales, uno era del PVC Orientado comercializado por Mexichem (clase 315), y dos eran de vendedores

¹ Al respecto, se emitieron además los oficios: [PRE-UTSAPS-2019-00029](#), [PRE-UTSAPS-2019-00062](#), [PRE-UTSAPS-2019-00085](#), [PRE-UTSAPS-2019-00086](#), [PRE-UTSAPS-2019-00097](#).

	Informe técnico de Análisis de la Nueva Tecnología «Orientación molecular en termoplásticos aplicada a la tubería de PVC-O»	Página 15 de 52
	Fecha de entrega: 14-mayo-2020	N° de Versión: 01


de PVC Orientado con norma ISO 16422 de clase 500 (la misma que fabrica MOLECOR).

- b. El resto del estudio VCT, corresponde a información extraída de los manuales de MOLECOR o bien, que hace referencia a la norma INTE/ISO 16422:2019, que es la homologación costarricense de la norma ISO 16422:2014. Con esta información ya se contaba previamente para el presente análisis.
- 6) Por medio de los oficios detallados en el punto 2.2, se realizó la convocatoria por parte de la Subgerencia AID para la conformación del equipo de trabajo con el personal técnico destacado para llevar a cabo el presente análisis. En la primera sesión de este equipo, se recopilaron varias consultas de los miembros presentes, las cuales se formalizaron y enviaron al representante del fabricante por medio de la nota [UEN-ID-2020-00157](#) y fueron expuestas al grupo en la siguiente sesión.
 - 7) Posterior a los intercambios de información con la empresa, se consideró pertinente por parte del equipo técnico, proponer una serie de cuestionamientos técnicos (ver anexo 8), que llevaron a una sesión virtual, que permitió aclarar algunas dudas en relación con la tecnología. Este intercambio permitió, además, nutrir la información de esta, con la cual se planteó el resultado 3.3 asociado al establecimiento de ventajas y desventajas de la tecnología, lo cual se detalla más adelante.

3.1.1 Documentos depurados

De acuerdo con los puntos mencionados anteriormente, se detalla lo siguiente:

- a) La documentación recibida en el correo electrónico fue:
 - MOLECOR, 2018. *Manual Técnico de Diseño de Redes y Utilización. Tubería de PVC Orientado TOM®*, p. 2-14, 134-138, 140-152.
 - AENOR, 2015. *Norma española UNE-ISO 16422:2015. Tubos y uniones de poli (cloruro de vinilo) orientado (PVC-O) para conducción de agua a presión*. Especificaciones, p. 16-22.
 - INTECO, 2010. Norma INTE C222:2010. *Especificaciones normales para tubería PVCO (Policloruro de Vinilo orientado), para presión*. Producto. Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica. Primera edición. Numeración anterior: INTE 16-10-04-10.

	Informe técnico de Análisis de la Nueva Tecnología «Orientación molecular en termoplásticos aplicada a la tubería de PVC-O»	Página 16 de 52
	Fecha de entrega: 14-mayo-2020	N° de Versión: 01

- Herran D., 2018. *Comparativa Normas INTE C222:2010 (ASTM Costa Rica) vs ISO 16422. Molecor*. Desarrollo de negocio.
- ASTM INTERNATIONAL (2012). *Standard specification for Oriented Poly, PVC-O, pressure pipe*. Designation: F 1483-12.

b) Adicionalmente, el fabricante (MOLECOR) aportó las siguiente información en respuesta al oficio [UEN-ID-2019-00634](#):


- MOLECOR, 2019. *Fabricación de tuberías de PVC Orientado (PVC-O)*, p. 1-2.
- MOLECOR, 2019. *TOM. La nueva generación de tubería de PVC Orientado*, p. 30-31.
- MOLECOR, 2019. *Respuesta AyA UEN-ID-2019-00634*. Carta, p. 4-6.

c) Otros documentos utilizados:

- AyA, 2012. *Ficha Técnica: Policloruro de Vinilo Orientado*. Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, UEN Investigación y Desarrollo, Dirección Desarrollo Tecnológico.
Este documento fue utilizado para la elaboración del perfil técnico de la NT, específicamente del cuadro comparativo entre las tuberías de PVC Orientado, normas INTE 16-10-04-10 y UNE-ISO 16422:2015.
- AENOR, 2015. *Certificado AENOR de Producto. Plásticos*, p. 2.
- AyA, 2019. *Informe Técnico complementario al oficio PRE-UTSAPS-2019-00061*, p. 2-3 y 7. Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, UTSAPS.
- AyA, 2019. [PRE-UTSAPS-2019-00061](#). *Análisis Normativo*, p. 3, 5-6. Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, UTSAPS.

3.2 Caracterización de la tecnología

A continuación, se detalla la caracterización de la tecnología «Orientación molecular en termoplásticos aplicada a la tubería de PVC-O», tomando en cuenta sus variables de interés.

	Informe técnico de Análisis de la Nueva Tecnología «Orientación molecular en termoplásticos aplicada a la tubería de PVC-O»	Página 17 de 52
	Fecha de entrega: 14-mayo-2020	N° de Versión: 01

3.2.1 Proceso de fabricación

El proceso de fabricación de la tubería PVC Orientado (PVC-O) se realiza de la siguiente manera²:

3.2.1.a Extrusión

Es el calentamiento de la materia prima (PVC) y su presurización mediante un tornillo sin fin, con lo cual se consigue materia plástica. Esta a su vez, se pasa por un cabezal de diámetro determinado para configurar su forma final, en este caso, una geometría concéntrica (tuberías).

3.2.1.b Corte

El producto sale de la extrusora de forma continua, por lo que posteriormente se corta en función de las especificaciones del producto. A estas tuberías se les llama Tubo Base o Tubo proforma, las cuales después de ser cortadas, se introducen de inmediato en el sistema de orientación molecular.

3.2.1.c Orientación molecular

La orientación molecular es un proceso físico que cambia la estructura molecular del PVC, sin que se vean afectadas sus propiedades químicas, generando así una mejora significativa de las propiedades del producto, como: resistencia a la tracción, comportamiento al impacto, resistencia circunferencial, fatiga ante esfuerzos, propagación de grietas, entre otras, así como un menor empleo de materia prima, mayor ligereza y facilidad de instalación.


Este proceso, a su vez consta de las siguientes etapas:

3.2.1.c.i Calentamiento

Esta fase se realiza en un horno diseñado para homogenizar la temperatura de las tuberías proforma a temperatura Vicat³ en todos sus puntos.

² La información descrita en el punto 3.2.1, fue redactada apoyándose en el documento: MOLECOR 2019, Fabricación de tuberías de PVC Orientado (PVC-O), p. 1-2.

³ Temperatura de reblandecimiento Vicat (VST), ensayada según [norma ISO 306](#): «es la temperatura a la que una aguja de punta plana penetra la muestra a la profundidad de 1 mm bajo una carga específica [...] indica el límite donde el material, sin ser sometido a una tensión apreciable, pierde su naturaleza de estado sólido.» Fuente: [Mexpolímeros \(2005\)](#).

	Informe técnico de Análisis de la Nueva Tecnología «Orientación molecular en termoplásticos aplicada a la tubería de PVC-O»	Página 18 de 52
	Fecha de entrega: 14-mayo-2020	Nº de Versión: 01

Sobre la determinación de la resistencia a la presión interna y con base en los ensayos realizados, en el certificado PLA-6660/17-1 (ver Anexo 5) se indica lo siguiente:

Tabla 1. Resumen de certificado de ensayo de temperatura VICAT

Tipo	Ensayo de temperatura de reblandecimiento VICAT (VST)		
Objeto	Muestra 09: preforma DN160		
Fabricante	MOLECOR Tecnología, S.L. (Madrid, España)		
Norma	ISO 2507-1:1995 « <i>Thermoplastics pipes and fittings — Vicat softening temperature — Part 1: General test method</i> »		
OEC ¹	Centro de Ensayos, Innovación y Servicios (Madrid, España)		
Ensayo	Muestra 09:	18-dic de 2017	
Emisión	21 de junio de 2018		
Nº	PLA-0660/17-1		
Resultados			
VST	Muestra 09:	82,2°C	Cumple.

¹ organismo evaluador de la conformidad

3.2.1.c.ii Expansión y enfriamiento

Siguiendo la secuencia, las tuberías proforma salen del horno y se introducen en un molde donde se expanden, obteniendo como resultado una tubería de PVC Orientado. Esta tubería se enfría previamente a su extracción del molde.

3.2.1.c.iii c.3. Extracción

Por último, se extraen las tuberías de PVC Orientado y se embalan para su almacenamiento.

3.2.1.c.iv Materia prima

La tubería de PVC Orientado, se fabrica a partir de resina de PVC y según la norma **UNE-ISO 16422:2015**, esta tiene las características que se presentan en la *Tabla 2*.


	Informe técnico de Análisis de la Nueva Tecnología «Orientación molecular en termoplásticos aplicada a la tubería de PVC-O»	Página 19 de 52
	Fecha de entrega: 14-mayo-2020	Nº de Versión: 01

Tabla 2. Características físicas de la resina de PVC.

Características	Requisitos	Parámetros de ensayo	Métodos de ensayo
Valor de K	≥ 64	ISO 1628-2	ISO 1628-2

Fuente: MOLECOR, 2019. Documento de respuesta a UEN-ID-2019-00634, p.1.

3.2.2 Descripción de la tecnología

La tubería de PVC Orientado aplicada al trasiego de agua potable tiene la embocadura integrada con una junta de estanqueidad, compuesta por un anillo de polipropileno y un labio de caucho sintético (junta elástica), siendo todo parte integral del tubo⁴.

El fabricante MOLECOR aportó el certificado (ver Anexo 3) con las siguientes características:

Tabla 3. Resumen de certificado de conformidad de MOLECOR

Tipo	Conformidad, por ensayos al producto ² y comprobación del sistema de la calidad para su elaboración.
Objeto	«Tubos de poli (cloruro de vinilo) orientado (PVC-O) para sistemas de canalización de agua»
Fabricante	Molecor Tecnología, S.L. (Madrid, España)
Norma	UNE-ISO 16422:2015
Referencia	ISO 16422:2014
OEC ¹	AENOR Internacional S.A.U. (Madrid, España)
Vigencia	25-may-2024. Emisión: 25-may-2019.
Nº	001/006537

¹ organismo evaluador de la conformidad

² con base en informe de ensayos PLA-0660/17-1 (ver Anexo 5)

A continuación, se describen las características principales de la tecnología.

3.2.2.a Longitud

Esta longitud (5.95 m) incluye la profundidad de embocadura, con lo cual, la longitud del tubo instalado entre acoples es menor, pues debe restarse la longitud de marcado de tope indicada en la Tabla 4.

⁴ Información tomada de MOLECOR, 2018. Manual Técnico de Diseño de Redes y Utilización, Tubería PVC Orientado TOM, p. 14.

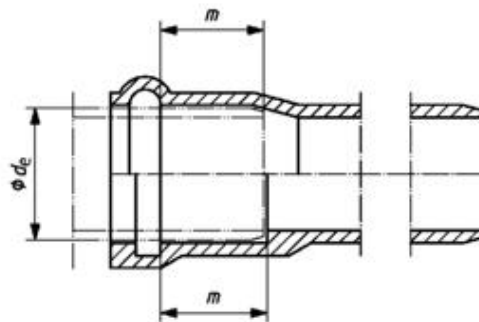


Tabla 4. Profundidad mínima de acoplamiento en las embocaduras.

Diámetro Nominal (DN)	Longitud Copa (Lc)	Diámetro máximo Copa (D max)	Longitud marcado tope ⁽¹⁾ 'm'			
			PN 12,5	PN 16	PN 20	PN 25
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
90	160	117	132	131	131	127
110	180	147	146	145	145	141
125	185	154	160	160	158	154
140	190	174	149	149	146	141
160	200	197	169	166	163	158
200	235	243	195	192	188	181
225	240	271	197	194	190	182
250	265	301	221	217	212	204
315	310	371	260	256	250	239
355	345	419	281	277	270	258
400	375	472	317	312	304	291
450	380	527	319	313	303	288
500	385	587	330	324	312	295
630	460	734	384	376	360	340
710	475	815	392	383	369	342
800	475	925	385	375	359	329

(1) Las tuberías de PVC Orientado llevan incorporado en un extremo liso una marca de tope de enchufe (denominada 'm' según se indica en la Figura 1) para asegurar la estanqueidad del conjunto copa-cabo (campana-espiga).

Fuente: MOLECOR, 2019. Documento de respuesta a PRE-UTSAPS-2019-00029, p. 4 y MOLECOR, 2019. Folleto "TOM. La nueva generación de tubería de PVC orientado", p. 16.



Leyenda

- m Es la profundidad de acoplamiento
- d_e Es el diámetro exterior del tubo

Figura 1. Profundidad de acoplamiento.

Fuente: AENOR, 2019. Norma UNE-ISO 16422:2015. Tubo y uniones de poli (cloruro de vinilo) orientado (PVC-O) para conducción de agua a presión, p. 12.

De conformidad con la norma de fabricación UNE-ISO 16422:2015 (apartado 10.1), se recomienda que los tubos se suministren con longitudes de 6, 10 o 12 m; sin embargo, al respecto la misma norma no establece un requisito mínimo, según se detalla en el análisis normativo: [PRE-UTSAPS-2019-00061](#).

3.2.2.b Presiones nominales

Estas presiones (12.5, 16, 20, 25 bar) corresponden a la clase 500 caracterizada por la norma UNE-ISO 16422:2015, de uso para trasiego de agua potable a presión.

3.2.2.c Clasificación de las tuberías

Según lo estipulado en la norma UNE-ISO 16422:2015, las tuberías de PVC Orientado para conducción de agua a presión se clasifican de acuerdo con lo indicado en la tabla 5:

Tabla 5. Clasificación del material de la tubería de PVC Orientado.

Número de clasificación del material del tubo	315		355		400		450			500		
MRS MPa ^a	31,5		35,5		40		45			50		
C	1,6	2	1,6	2	1,6	2	1,4	1,6	2	1,4	1,6	2
σ_s MPa	20	16	22	18	25	20	32	28	23	36	32	25

^a Se pueden escoger clases de MRS más altas, siempre que sigan la serie R20 de la Norma ISO 3:1973.

Fuente: AENOR, 2015. Norma UNE-ISO 16422:2015. Tubo y uniones de poli (cloruro de vinilo) orientado (PVC-O) para conducción de agua a presión, p. 12.

, donde **MRS** es la resistencia mínima requerida, **C** es el coeficiente global de servicio (diseño) y σ_s es el esfuerzo de diseño.

Cabe mencionar que, para el presente estudio, la tubería de PVC Orientado en análisis es la correspondiente al subconjunto de la Clase 500 que se muestra en la *Tabla 5*, diferenciada en color anaranjado; lo cual corresponde a la intención de comercialización en el país por parte de la empresa Molecor.

Sobre la determinación de la resistencia a la tracción y con base en los ensayos realizados, en el certificado PLA-6660/17-1 (ver Anexo 5) se indica lo siguiente:


	Informe técnico de Análisis de la Nueva Tecnología «Orientación molecular en termoplásticos aplicada a la tubería de PVC-O»	Página 22 de 52
	Fecha de entrega: 14-mayo-2020	Nº de Versión: 01

Tabla 6. Resumen de certificado de ensayo de tracción

Tipo	Ensayo de tracción		
Objeto	Muestras de tubo: Ø250 PN20 y Ø450 PN16		
Fabricante	MOLECOR Tecnología, S.L. (Madrid, España)		
Método	ISO 6259-2:1997 « <i>Thermoplastics pipes — Determination of tensile properties — Part 2: Pipes made of unplasticized poly(vinyl chloride) (PVC-U), chlorinated poly (vinyl chloride) (PVC-C) and high-impact poly (vinyl chloride) (PVC-HI)</i> »		
OEC ¹	Centro de Ensayos, Innovación y Servicios (Madrid, España)		
Ensayos	22 de noviembre de 2017		
Emisión	21 de junio de 2018		
Nº	PLA-0660/17-1		
Resultados			
Esfuerzo de fluencia	Muestra 3:	50,49 ± 0,78 MPa	Cumple
	Muestra 4:	50,49 ± 0,78 MPa	Cumple
Alargamiento en rotura	Muestra 3:	164 ± 22 %	Cumple
	Muestra 4:	152 ± 11 %	Cumple

¹ organismo evaluador de la conformidad

3.2.2.d Diámetros y espesores


En la Tabla 7 se indican los diámetros y espesores en los que se fabrica la tubería de ePVC Orientado. En ella, se identificaron por medio de colores, únicamente los que fabrica la empresa MOLECOR, según los certificados de AENOR (Asociación Española de Normalización) presentados, correspondientes a las presiones nominales para C=1,4. La certificación de AENOR se encuentra en el Anexo 3.



Tabla 7. Rango de fabricación de la tubería de PVC Orientado de la Empresa MOLECOR.

Clase del material	Presión PN para coeficiente de diseño C=1,6.												
315	6,3		8		10		12,5		16		20		25
355		8		10		12,5		16		20		25	
400	8		10		12,5		16		20		25		
450		10		12,5		16		20		25			
500	10		12,5		16		20		25				
	Presión PN para coeficiente de diseño C=1,4.												
450	10		12,5		16		20		25				
500		12,5		16		20		25					
	Presión PN para coeficiente de diseño C=2,0.												
315	5		6,3		8		10		12,5		16		20
355		6,3		8		10		12,5		16		20	
400	6,3		8		10		12,5		16		20		25
450		8		10		12,5		16		20		25	
500	8		10		12,5		16		20		25		
Series de tubos S preferentes con valores calculados (Norma ISO 3) y relación de dimensiones normalizadas (SDR)													
S	32,0	28,0	25,0	22,4	20,0	18,0	16,0	14,0	12,5	11,2	10,0	9,0	8,0
S _{calc}	31,62	28,18	25,12	22,39	19,95	17,78	15,85	14,12	12,59	11,22	10,00	8,91	7,94
SDR	65,0	57,0	51,0	45,8	41,0	37,0	33,0	29,0	26,0	23,4	21,0	19,0	17,0
d _n	e _n , mm												
63					1,6	1,8	2,0	2,2	2,5	2,7	3,0	3,4	3,8
75			1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,6	2,9	3,2	3,6	4,0	4,5
90		1,6	1,8	2,0	2,2	2,5	2,8	3,1	3,5	3,9	4,3	4,8	5,4
110	1,8	2,0	2,2	2,4	2,7	3,1	3,4	3,8	4,2	4,7	5,3	5,9	6,6
125	2,0	2,2	2,5	2,8	3,1	3,5	3,9	4,3	4,8	5,4	6,0	6,7	7,4
140	2,2	2,5	2,8	3,1	3,5	3,9	4,3	4,8	5,4	6,0	6,7	7,5	8,3
160	2,5	2,8	3,2	3,5	4,0	4,4	4,9	5,5	6,2	6,9	7,7	8,5	9,5
180	2,8	3,2	3,6	4,0	4,4	5,0	5,5	6,2	6,9	7,7	8,6	9,6	10,7
200	3,2	3,5	3,9	4,4	4,9	5,5	6,2	6,9	7,7	8,6	9,6	10,7	11,9
225	3,5	4,0	4,4	5,0	5,5	6,2	6,9	7,7	8,6	9,6	10,8	12,0	13,4
250	4,0	4,4	4,9	5,5	6,2	6,9	7,7	8,6	9,6	10,7	11,9	13,3	14,8
280	4,4	4,9	5,5	6,2	6,9	7,7	8,6	9,6	10,7	12,0	13,5	14,9	16,6
315	4,9	5,5	6,2	6,9	7,7	8,7	9,7	10,8	12,1	13,5	15,0	16,8	18,7
355	5,5	6,2	7,0	7,8	8,7	9,8	10,9	12,2	13,6	15,2	16,9	18,9	21,1
400	6,2	7,0	7,9	8,8	9,8	11,0	12,3	13,7	15,3	17,1	19,1	21,3	23,7
450	7,0	7,9	8,8	9,9	11,0	12,4	13,8	15,4	17,2	19,2	21,5	23,9	26,7
500	7,9	8,8	9,8	11,0	12,4	13,7	15,3	17,1	19,1	21,4	23,9	26,6	29,7
560	8,8	9,8	11,0	12,3	13,7	15,4	17,2	19,2	21,4	23,9	26,7	29,8	33,2
630	9,8	11,0	12,3	13,8	15,4	17,3	19,3	21,6	24,1	26,9	30,0	33,5	37,4
710	11,0	12,4	14,1	15,4	17,5	19,2	21,8	24,4	27,6	30,2	34,2	37,3	42,2
800	12,4	14,0	15,9	17,4	19,8	21,6	24,5	27,4	31,1	34,0	38,5	42,0	47,6
900	14,0	15,7	17,9	19,6	22,2	24,4	27,6	30,9	35,0	38,2	43,3	47,3	53,5
1000	15,7	17,5	19,9	21,7	24,7	27,0	30,6	34,3	38,9	42,5	48,1	52,5	59,4

Fuente: AENOR, 2015. Norma UNE-ISO 16422:2015. Tubo y uniones de poli (cloruro de vinilo) orientado (PVC-O) para conducción de agua a presión, p. 14.

	Informe técnico de Análisis de la Nueva Tecnología «Orientación molecular en termoplásticos aplicada a la tubería de PVC-O»	Página 24 de 52
	Fecha de entrega: 14-mayo-2020	N° de Versión: 01

Según lo indicado en el análisis normativo elaborado por la UTSAPS (Unidad Técnica de los Servicios de Agua Potable y Saneamiento) por medio del oficio [PRE-UTSAPS-2019-00061](#), se indica lo siguiente con respecto a los espesores:

«Los espesores de pared (nominal) que el fabricante menciona en el documento “TOM: La nueva generación de tubería PVC orientado”, según el diámetro y presión nominal detallada respectivamente en el cuadro de “Dimensiones” para los diámetros indicados en la certificación de producto con una PN 12.5, resultan ser superiores a los establecidos en la tabla 2 de la norma UNE-ISO 16422:2015. Por su parte, los valores correspondientes a las otras presiones nominales (PN 16, PN 20 y PN 25) son iguales.

Se hace la aclaración de que el fabricante establece en su documento que tales valores son considerados como “mínimos”, aun cuando la tabla 2 refiere a espesores nominales. En la definición 3.2 de la norma se incluye una nota aclaratoria que indica: “...Es idéntico al espesor de pared mínimo especificado en cualquier punto...”; en consecuencia, la diferencia respecto al espesor de pared para el PN 12,5 se considera aceptable según el alcance de la norma.»⁵

3.2.2.e Tolerancias

El «Informe Técnico Complementario al oficio PRE-UTSAPS-2019-00061» (ver Anexo 4), adjunto al oficio [PRE-UTSAPS-2019-00085](#), manifiesta lo siguiente en relación con las tolerancias:

«Con relación a las tolerancias para el diámetro exterior según diámetro exterior medio, se confirma que las mismas deben cumplir con el grado C según la norma ISO 11922-1; en consecuencia, desde el punto de vista normativo, el cumplimiento del requisito puede ser certificado de igual forma a lo señalado en el punto “a.2” de este documento, respecto a certificaciones de producto y Organismos Evaluadores de la Conformidad (OEC de tercera parte).

Respecto a las tolerancias del espesor de pared medio, se acepta lo indicado en la nota de respuesta, en cuanto a que la norma UNE-ISO 16422:2015, permite que el fabricante especifique las tolerancias respectivas; por lo que, para efectos de caracterización del producto, se deberá considerar en el

⁵ Tomado textualmente del informe técnico de referencia, p. 3.



análisis las que se aportan con el documento de respuesta del 13 de mayo del 2019, a saber: [...]»⁶

Tabla 8. *Espesores de fabricación de la Tubería PVC Orientado.*

ESPESOR MEDIO (mm)								
	PN 12,5		PN 16		PN 20		PN 25	
DN	Mínimo	Máximo *	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
90	2,36	2,88	2,56	3,12	2,57	3,14	3,15	3,85
110	2,88	3,52	3,12	3,82	3,14	3,84	3,85	4,71
125	3,24	3,96	3,24	3,96	3,57	4,37	4,38	5,36
140	3,46	4,22	3,46	4,22	4,01	4,90	4,91	6,00
160	3,56	4,36	3,95	4,83	4,57	5,59	5,61	6,85
200	4,46	5,45	4,94	6,04	5,72	6,99	7,01	8,57
225	5,01	6,13	5,56	6,80	6,43	7,85	7,88	9,64
250	5,57	6,81	6,17	7,55	7,15	8,73	8,76	10,70
315	7,02	8,58	7,79	9,52	9,00	11,00	11,03	13,49
355	7,91	9,67	8,78	10,73	10,14	12,40	12,44	15,20
400	8,91	10,89	9,88	12,08	11,43	13,97	14,01	17,13
450	10,03	12,25	11,12	13,60	12,86	15,72	15,77	19,27
500	11,14	13,62	12,36	15,10	14,29	17,47	17,51	21,41
630	14,04	17,16	15,57	19,03	18,00	22,00	22,07	26,97
710	15,82	19,34	17,54	21,44	20,29	24,79	24,88	30,40
800	17,83	21,79	19,76	24,16	22,86	27,94	28,03	34,25

Fuente: MOLECOR, 2019. Documento de *respuesta AyA PRE-UTSAPS-2019-00061*, p. 3.


Partiendo de la información anterior, se verifica que los espesores mínimos declarados por el fabricante MOLECOR son superiores a los mínimos exigidos por la norma.

3.2.2.f Ovalación

El «Informe Técnico Complementario al oficio PRE-UTSAPS-2019-00061» (ver Anexo 4), adjunto al oficio [PRE-UTSAPS-2019-00085](#), manifiesta lo siguiente en relación con la ovalación:

«Al igual que lo señalado en los incisos “a.2”, “a.4” y “e”, del presente documento, para efectos del análisis normativo, y considerando que la norma

⁶ Tomado textualmente del informe técnico de referencia, p. 2-3.

	Informe técnico de Análisis de la Nueva Tecnología «Orientación molecular en termoplásticos aplicada a la tubería de PVC-O»	Página 26 de 52
	Fecha de entrega: 14-mayo-2020	Nº de Versión: 01

ISO 16422: 2014 establece de forma explícita el requisito de que las tolerancias por ovalación "...deben ser conformes con el grado M de la Norma ISO 11922-1", el cumplimiento del requisito puede ser certificado de igual forma a lo señalado en este documento, respecto a certificaciones de producto y Organismos Evaluadores de la Conformidad (OEC de tercera parte).»⁷


Con base en los ensayos realizados, en el certificado PLA-6660/17-1 (ver Anexo 5) se indica lo siguiente sobre la determinación de la rigidez anular:

Tabla 9. Extracto del certificado de ensayo de rigidez anular

Tipo	Ensayo de rigidez anular		
Objeto	Muestra 01: sección de tubo: Ø110 PN12,5		
	Muestra 02: sección de tubo: Ø160 PN16		
	Muestra 03: sección de tubo: Ø250 PN20		
	Muestra 04: sección de tubo: Ø450 PN16		
	Muestra 06: sección de tubo: Ø140 PN25		
	Muestra 07: sección de tubo: Ø200 PN20		
	Muestra 08: sección de tubo: Ø250 PN25		
	Fabricante	MOLECOR Tecnología, S.L. (Madrid, España)	
Norma	UNE-EN ISO 9969:2016 «Tubos de materiales termoplásticos. Determinación de la rigidez anular»		
Referencia	ISO 9969:2016 «Thermoplastics pipes — Determination of ring stiffness»		
OEC ¹	Centro de Ensayos, Innovación y Servicios (Madrid, España)		
Ensayo	Muestra 01:	23-ene-2018	
	Las demás:	19-ene-2018	
Emisión	21 de junio de 2018		
Nº	PLA-0660/17-1		
Resultados			
Rigidez anular (kN/m ²)	Muestra 01:	12,84	Nominal: 2,5. Cumple.
	Muestra 02:	8,20	Nominal: 5,2. Cumple.
	Muestra 03:	10,97	Nominal: 10,2. Cumple.
	Muestra 04:	6,52	Nominal: 5,2. Cumple.
	Muestra 06:	29,69	Nominal: 19,9. Cumple.
	Muestra 07:	11,62	Nominal: 10,2. Cumple.
	Muestra 08:	22,58	Nominal: 19,9. Cumple.

¹ organismo evaluador de la conformidad

⁷ Tomado textualmente del informe técnico de referencia, apartado f, p. 7.

	Informe técnico de Análisis de la Nueva Tecnología «Orientación molecular en termoplásticos aplicada a la tubería de PVC-O»	Página 27 de 52
	Fecha de entrega: 14-mayo-2020	N° de Versión: 01

3.2.2.g Color

De acuerdo con lo que se detalla en el análisis normativo elaborado por la UTSAPS por medio del oficio [PRE-UTSAPS-2019-00061](#)⁸, se menciona lo siguiente en lo que respecta al color:

«En el documento “TOM: La nueva generación de tubería de PVC orientado”, específicamente en el cuadro de “TUBERÍA TOM PVC-O-500”, el fabricante en lo relativo al color indica que: “Disponibile en color azul (abastecimiento), morado (reutilización) y blanco (resistente a los rayos UV). Otros colores consultar.»

La norma UNE-ISO 16422:2015 no establece requisitos sobre el color. Sin embargo, la Norma Técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, Saneamiento y Pluvial establece requisitos al respecto.

3.2.2.h Rotulado

La norma UNE-ISO 16422:2015 establece requisitos de marcado para la tubería fabricada, los cuales debe cumplir, así como los que se establecen en la **Norma Técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, Saneamiento y Pluvial (AyA)**, la cual indica que los caracteres deben ser totalmente visibles, legibles e indelebles, para garantizar la correcta identificación de la tubería durante y después de la instalación⁹.

⁸ Tomado textualmente del informe técnico de referencia, punto g, p. 5.

⁹ La información correspondiente al “Rotulado”, fue redactada apoyándose en el documento AyA, 2019. Oficio No. PRE-UTSAPS-2019-00061, p. 5-6.

3.2.3 Propiedades de la tecnología

A continuación, se detallan las propiedades pertinentes a la tecnología.

3.2.3.a Propiedades mecánicas

Las propiedades mecánicas de la tubería de PVC-O se detallan en la Tabla 10.

Tabla 10. Propiedades mecánicas de la tubería PVC-O.

PROPIEDAD	DESCRIPCIÓN
RESISTENCIA AL IMPACTO	La Orientación Molecular por la que se elabora la tubería PVC Orientado, impide la propagación de grietas, rasguños y minimiza el riesgo de fisuras rápidas debido a la estructura laminar del tubo. Además, la tubería es más resistente a los golpes, disminuyendo las roturas durante la instalación por causas accidentales.
RESISTENCIA A LA FRACTURA FRÁGIL	La concentración de tensiones se expande sobre la superficie de la capa superior de la tubería, evitando la rotura. Esto se produce, debido a la estructura laminar de la pared de la tubería generada en el proceso de orientación molecular.
FLEXIBILIDAD	El comportamiento elástico que presenta la tubería PVC Orientado permite que soporte deformaciones de hasta un 100% del diámetro interior. La canalización recupera rápidamente su forma original, tras un aplastamiento y cualquier situación mecánica accidental, con lo que se minimiza el riesgo de roturas por deslizamiento del terreno u otros esfuerzos cortantes como piedras o maquinaria.
PRESIÓN INTERNA¹⁰ (resistencia hidrostática a corto y largo plazo)	La tubería PVC Orientado, soporta resistencias a presión interna mayores que la presión nominal, lo que la hace resistente a sobrepresiones puntuales. Además, es resistente a la fatiga y al ataque químico, lo que la hace capaz de soportar las presiones de trabajo durante más de 50 años. El valor de resistencia hidrostática a los 50

¹⁰ Cargas externas: cuando la tubería se instale enterrada, deberán tomarse en cuenta todos los esfuerzos y tensiones a los que esté sometida, por ejemplo, el peso del terreno y las cargas por tráfico en la superficie.



	años debe ser mayor a 50 MPa; de igual forma, este valor se mantiene hasta los 100 años de vida útil de la tubería.
PRESIÓN DE TRABAJO Y FACTOR DE REDUCCIÓN DE TEMPERATURA	Desde el punto de vista hidráulico, la presión de trabajo será como máximo igual a la presión nominal de la tubería a 20°C, y se debe aplicar un factor de corrección para temperaturas superiores a 25°C, según lo que se establece en la norma UNE-ISO 16422:2015. ¹¹
MÓDULO DE ELASTICIDAD	Para una presión nominal de 12.5 bar, su módulo de elasticidad es de 4000 MPa y para presiones de 16 a 25 bar, su módulo de elasticidad es mayor a 4000 MPa.

Fuente: MOLECOR, 2019. *Manual Técnico de Diseño de Redes y Utilización. Tubería PVC Orientado TOM*, p. 6, 7, 9 y 145, y MOLECOR, 2019. *Documento de respuesta a UEN-ID-2019-00634*, p. 3 y 6.

3.2.3.a.i Pruebas realizadas

La valoración de las pruebas que se encuentran en la UNE-ISO 16422:2015 forman parte del proceso de certificación de producto que lleva a cabo un OEC acreditado para tales efectos. Esto fue verificado con base en la certificación entregada por el fabricante MOLECOR: 001\006537 y PLA-6660/17-1 (ver Anexo 3 y Anexo 5 y el punto 3.2.9 del presente documento). Con respecto a los ensayos realizados, en el certificado PLA-6660/17-1 se indica lo siguiente.

Con base en los ensayos realizados, en el certificado PLA-6660/17-1 (ver Anexo 5) se indica lo siguiente:

¹¹ Información tomada del documento AyA, 2019. Oficio No. PRE-UTSAPS-2019-00061, p.4.



Sobre la determinación de la resistencia a impactos externos:

Tabla 11. Extracto del certificado de ensayo de impacto

Tipo	Ensayo de impacto externo a 0°C		
Objeto	Muestra 01: sección de tubo: Ø110 PN12,5		
	Muestra 02: sección de tubo: Ø160 PN16		
	Muestra 03: sección de tubo: Ø250 PN20		
Fabricante	MOLECOR Tecnología, S.L. (Madrid, España)		
Norma	ISO 3127-1:1994 « <i>Thermoplastics pipes — Determination of resistance to external blows — Round-the-clock method</i> »		
OEC ¹	Centro de Ensayos, Innovación y Servicios (Madrid, España)		
Ensayo	24 de enero de 2018		
Emisión	21 de junio de 2018		
Nº	PLA-0660/17-1		
Resultados			
Número de roturas	Muestra 01:	0	25 impactos con percutor de 6,30 kg. Cumple (calificación: A).
	Muestra 02:	0	25 impactos con percutor de 8,00 kg. Cumple (calificación: A).
	Muestra 03:	0	25 impactos con percutor de 12,50 kg. Cumple (calificación: A).

¹ organismo evaluador de la conformidad



Sobre la determinación de la resistencia a la presión interna:

Tabla 12. Extracto del certificado de ensayo de presión interna

Tipo	Ensayo de presión interna		
Objeto	Muestra 02: sección de tubo: Ø160 PN16		
	Muestra 03: sección de tubo: Ø250 PN20		
	Muestra 10: sección de tubo: Ø250 PN20		
Fabricante	MOLECOR Tecnología, S.L. (Madrid, España)		
Norma	UNE-EN ISO 1167-1:2006 « <i>Tubos, accesorios y uniones en materiales termoplásticos para la conducción de fluidos. Determinación de la resistencia a la presión interna. Parte 1: Método general</i> »		
Referencia	ISO 1167-1:2006 « <i>Thermoplastics pipes, fittings and assemblies for the conveyance of fluids — Determination of the resistance to internal pressure — Part 1: General method</i> »		
OEC ¹	Centro de Ensayos, Innovación y Servicios (Madrid, España)		
Ensayo	Muestra 02:	15-ene a 27-feb de 2018	
	Muestra 03:	02-abr a 03-abr de 2018	
	Muestra 10:	08-may a 19-jun de 2018	
Emisión	21 de junio de 2018		
Nº	PLA-0660/17-1		
Resultados			
Presión de ensayo (bar)	Muestra 02:	13,9	1000 horas a 60°C sin rotura. Cumple.
	Muestra 03:	36,7	10 horas a 20°C sin rotura. Cumple.
	Muestra 10:	33,1	1000 horas a 20°C sin rotura. Cumple.

¹ organismo evaluador de la conformidad



3.2.3.b Propiedades físicas

Las propiedades físicas de la tubería de PVC elaboradas con orientación molecular (PVC-O) se describen en la Tabla 13.

Tabla 13. *Propiedades físicas.*

PROPIEDAD	DESCRIPCIÓN
PESO	El peso de la tubería PVC Orientado, es inferior al de tuberías equivalentes de otros materiales (PVC, PEAD, PRFV, entre otras). Lo anterior, debido al proceso de orientación molecular, por medio del cual, cuando se produce una mejora de propiedades del material, se consigue una reducción del espesor de pared que hace que la tubería sea más ligera y, por tanto, mejora su manejabilidad y ensamblado durante la instalación. El peso de esta tubería va de 8 kg (en diámetros de 90 mm) hasta 449 kg (para diámetros de 800 mm) por cada tubo de 5.95 metros.
RUGOSIDAD	La rugosidad de la pared interna de la tubería de PVC Orientado es inferior a la de otros materiales plásticos y de materiales metálicos. Esto hace que el fluido pueda ser conducido a mayor velocidad y, por ende, aumenta la capacidad hidráulica.
RESISTENCIA A LOS EFECTOS AMBIENTALES	<p>Temperatura: La temperatura ambiental no influye significativamente en las tuberías de PVC Orientado, ya que no se producen grandes contracciones (dilataciones) debidas a cambios de temperatura que afecten las conexiones de la tubería.</p> <p>Ataque biológico: Debido a que la superficie interna de las tuberías es muy lisa y no se da la aparición de nódulos, no se produce la acumulación de nutrientes.</p> <p>Abrasión: El PVC en general, presenta una alta resistencia a la abrasión y es superior con respecto a otros materiales.</p> <p>Formación de nódulos: Debido a la baja rugosidad de la pared interna de la tubería, se minimiza la posible formación de nódulos o incrustaciones que dificulten u obstruyan, la circulación del agua por su interior.</p>



COMPORTAMIENTO ANTE SISMOS

Se ha estudiado el comportamiento ante sismos de la tubería PVC Orientado en Rusia y, se ha encontrado que es bueno y es válido hasta grado 9-destructivo en la escala MSK-64 (1-12 grados).

Fuente: MOLECOR, 2019. *Documento de respuesta a UEN-ID-2019-00634*, p. 4-6 y MOLECOR, 2019. *Manual Técnico de Diseño de Redes y Utilización. Tubería PVC Orientado TOM*, p. 15.

3.2.3.b.i Pruebas realizadas

La valoración de las pruebas que se encuentran en la UNE-ISO 16422:2015 forma parte del proceso de certificación de producto que lleva a cabo un OEC acreditado para tales efectos. Esto fue verificado con base en la certificación entregada por el fabricante MOLECOR: 001\006537 y PLA-6660/17-1 (ver Anexo 3 y Anexo 5 y el punto 3.2.9 del presente documento).

3.2.3.c Propiedades químicas

Las propiedades químicas de la tubería de PVC elaboradas con orientación molecular (PVC-O), se muestran en la Tabla 14.

Tabla 14. *Propiedades químicas.*

PROPIEDAD	DESCRIPCIÓN
CONDUCTIVIDAD TÉRMICA	Debido a que químicamente el PVC Orientado es equivalente al PVC, mantienen el mismo comportamiento. Es por ello que, su conductividad térmica está entre 0.14 y 0.18 kCal/(m·hr·°C).
RESISTENCIA A LA CORROSIÓN	La tubería PVC Orientado, es inmune a la corrosión y a sustancias químicas presentes en la naturaleza. No requiere algún tipo de protección o recubrimiento especial y puede ser utilizada en la instalación de redes en terrenos agresivos o con otros pormenores, que pueden acelerar la corrosión de tuberías metálicas.
RESISTENCIA QUÍMICA	La tubería PVC Orientado, es inmune a la acción de productos químicos presentes en la naturaleza. Es resistente a: <ul style="list-style-type: none">• los componentes naturales del suelo como sales



	<p>minerales y ácidos húmicos.</p> <ul style="list-style-type: none">• los componentes químicos de los fertilizantes agrícolas tales como fosfatos o nitratos.• suelos agresivos, ácidos, básicos y con alto contenido en sales.• los productos desinfectantes dispuestos en las redes de agua potable.• entre otros. <p>La resistencia química hace que no se produzca deterioro en la pared del tubo, manteniéndose intacta con el paso del tiempo.</p>
RESISTENCIA A LA ABRASIÓN	<p>Tiene una alta resistencia a la abrasión, debido a la estructura molecular del polímero, en el que la mayoría de las partículas abrasivas rebotan en vez de incrustarse, con lo que no se produce daño en la superficie.</p>
RESISTENCIA A LOS RAYOS ULTRAVIOLETA	<p>La estructura laminar de la pared de la tubería PVC Orientado, impide que la mínima fragilidad que se produce en la superficie de esta por la degradación producida por los rayos ultravioleta se transmita hacia el interior del tubo. Lo anterior sucede ya que, en el proceso de fabricación, se añaden una serie de aditivos que hacen que la tubería tenga una resistencia a los rayos ultravioleta, aunque cabe aclarar que la misma, está diseñada para ir enterrada.</p>
RESISTENCIA AL FUEGO	<p>Al igual que el PVC convencional, tiene una alta resistencia a la iniciación de la llama que, unida a su alta temperatura de ignición, hacen que sea un material inflamable.</p> <p>Además, debido a su baja conductividad térmica, irradia una cantidad limitada de calor, teniendo una mínima contribución a la propagación del fuego a otros materiales adyacentes.</p>

Fuente: MOLECOR, 2019. *Documento de respuesta a UEN-ID-2019-00634*, p. 5 y MOLECOR, 2019. *Manual Técnico de Diseño de Redes y Utilización. Tubería PVC Orientado TOM*, p. 146-148.




3.2.3.d Propiedades hidráulicas

Las propiedades hidráulicas de la tubería de PVC elaborada con orientación molecular (PVC-O), son las que se describen en la Tabla 15.

Tabla 15. *Propiedades hidráulicas.*

PROPIEDAD	DESCRIPCIÓN
CAPACIDAD HIDRÁULICA	Posee una mayor capacidad hidráulica en comparación con tuberías como el PVC, el polietileno, entre otras, debido a su mayor diámetro interno, el cual aumenta su capacidad hidráulica entre un 15 y 40%, menor espesor y menor rugosidad, que permite una conducción de fluido a mayor velocidad. Lo anterior se debe al proceso de Orientación en línea con que se elaboran estas tuberías.
SOBREPRESIONES (Golpe de ariete)	La tubería PVC Orientado, presenta un buen comportamiento frente al golpe de ariete debido a su menor celeridad, lo que permite minimizar los golpes derivados de variaciones bruscas de caudal y presión.
ESTANQUEIDAD EN LAS CONEXIONES	La tubería PVC Orientado, al tener la embocadura integrada con una junta de estanqueidad (compuesta por un anillo de polipropileno y un labio de caucho sintético integrados al tubo), impide que esta se desplace de su alojamiento o que sea arrollada en su montaje.

Fuente: MOLECOR, 2019. *Manual Técnico de Diseño de Redes y Utilización. Tubería PVC Orientado TOM*, p. 11,13-14, y MOLECOR, 2019. *Documento de respuesta a UEN-ID-2019-00634*, p. 4-5.

	Informe técnico de Análisis de la Nueva Tecnología «Orientación molecular en termoplásticos aplicada a la tubería de PVC-O»	Página 36 de 52
	Fecha de entrega: 14-mayo-2020	Nº de Versión: 01

Con respecto al sello para estanquidad de la conexión entre tubos, el fabricante MOLECOR aportó el certificado (ver Anexo 11) con las siguientes características:

Tabla 16. Extracto del certificado de conformidad de sellos de junta

Tipo	Conformidad, por muestreo y ensayos al producto más sistemas de Gestión de la Calidad
Objeto	«Anillos de material elastomérico empleados para empaques en los sistemas de tuberías plásticas para agua a presión, modelo F576, diámetros nominales 63, 90, 110, 125, 140, 160, 200, 225, 250, 280, 315, 355, 450, 500, 630, 710 y 800 mm»
Fabricante	Empresa Trelleborg Pipe Seals, B.V. (Bielsko-Biała, Polonia)
Norma	NOM-001-CONAGUA-2011 «Sistemas de agua potable, toma domiciliaria y alcantarillado sanitario –Hermeticidad –Especificaciones y métodos de prueba»
Referencia	ISO 4633:2015 «Rubber seals -Joint rings for water supply, drainage and sewerage pipelines – Specification for materials»
OEC ¹	Certificación Mexicana, S.C. (Ciudad de México)
Vigencia	Indefinida. Emisión: 21 de marzo de 2019.
Nº	CMX-CP-2696-2019

¹ organismo evaluador de la conformidad

Con base en los ensayos realizados, en el certificado PLA-6660/17-1 (ver Anexo 5), sobre la determinación de la estanquidad de las conexiones, se indica lo siguiente:

Tabla 17. Extracto del certificado de ensayo de estanquidad a presión interna

Tipo	Ensayo de estanquidad a presión interna
Objeto	Muestra 01: sección de tubo: Ø110 PN12,5
Fabricante	MOLECOR Tecnología, S.L. (Madrid, España)
Norma	UNE-EN ISO 13845:2015 «Sistemas de canalización en materiales plásticos. Juntas de estanquidad elastoméricas con conexión tipo anillo para su uso con tuberías de presión termoplásticas. Método de ensayo de estanquidad a presión interna y con desviación angular», figura A.1
Referencia	ISO 13845:2015 «Plastics piping systems — Elastomeric-sealing-ring-type socket joints for use with thermoplastic pressure pipes — Test



	<i>method for leaktightness under internal pressure and with angular deflection»</i>	
OEC ¹	Centro de Ensayos, Innovación y Servicios (Madrid, España)	
Ensayo	22 de diciembre de 2017	
Emisión	21 de junio de 2018	
Nº	PLA-0660/17-1	
Resultados		
Estanquidad	Sin fugas en cualquier punto del área de las uniones.	Cumple.

¹ organismo evaluador de la conformidad

Tabla 18. Extracto del certificado de ensayo de presión negativa

Tipo	Ensayo de estanquidad a presión negativa		
Objeto	Muestra 01: sección de tubo: Ø110 PN12,5		
Fabricante	MOLECOR Tecnología, S.L. (Madrid, España)		
Norma	<i>UNE-EN ISO 13844:2015 «Sistemas de canalización en materiales plásticos. Juntas de estanquidad elastoméricas para tubos plásticos a presión. Método de ensayo de estanquidad a presión negativa, desviación angular y deformación»</i>		
Referencia	<i>ISO 13844:2015 «Plastics piping systems — Elastomeric-sealing-ring-type socket joints for use with plastic pressure pipes — Test method for leaktightness under negative pressure, angular deflection and deformation»</i>		
OEC ¹	Centro de Ensayos, Innovación y Servicios (Madrid, España)		
Ensayo	21 de diciembre de 2017		
Emisión	21 de junio de 2018		
Nº	PLA-0660/17-1		
Resultados			
Estanquidad	-0,1 bar / 15 min	Cambios de presión inferiores a 0,05 bar durante las pruebas.	Cumple.
	-0,8 bar / 15 min		

¹ organismo evaluador de la conformidad


	Informe técnico de Análisis de la Nueva Tecnología «Orientación molecular en termoplásticos aplicada a la tubería de PVC-O»	Página 38 de 52
	Fecha de entrega: 14-mayo-2020	Nº de Versión: 01

Tabla 19. Extracto del certificado de ensayo de estanquidad a largo plazo


Tipo	Ensayo de estanquidad a largo plazo		
Objeto	Muestra 02: sección de tubo: Ø160 PN16		
Fabricante	MOLECOR Tecnología, S.L. (Madrid, España)		
Norma	UNE-EN ISO 13846:2001 «Sistemas de canalización en materiales plásticos. Uniones y juntas resistentes o no al efecto axial para sistemas de canalización en materiales termoplásticos para conducción a presión. Método de ensayo de estanquidad a largo plazo con presión hidráulica interior»		
Referencia	ISO 13846:2000 «Plastics piping systems — End-load-bearing and non-end-load-bearing assemblies and joints for thermoplastics pressure piping — Test method for long-term leaktightness under internal water pressure»		
OEC ¹	Centro de Ensayos, Innovación y Servicios (Madrid, España)		
Ensayo	T = 20°C:	15-ene a 28-feb de 2018	
	T = 40°C:	15-ene a 28-feb de 2018	
Emisión	21 de junio de 2018		
Nº	PLA-0660/17-1		
Resultados			
Estanquidad a 1000 horas	P=22,4 bar T=20°C	Ovalación: 0 mm	Cumple.
	P=17,6 bar T=40°C	Ovalación: 0 mm	Cumple.

¹ organismo evaluador de la conformidad

3.2.4 Aspectos relacionados con el almacenamiento

Para asegurar la integridad y conservación de las propiedades de la tubería, deben seguirse las recomendaciones que se listan a continuación.

- a) Almacenar los tubos horizontalmente en una zona plana sobre apoyos colocados cada 1.5 metros para evitar que estos se flexionen.
- b) Evitar el contacto de las campanas con el suelo, ya que estas pueden erosionarse.
- c) No apilar las tuberías a más de 1.5 metros de altura, ya que podrían dañarse las que se encuentran en la parte inferior o podrían producirse caídas de las que están en la parte superior.
- d) Las campanas deben quedar libres, intercalando campanas y cabos.
- e) En caso de que la tubería este expuesta al sol de manera, se deben

	Informe técnico de Análisis de la Nueva Tecnología «Orientación molecular en termoplásticos aplicada a la tubería de PVC-O»	Página 39 de 52
	Fecha de entrega: 14-mayo-2020	N° de Versión: 01

proteger los apoyos con un material opaco, de preferencia color blanco, para evitar que esta se sobrecaliente.

Las tuberías no se deben tapar con lonas negras sin ventilación; esto, para evitar la creación de fuentes de calor que actúen próximas y de forma permanente sobre las tuberías, y el contacto de estas con materiales metálicos que puedan transmitir un exceso de calor a través de su propia conductividad.

3.2.5 Aspectos relacionados con el transporte y manipulación

3.2.5.a Transporte

Se deben seguir las siguientes recomendaciones:

- a) Al transportar diferentes diámetros en un mismo envío, colocar primero los diámetros mayores. Se deben utilizar cuñas de madera, cuyas características variarán de acuerdo con el diámetro nominal de la tubería.
- b) Dejar libres las copas (campanas), alternando copas y cabos.
- c) Al recibir las tuberías, se debe controlar el estado de éstas.

3.2.5.b Manipulación


Se recomienda realizar la descarga desde el camión, con la ayuda de eslingas planas. Las operaciones de carga y descarga de las tuberías con diámetros $DN \geq 250$ mm, se deben hacer mediante equipos mecánicos, y para diámetros menores, por medios manuales.

3.2.6 Aspectos relacionados con la instalación

3.2.6.a Excavación

Para llevar a cabo la excavación, se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- a) Retirar las piedras que se encuentren en la pared de la excavación para evitar que caigan sobre la cama de arena.
- b) Quitar del fondo de la excavación, materiales como piedras, desperdicios de demoliciones, etc.

	Informe técnico de Análisis de la Nueva Tecnología «Orientación molecular en termoplásticos aplicada a la tubería de PVC-O»	Página 40 de 52
	Fecha de entrega: 14-mayo-2020	N° de Versión: 01

- c) De acuerdo con los estudios geotécnicos que se le hayan realizado al terreno donde se instale la tubería, la cama de apoyo de esta puede ser la propia del terreno o hecha con material granular compactado con 10 cm de espesor mínimo.

En terrenos acuíferos, la cama de apoyo debe hacerse con materiales de granulometría comprendida entre 5 y 30 mm.

3.2.6.b Ensamblaje

A continuación, se detallan las recomendaciones para garantizar una buena conexión entre la campana y el cabo liso en las tuberías PVC Orientado:


- a) Retirar los tapones de protección.
- b) Verificar que la tubería este limpia y en perfecto estado.
- c) Revisar que el bisel esté libre de roturas y en buen estado.
- d) Comprobar que la junta este bien colocada, limpia y libre de elementos extraños.
- e) Utilizar lubricante para juntas en el bisel del cabo y la junta de la campana.
- f) Alinear la tubería lo mejor posible tanto en horizontal como en vertical.
- g) Introducir solo el canto del bisel en la campana de manera que soporte el tubo, pero dejando el resto de la campana libre.
- h) Para tuberías con diámetro nominal ≤ 250 mm, se debe dar un empujón firme y seco desde el extremo del tubo para aprovechar la inercia producida por el desplazamiento y así, introducir el cabo hasta que la marca tope de la conexión quede escondida en la campana.
- i) En tuberías con diámetros $DN > 250$ mm, se deben utilizar medios mecánicos para facilitar la introducción del tubo, tales como eslingas, trozos de madera, entre otros.

3.2.6.c Desviaciones angulares

En la instalación se permiten angulares en la junta de unión entre los tubos, de tal forma que la conducción se adapte al trazado.

3.2.6.d Anclajes

Las tuberías sometidas a presión hidrostática interna están sujetas a fuerzas de empuje en todos los cambios de dirección (desviaciones angulares, codos, curvas,

	Informe técnico de Análisis de la Nueva Tecnología «Orientación molecular en termoplásticos aplicada a la tubería de PVC-O»	Página 41 de 52
	Fecha de entrega: 14-mayo-2020	Nº de Versión: 01

etc.) y en piezas y elementos que impiden un cambio en la sección de paso (reducciones, válvulas, desagües, etc.). Estas fuerzas pueden llegar a provocar movimientos en el terreno y desacoples en los tubos.

El hormigón se debe verter directamente contra el terreno ya posicionado y con una resistencia mecánica suficiente. Para el diseño de los anclajes, las juntas deben estar libres, con el fin de permitir su inspección durante las pruebas hidráulicas.

3.2.6.e Relleno de la zanja

Para el relleno de la zanja, se deben tomar en cuenta las siguientes consideraciones:


- Instalar la tubería y realizar el llenado-compactación del terreno en los laterales y la parte superior de la tubería.
- Consultar las instrucciones de instalación en el manual del fabricante.
- Requisitos de la norma UNE 53331:2020 «*Plásticos. Tuberías de Poli(cloruro de vinilo) no plastificado (PVC-U), Poli(cloruro de vinilo) orientado (PVC-O), Polietileno (PE) y Polipropileno (PP). Criterio para la comprobación de los tubos a utilizar en conducciones con y sin presión sometidos a cargas externas*», según la recomendación del fabricante MOLECOR durante las sesiones de consulta.

3.2.6.f Pruebas realizadas

En lo relacionado con la instalación, el “**Manual Técnico de Diseño de Redes y Utilización. Tubería de PVC Orientado TOM**” (Molecor 2018), detalla las pruebas en obra y puesta en servicio, las cuales deben seguir los procedimientos de la norma UNE-EN 805 «*Abastecimiento de agua*».


3.2.7 Accesorios

Del “**Manual Técnico de Diseño de Redes y Utilización. Tubería de PVC Orientado TOM**” (Molecor 2018), se extrae que los accesorios deben ser los de la gama diseñada para su utilización en plásticos, esto con el fin de asegurar que los diámetros nominales, sean compatibles con los de las tuberías plásticas. Además, pueden utilizarse accesorios multidímetro que permitan la unión con materiales de

	Informe técnico de Análisis de la Nueva Tecnología «Orientación molecular en termoplásticos aplicada a la tubería de PVC-O»	Página 42 de 52
	Fecha de entrega: 14-mayo-2020	N° de Versión: 01

otros diámetros. El mismo manual, menciona que los tipos de accesorios que pueden ser instalados con la tubería PVC Orientado son:

- a) **Fundición dúctil para PVC:** Se pueden disponer de dos tipos de unión:
 - **Con sistema de enchufe tipo campana:** estos accesorios no son diseñados para el PVC Orientado, y aunque son válidos, se recomienda realizar un estudio de compatibilidad de cada accesorio con esta tubería.
 - **Con sistema autoblocante:** estos accesorios son diseñados para permitir que la unión tubo-accesorio funcione a tracción (tensión).
- b) **Fundición dúctil con sistema brida:** permite la conexión de la tubería por medio de un sistema de bridas a otros componentes de la red como pueden ser válvulas, ventosas o tomas domiciliarias.
- c) **De Acero:** estos accesorios pueden ser elaborados a medida, según el proyecto a ejecutar, siendo útiles en nudos donde los ángulos de las conexiones no son compatibles con los estándares del mercado.
- d) **Universales:** Son manguitos de unión que se utilizan para conectar tuberías de otros materiales en los que puede haber diferencia del diámetro exterior y permite adaptarse a cada uno de ellos.
- e) **Multidiámetro:** Para estos accesorios, se debe respetar el par de apriete indicado por el fabricante del accesorio, valor que es específico para PVC Orientado; ya que, si se excede, podría dañar la tubería.
- f) **De PVC convencional:** El PVC convencional cuenta con accesorios con enchufe tipo campana, los cuales, aunque dimensionalmente son compatibles con las tuberías de PVC Orientado, no suelen utilizarse, ya que las presiones y los diámetros disponibles en el mercado, no cubren la gama de productos de las tuberías de PVC Orientado.
- g) **Accesorios de PVC Orientado:** son accesorios elaborados con los mismos componentes de la tubería PVCO. Su proceso de fabricación inicia con la elaboración de un tubo base por extrusión, el cual seguidamente, es sometido al proceso de orientación molecular dentro de un molde con la forma del accesorio a fabricar.
Se encuentran disponibles para diámetros nominales de 90 mm a 400 mm (cabe mencionar que las tuberías tienen diámetros hasta 800 mm).

	Informe técnico de Análisis de la Nueva Tecnología «Orientación molecular en termoplásticos aplicada a la tubería de PVC-O»	Página 43 de 52
	Fecha de entrega: 14-mayo-2020	N° de Versión: 01

En virtud de que no se han aportado las certificaciones de producto referentes a los accesorios “EcoFITOM” (fabricados por MOLECOR), no se ha realizado el análisis normativo de éstos. Sin embargo, la empresa ha indicado que se encuentra en proceso de certificación de estos accesorios, según la nueva norma UNE-CEN/TS 17176-3:2019 «*Sistemas de canalización en materiales plásticos para suministro de agua, riego, saneamiento y alcantarillado, enterrado o aéreo, con presión. Poli(cloruro de vinilo) no plastificado orientado (PVC-O). Parte 3: Accesorios*».

3.2.8 Certificaciones aportadas

A continuación, se detallarán las certificaciones (se referencian solo las que facilitó el fabricante) utilizadas para validaciones de la tecnología:

- Certificado de producto para «**Anillos de material elastomérico empleados para empaques en los sistemas de tuberías plásticas para agua a presión, modelo F576, diámetros nominales 63, 90, 110, 125, 140, 160, 200, 225, 250, 280, 315, 355, 450, 500, 630, 710 y 800 mm**». Opción 4 (vigencia indefinida): muestreo y ensayos al producto más sistemas de Gestión de la Calidad, emitido por **Certificación Mexicana, S.C.**, a la empresa **Trelleborg Pipe Seals, B.V.**, de conformidad con la norma oficial mexicana NOM-001-CONAGUA-2011 «Sistemas de agua potable, toma domiciliaria y alcantarillado sanitario – Hermeticidad – Especificaciones y métodos de prueba, según norma de referencia ISO 4633:2015. Este certificado fue validado por el Organismo de Certificación de Producto (OCP) de Certificación Mexicana S.C., en cumplimiento a lo establecido en la Norma Oficial Mexicana y los informes de laboratorios, el 21 de marzo de 2019.
- Certificado de producto **orientado a PVC-O "TOM" por Molecor Tecnologia SL.**, emitido por BELGAQUA, de acuerdo con los métodos de evaluación establecidos en el procedimiento HIDROCHECK, el cual cumple con los requisitos para la aprobación de materiales en contacto con agua potable y agua destinada a la producción de esta. Este certificado fue validado por la Junta Directiva de Belgaqua, el 22 de junio del 2010.
- Certificado de Producto. **Plásticos**, emitido por AENOR la cual certifica que la empresa **Molecor Tecnologia SL.**, suministra «Tubos de poli (cloruro de vinilo) orientado (PVC-O) para sistemas de canalización de agua», con respecto a la norma de referencia UNE-ISO 16422:2015. En dicho certificado se anexa la información que se muestra en la figura 2, para el cual se aprueba lo mostrado en esta.



MARCA COMERCIAL TOM				
CLASIFICACIÓN DEL MATERIAL	DIÁMETROS (mm)	PN (Mpa)	COEFICIENTE DE DISEÑO	TIPO DE UNIÓN
PVC-O 500	110 - 140 - 160 - 200 - 250 - 315 - 355 - 400 - 450 - 500 - 630 - 710 - 800	12,5	1,4	Junta Elástica
PVC-O 500	90 - 110 - 125 - 140 - 160 - 200 - 225 - 250 - 315 - 355 - 400 - 450 - 500 - 630 - 710 - 800	16	1,4	Junta Elástica
PVC-O 500	110 - 160 - 200 - 250 - 315 - 355 - 400 - 500 - 630 - 710 - 800	20	1,4	Junta Elástica
PVC-O 500	90 - 110 - 125 - 140 - 160 - 200 - 225 - 250 - 315 - 355 - 400 - 450 - 500 - 630	25	1,4	Junta Elástica

Figura 2. Información anexada del certificado 001/006537 emitido por AENOR.

Fuente: AENOR, 2015. Certificado AENOR de Producto. Plásticos, p. 1-2.


- Informe No. PLA-0660/17-1 correspondiente a los «Ensayos de mantenimiento de Certificación AENOR de producto», realizados por el Centro de ensayos, innovación y servicios, bajo una solicitud de AENOR INTERNACIONAL, S.A.U., sobre el producto «Tubos de Poli (Cloruro de Vinilo) Orientado (PVC-O) para sistemas de canalización de agua». La información correspondiente a los ensayos realizados (y toda su especificación) se detalla en el Anexo 5.

3.3 Determinación de ventajas y desventajas

A partir de la elaboración del perfil técnico preliminar de la nueva tecnología, preparado por la UEN de Investigación y Desarrollo, el cual incluyó entre otros aspectos, la caracterización de la nueva tecnología; en reunión con el equipo técnico el 20 de febrero de 2020, se consideró pertinente presentar una serie de consultas y dudas sobre dicha tecnología a la empresa. Se plantearon un total de 14 preguntas, que se enviaron de manera formal, mediante el documento [UEN-ID-2020-00157](#) del 27 de febrero del 2020, dirigido a la Ing. Yanis Montoya, quien funge como representante de la empresa MOLECOR en el país.

En esta nota se solicitó que las respuestas a estas consultas se expusieran en la segunda sesión de trabajo del 26 de marzo de 2020. Estas contemplaron los siguientes temas:

- Degradación producida por la radiación UV.


	Informe técnico de Análisis de la Nueva Tecnología «Orientación molecular en termoplásticos aplicada a la tubería de PVC-O»	Página 45 de 52
	Fecha de entrega: 14-mayo-2020	N° de Versión: 01

- Condiciones de servicio y propiedades de los componentes de un sistema de abastecimiento de agua potable, asociadas al coeficiente de diseño C, y la relación entre estos parámetros.
- Condiciones de servicio y propiedades de los componentes de un sistema de abastecimiento de agua potable, asociadas a la resistencia hidrostática.
- Ventajas y desventajas de utilizar $C=1.4$, para efectos de comercialización de la Clase 500 en Costa Rica y las razones que soportan la decisión de MOLECOR de utilizar ese coeficiente.
- Afectación de las características (propiedades) finales de la tubería de PVC-O ante una variación en el valor 'K' de la resina de fabricación.
- Accesorios recomendados en conexiones de tubería PVC-O hacia un servicio abastecido y sus especificaciones técnicas (fabricación e instalación).
- Inocuidad por alteración de la calidad del agua conducida (solicitud de certificación).
- Requisitos de instalación de la tubería PVC-O (zanja y relleno).
- Falta de accesorios de PVC-O certificados con dimensionamiento ISO (métrico), tanto para sistemas nuevos como para los ya construidos, de acuerdo con su intención de comercialización en Costa Rica.

Las respuestas a estas preguntas fueron enviadas en una nota por fabricante, el 13 de marzo de 2020, la cual se encuentra en el Anexo 6; en el Anexo 7 se consigna la presentación que respalda el documento de respuesta.

Posterior a esta sesión, parte del equipo técnico, analizó toda la información técnica presentada en los diferentes momentos, con lo cual se elaboró una lista de ventajas y desventajas de utilizar el producto que fabrica la empresa MOLECOR mediante la aplicación de la NT, en los sistemas de abastecimiento de agua potable del AYA.

Debe aclararse que, según sus propiedades, este producto encuentra su aplicación en líneas de conducción e impulsión sometidas a altas presiones; por lo cual, la comparación se ha planteado con respecto a la tubería fabricada en polietileno y por fundición (hierro dúctil).


	Informe técnico de Análisis de la Nueva Tecnología «Orientación molecular en termoplásticos aplicada a la tubería de PVC-O»	Página 46 de 52
	Fecha de entrega: 14-mayo-2020	N° de Versión: 01

3.3.1 VENTAJAS

- a) Menor peso por metro lineal de tubería, lo cual facilita su manipulación durante el transporte y la instalación.
- b) Dadas sus características físicas (menor peso), se disminuye el costo de instalación, al requerir menor cantidad de equipo pesado para su manipulación (carga, descarga, colocación).
- c) Menor celeridad y consecuentemente, menores sobrepresiones transitorias. Esto implica un menor requerimiento de dispositivos de protección, tales como válvulas anticipadoras de golpe de ariete, tanques hidroneumáticos, etc.
- d) Menor susceptibilidad a la corrosión.
- e) Considerando la eventual transición del mercado hacia los productos fabricados con dimensiones métricas y bajo normativa internacional (ISO), el uso de esta tecnología podría servir como catalizador de esta.
- f) Ofrece una serie de diámetros no disponibles en el mercado para tubería plástica (315 mm y superiores), que permite su aplicación en obras de mayor envergadura, en las cuales no es posible actualmente aplicar tubería de materiales termoplásticos.
- g) En virtud de sus características físicas y mecánicas, puede sustituir a la tubería de otros materiales, tales como la fundición metálica (usualmente hierro dúctil) y el polietileno.
- h) Si bien es una tecnología novedosa para la gestión institucional, al ser un material conocido (PVC), el personal involucrado en las labores de diseño ya cuenta con una importante base de conocimiento para su implementación en los proyectos institucionales. Por esta razón, el uso de esta nueva tecnología requeriría solamente de capacitación sobre algunos parámetros de diseño específicos y sobre los nuevos rangos de los parámetros ya conocidos, hacia el personal involucrado en las labores de diseño.

3.3.2 DESVENTAJAS

- a) Menor tolerancia a posibles malas prácticas de instalación, dada su menor rigidez.
- b) Por ser una tubería de PVC, no puede utilizarse expuesta al sol, facilidad que si tienen el polietileno y el hierro dúctil.
- c) Mayor dificultad para su interconexión con la mayoría de los sistemas existentes en el país, construidos con tubería de dimensiones IPS; tanto con las líneas de conducción, como con los servicios abastecidos (tomas o

	Informe técnico de Análisis de la Nueva Tecnología «Orientación molecular en termoplásticos aplicada a la tubería de PVC-O»	Página 47 de 52
	Fecha de entrega: 14-mayo-2020	N° de Versión: 01

previstas), ya que requiere accesorios de transición dimensional inusuales en el mercado.

- d) El personal operativo y de construcción podría confundir la tubería PVC-O con la tubería PVC-U a la que está acostumbrado. Para atender este riesgo, se requiere una sensibilización y capacitación de este personal con respecto a la utilización de la tubería fabricada mediante esta nueva tecnología.

3.4 Condicionantes para la aplicación de la NT en AyA

A partir de la información analizada para el presente informe, se han identificado posibles condicionantes para el uso de la NT en AyA:


1. La intención de comercialización de tubería PVC-O en Costa Rica por parte de la empresa MOLECOR es para diámetro 315 mm en adelante. Sin embargo, manifiesta el fabricante que sólo cuenta con accesorios PVC-O hasta diámetro 400 mm. La fabricación de accesorios PVC-O mayores se espera inicie en el año 2021.
2. Para tubería PVC-O de diámetro superior a 400 mm, se requieren accesorios en fundición (véanse los numerales a y b del apartado «3.2.7 Accesorios»).
3. El dimensionamiento de la tubería PVC-O MOLECOR está basado en normas ISO, y el AyA tiene su infraestructura implementada con tubería de dimensiones IPS. Esto va a requerir el uso de accesorios de transición apropiados para ajuste de las diferencias de dimensionamiento entre las tuberías IPS e ISO.
4. Falta certificación de accesorios. MOLECOR indica que estos están respaldados en la norma UNE-CEN/TS 17176-3:2019 «Sistemas de canalización en materiales plásticos para suministro de agua, riego, saneamiento y alcantarillado, enterrado o aéreo, con presión. Poli (cloruro de vinilo) no plastificado orientado (PVC-O). Parte 3: Accesorios», pero que el certificado de estos aún está en curso.
5. Al no tener una base de los costos que esta tubería va a tener finalmente en Costa Rica, no se puede realizar un análisis para conocer si este aspecto representa un beneficio para la Institución en dicho rubro.
6. Para efectos de comercialización en Costa Rica y considerando la información técnica analizada (muestras de color azul), en relación con esta característica la tubería deberá de apegarse a lo indicado en el apartado 4.15.1.6 de la Norma técnica para Diseño y Construcción de sistemas de abastecimiento de agua potable, de saneamiento y pluvial, vigente en Costa Rica (referida a color verde para la fabricación de conductos circulares que se utilicen en sistemas de abastecimiento de agua potable).



4 Conclusiones

Tras realizar el presente estudio y analizar los resultados obtenidos, se concluye lo siguiente:


- 1) El conjunto de diámetros que ofrece el producto MOLECOR basado en la NT, complementa la oferta disponible en el mercado nacional (en cuanto a diámetros) para el uso en conducciones e impulsiones con tubería de unión tipo espiga-campana y material termoplástico (PVC).
- 2) La resistencia a la presión interna de la tubería PVC-O MOLECOR (12.5 – 25 bar) le permite competir con la tubería de otros materiales en conducciones e impulsiones a alta presión; por ejemplo hierro fundido dúctil (HD, rango: 150 – 350 psi, equivalente al rango: 10.3 – 24.1 bar según norma [ANSI/AWWA C151-2017](#), tabla 5 pp.38-39).
- 3) La tubería PVC-O que pretende comercializar la empresa MOLECOR en Costa Rica presenta las mayores prestaciones hidráulicas posibles ($C = 1,4$) según la definición de la norma aplicable: UNE-ISO 16422:2015.
- 4) El módulo de elasticidad del PVC-O con el que se fabrican las tuberías de presión nominal de 12.5 bar, es de 4000 MPa, y para presiones de 16 a 25 bar, es mayor a 4000 MPa. Es decir, si lo comparamos con el valor con el que fabrican la tubería de PVC-U (tradicional) es considerablemente mayor, ya que este oscila entre 1500 y 3000 MPa. Esto permite que la tubería de PVC-O presente presiones nominales mayores, haciéndola aplicable a conducciones sometidas a alta presión, donde normalmente se utiliza tubería de otros materiales (p.ej. HD).
- 5) El módulo de elasticidad del PVC-O es, sin embargo, mucho más bajo que el del hierro dúctil (164 a 169 GPa), lo cual produce sobrepresiones menores cuando se da un transitorio hidráulico en la conducción.
- 6) Considerando los análisis de nueva tecnología para tubería de PVC-O, realizados bajo normas INTE C222:2010 (antes 16-10-04-10) y UNE-ISO 16422:2015, se concluye que la diferencia entre ellas radica en aspectos técnicos que deben ser considerados al momento de su selección para el proceso de diseño.

	Informe técnico de Análisis de la Nueva Tecnología «Orientación molecular en termoplásticos aplicada a la tubería de PVC-O»	Página 49 de 52
	Fecha de entrega: 14-mayo-2020	N° de Versión: 01

5 Recomendación

A partir del proceso de consulta que se llevó a cabo con el equipo técnico, se ha determinado la conveniencia institucional de integrar como solución técnica, el uso de tuberías de Policloruro de Vinilo Orientado, y se recomienda sean valoradas por la Gerencia General bajo las siguientes condiciones:

- 1) Fomentar capacitaciones sobre PVC Orientado con respecto a la normativa pertinente aplicable, para todo el personal especializado que potencialmente atenderá el diseño, manejo, instalación y mantenimiento de la tubería de PVC Orientado, en coordinación con la Dirección de Gestión de Capital Humano, para ser incluido en los cursos de fontanería que realiza el AyA, a efecto de que los procesos constructivos, la selección de los materiales para previstas y la selección de los accesorios, sean acordes con las características de esta tubería.
- 2) En caso de eventual uso, las áreas internas deben de corroborar la disponibilidad de los accesorios de transición dimensional (no siempre disponibles en el mercado) para su aplicación en la interconexión tanto con líneas de conducción, como con servicios abastecidos (tomas o previstas) en la gran mayoría de los sistemas existentes en el país (construidos con tubería de dimensiones IPS).
- 3) Considerar los condicionantes expuestos en el punto 3.4 del presente documento.


	Informe técnico de Análisis de la Nueva Tecnología «Orientación molecular en termoplásticos aplicada a la tubería de PVC-O»	Página 50 de 52
	Fecha de entrega: 14-mayo-2020	Nº de Versión: 01

6 Referencias bibliográficas

- AyA, 2012. «*Ficha Técnica: Policloruro de Vinilo Orientado*». UEN Investigación y Desarrollo, Dirección Desarrollo Tecnológico.
- Molecor Tecnología, S.L., 2018. «*Manual Técnico de Diseño de Redes y Utilización. Tubería de PVC Orientado TOM®*».
- Molecor, 2019. «*Nota de respuesta a referencia No. PRE-UTSAPS-2019-0029 “Análisis Normativo sobre el producto Tubería PVC Orientado”*».
- AENOR, 2015. «*Norma española UNE-ISO 16422:2015. Tubos y uniones de poli (cloruro de vinilo) orientado (PVC-O) para conducción de agua a presión. Especificaciones*».
- Molecor, 2019. *Fabricación de tuberías de PVC Orientado (PVC-O)*.
- Molecor, 2019. *Respuesta AyA UEN-ID-2019-00634*. Carta.
- AyA, 2019. *Oficio No. PRE-UTSAPS-00061. SB-AID-2019-00047 (PVC-O clase 500 “TOM”)*.
- AyA, 2019. *Informe técnico complementario al PRE-UTSAPS-00061*.
- AENOR, 2019. *Certificado AENOR de Producto. Plásticos*.
- Molecor, 2019. Folleto “TOM. La nueva generación de tubería de PVC orientado”.

7 Control de cambios

Nº Versión	Justificación de los cambios	Descripción de los cambios

	Informe técnico de Análisis de la Nueva Tecnología «Orientación molecular en termoplásticos aplicada a la tubería de PVC-O»	Página 51 de 52
	Fecha de entrega: 14-mayo-2020	Nº de Versión: 01

8 Anexos

8.1 Anexo 1

[Correo de solicitud](#)

8.2 Anexo 2

ORIGEN

La Orientación Molecular en polímeros, particularmente para tuberías de PVC a presión, se empezó a utilizar en Inglaterra a finales de los años 70 y en España a principios de los años 90.

La empresa MOLECOR empezó sus operaciones de fabricación de PVC Orientado en España, en el año 2006, disponiendo actualmente de licenciarios en Australia, Italia, Ecuador, Colombia, India, Kazajistán y Canadá, entre otros.

8.3 Anexo 3

[Certificado AENOR de producto 001-006537](#)

8.4 Anexo 4


[Informe Técnico complementario al oficio PRE-UTSAPS-2019-00061](#)

8.5 Anexo 5

[Certificación PLA-6660/17-1](#)

8.6 Anexo 6

[Documento “UEN-ID-2020-00157. Respuestas consultas técnicas AyA”](#)

	Informe técnico de Análisis de la Nueva Tecnología «Orientación molecular en termoplásticos aplicada a la tubería de PVC-O»	Página 52 de 52
	Fecha de entrega: 14-mayo-2020	N° de Versión: 01

8.7 Anexo 7

[Documento en pdf de la presentación expuesta el 26 de marzo de 2020 por parte de MOLECOR](#)

8.8 Anexo 8

[Notas de comentarios y cuestionamientos tomados en la sesión del 26 de marzo del 2020 por la UEN Investigación y Desarrollo](#)

8.9 Anexo 9

1. [Minuta de sesión de trabajo N°01](#) (20-feb-2020)
2. [Minuta de sesión de trabajo N°02](#) (26-mar-2020)
3. [Minuta de sesión de trabajo N°03](#) (24-abr-2020)

8.10 Anexo 10

- [PRE-UTSAPS-2019-00085](#) (se adjuntará con el informe cuando se envíe por SDI)
- [PRE-UTSAPS-2019-00097](#) (se adjuntará con el informe cuando se envíe por SDI)

8.11 Anexo 11

[Certificado de conformidad CMX-CP-2696-2019 Trelleborg Pipe Seals, B.V.](#)