

Tuberías Plásticas

INDEXED

UTILIZACION EN
ABASTECIMIENTOS DE AGUA



ORGANIZACION PANAMERICANA DE LA SALUD
Oficina Sanitaria Panamericana, Oficina Regional de la
ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD

1965

Utilización de
TUBERIAS PLASTICAS

INDEXED

en abastecimientos de agua potable



*Trabajos presentados por el
Profesor Charles A. Farish en
el Simposio celebrado en Cara-
cas, Venezuela, del 21 de octu-
bre al 1 de noviembre de 1963*



Publicación Científica No. 113

Mayo de 1965

ORGANIZACION PANAMERICANA DE LA SALUD
Oficina Sanitaria Panamericana, Oficina Regional de la
ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD
525 Twenty-third Street, N.W.
Washington, D.C. 20037, E.U.A.

CONTENIDO

Capítulo

	Introducción	v
1	Propósitos y papel de la Fundación Nacional de Saneamiento en el campo del saneamiento ambiental.....	1
2	Investigaciones sobre plásticos para determinar la conveniencia de utilizar resinas y compuestos plásticos en sistemas de agua potable....	20
3	Programa de control para la producción de tuberías plásticas sanitariamente aceptables	45
4	Necesidad de mantener control sobre las composiciones plásticas, para asegurar una producción uniforme con materiales plásticos básicos... ..	58
5	Control de la calidad.....	65
6	Las facilidades para el control de la calidad.....	73
7	Consideraciones sobre el uso de tubos plásticos y conexiones para conducción de agua potable.....	83
8	Tipos de materiales plásticos y algunas de sus propiedades básicas..	91
9	Comportamiento del tubo plástico bajo condiciones de ataque o de servicio	99
10	Los puntos de vista de la industria en relación con los plásticos, incluyendo las actividades del Instituto de Tubos Plásticos.....	110
11	Instalación y uso de tubos plásticos, incluyendo características hidráulicas y de flujo.....	119
12	Aceptación de los tubos plásticos por funcionarios de sanidad y de acueductos	134
13	Usos de los plásticos en otros aspectos de la salud pública.....	146
14	Fabricación de tubos plásticos y equipos de producción.....	158

INTRODUCCION

En muchas partes de América Latina es ya una realidad la producción de tuberías plásticas y el uso de éstas se está extendiendo rápidamente.

El impulso de la industria de los plásticos es una actividad que necesita de inversiones relativamente pequeñas y ello conduce a una situación paradójica. Por un lado, es favorable debido a la posibilidad de estimular la producción local, lo que constituye uno de los objetivos principales de los programas de desarrollo, pero por otra parte es muy posible que los fabricantes irresponsables consigan llegar más fácilmente al mercado produciendo materiales que pueden ofrecer peligros para la salud o que no sean técnicamente aceptables.

Por estas razones, el Ministerio de Sanidad y Asistencia Social y el Instituto Nacional de Obras Sanitarias de Venezuela solicitaron a la Organización Panamericana de la Salud que organizara un Simposio sobre la Utilización de Tuberías Plásticas en Abastecimientos de Agua Potable.

El Simposio tuvo lugar en Caracas, Venezuela, del 21 de octubre al 1 de noviembre de 1963, organizado por la Oficina Sanitaria Panamericana, con la ayuda financiera de la Organización de los Estados Americanos, y patrocinado por el Ministerio de Sanidad y Asistencia Social de Venezuela.

Asistieron 70 participantes de Venezuela, provenientes del Ministerio de Sanidad y Asistencia Social, del Instituto Nacional de Obras Sanitarias, de universidades, industrias privadas y del Banco Obrero. Además estuvieron presentes 15 participantes provenientes de Argentina, Brasil, Colombia, Costa Rica, Chile, Jamaica, México, Panamá, Perú, Trinidad y Dominica.

La preparación del material para el Simposio estuvo a cargo del Profesor Charles A. Farish, Director Ejecutivo de la *National Sanitation Foundation* (Fundación Nacional de Saneamiento) de la Universidad de Michigan, Ann Arbor, Michigan, Estados Unidos de América, institución que está reconocida como una de las autoridades dirigentes en este campo. El Profesor Farish presentó personalmente sus trabajos—que esencialmente consistieron en una presentación de las experiencias de la Fundación Nacional de Saneamiento sobre tuberías plásticas—y contestó las diversas preguntas sobre el tema que le formularon los participantes.

La Organización Panamericana de la Salud decidió publicar en esta obra los trabajos del Profesor Farish por considerar que los que se interesan en el campo del abastecimiento de agua en la América Latina encontrarán en ellos una fuente permanente de valiosa información que les será de utilidad en las actividades que lleven a cabo en sus países respectivos.

Lista de abreviaturas usadas en el texto

ABS	Acrilonitrilo-butadieno-estireno
ASTM	<i>American Society for Testing Materials</i> (Sociedad Americana de Ensayos de Materiales)
AWWA	<i>American Water Works Association</i> (Asociación Americana de Sistemas de Abastecimiento de Agua)
DVW	<i>Drain-Waste and Vent Piping</i> (tuberías para desagüe, desechos y ventilación cloacal)
FNS	Fundación Nacional de Saneamiento
nSf	Sello de Aprobación de la Fundación Nacional de Saneamiento
OTA	Ortotolidina-arsenito
PE	Polietileno
psi	<i>Pounds per square inch</i> (libras por pulgada cuadrada)
PVC	Cloruro de polivinilo
RMP	<i>Rubber-modified-polysterene</i> (poliestireno modificado al caucho)
SDR	<i>Standard Dimension Ratios</i> (Relaciones Dimensionales Normales)

La mención del nombre comercial de ciertos productos no implica, en modo alguno, que la Oficina Sanitaria Panamericana los apruebe o recomiende con preferencia a otros análogos.

CAPITULO 1

Propósitos y papel de la Fundación Nacional de Saneamiento en el campo del saneamiento ambiental

Ya desde épocas antiguas, los problemas ambientales han sido definidos como los factores hostiles del ambiente con los que se enfrenta el hombre en su lucha por la supervivencia. Hasta el hombre primitivo percibía ya los peligros que le presentaba su ambiente natural, entre ellos el calor y el frío, los problemas de alimentación, los insectos y los ataques de los animales salvajes. Así, a través de los siglos, el hombre se ha visto obligado a combatir con su ambiente. Durante períodos enteros de nuestra civilización la lucha contra los problemas ambientales consistía en simple lucha por la supervivencia. Hoy en día, en nuestra cultura moderna, las prácticas de higiene y saneamiento ambiental representan, más que una lucha por la supervivencia, métodos y maneras de prosperar. Muchos de los problemas ambientales que han azotado al hombre han sido creados por él mismo. El hombre de las cavernas resolvía un problema ambiental al aprender a preparar una hoguera para calentar su cuerpo y cocinar sus alimentos, pero al hacerlo, contaminaba su caverna con gases y productos de combustión. Esto le enseñó a tomar medidas de control, tales como la construcción de hogueras fuera de su caverna. El hombre moderno continúa cometiendo errores similares a los del hombre primitivo, al contaminar el aire que respira, el agua, su lugar de trabajo o los alimentos necesarios para su supervivencia.

Hoy en día tenemos la suerte de contar con

científicos que luchan constantemente contra los peligros actuales de nuestro ambiente. La combinación de talentos que trabajan en el campo de la salud pública forman el escudo necesario para que el hombre no llegue a destruirse a sí mismo, al abusar del ambiente en que vive.

La labor del profesional en saneamiento ambiental no es fácil, pues muchas cualidades son necesarias para enfrentarse a la gran variedad de problemas que surgen diariamente. Como resultado de esta necesidad se creó la Fundación Nacional de Saneamiento ("National Sanitation Foundation"), la cual tiene como propósito el ayudar a encontrar soluciones a algunos de los problemas de saneamiento ambiental.

A continuación aparecen cinco puntos generales, algunos de los cuales proporcionarán datos básicos sobre la Fundación Nacional de Saneamiento (FNS), y otros suministrarán detalles acerca de programas específicos, tales como las Normas de la Fundación, que deben cumplir los equipos necesarios a utilizarse en la preparación, expendio, etc., de alimentos.

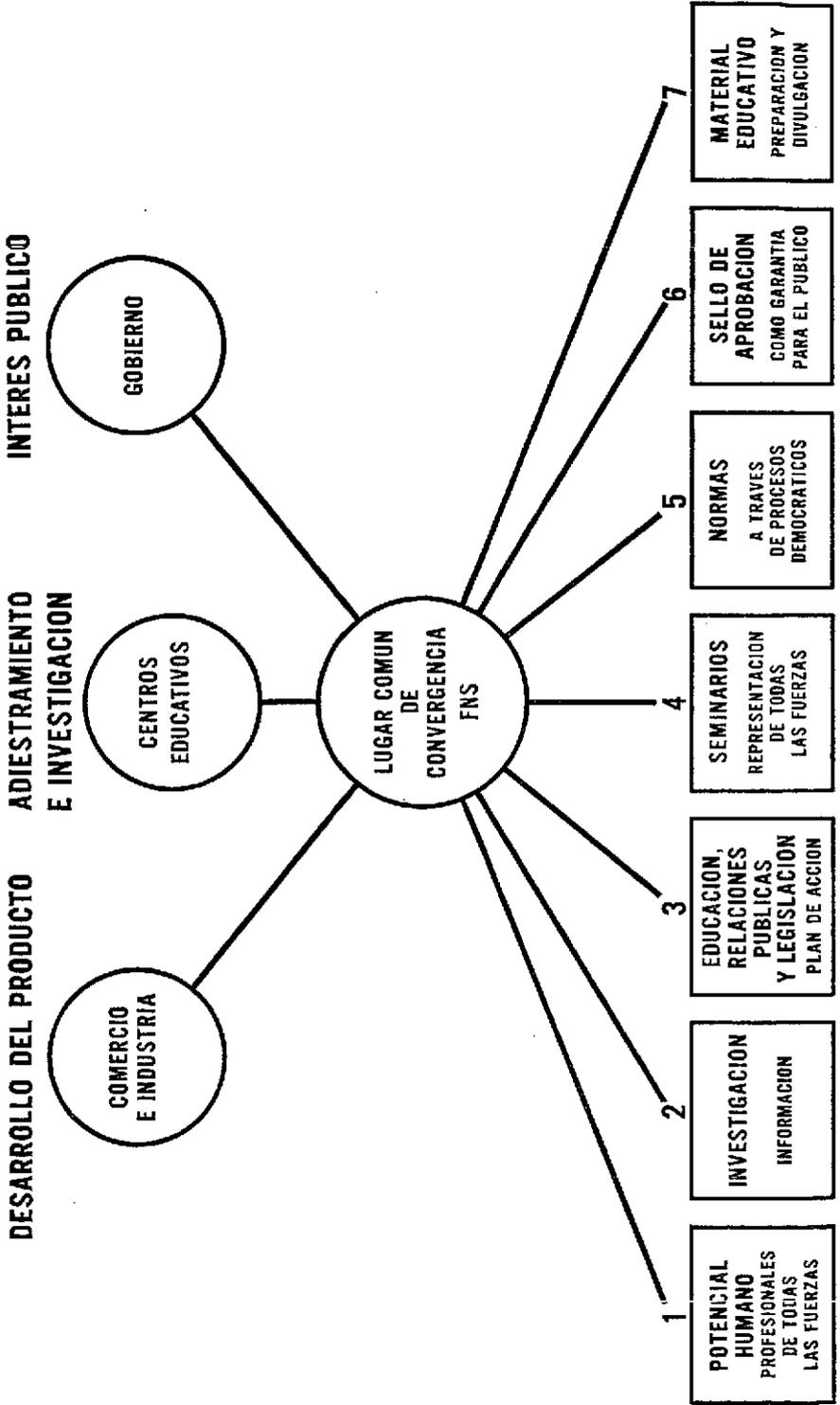
Los cinco puntos son los siguientes:

- 1) Historia y organización de la Fundación.
- 2) Estructuración de la Fundación.
- 3) Normas de la Fundación.
- 4) Funciones del Laboratorio de Ensayos de la Fundación.
- 5) Significado del Sello de Aprobación de la Fundación para las autoridades sanitarias.

FIGURA 1

LAS TRES GRANDES FUERZAS

INDUSTRIA • CENTROS EDUCATIVOS • GOBIERNO



HISTORIA Y ORGANIZACION DE LA FUNDACION

La Fundación Nacional de Saneamiento es un organismo voluntario, privado, sin fines de lucro, que trabaja en el campo del saneamiento que se relaciona con el ambiente total. Fue organizada en 1944 por un pequeño grupo de dirigentes nacionales de la industria, el comercio y la salud pública, con el fin de buscar nuevos datos en la ciencia de la salud pública que la elevaran al nivel del desarrollo tecnológico de la industria y de los problemas modernos con que se enfrentan los funcionarios de salud pública en sus labores. Tenía, además, el propósito de fomentar programas educativos y servicios de saneamiento en colaboración con todos los interesados, y el de buscar soluciones a todos los problemas relacionados con la higiene. Este organismo actúa como un elemento de enlace entre la industria y las autoridades de salud pública.

La Fundación está subvencionada por donaciones, obsequios y legados de industrias, asociaciones, fundaciones y particulares. Los fondos se utilizan de acuerdo con planes aprobados por el Consejo de Comisarios de la FNS.

El personal administrativo consta de un Presidente, un Vice-Presidente y un Director Ejecutivo. Entre los miembros del Consejo de Comisarios se cuentan representantes de la industria y de la salud pública.

El pequeño grupo que al reunirse en 1944 representaba las tres grandes fuerzas constituidas por el Gobierno, la empresa privada y las universidades, esbozó un programa de siete puntos, el cual debería establecer los principios y fijar las bases sobre las cuales se organizarían las labores de la Fundación Nacional de Saneamiento.

La figura 1 ilustra el programa de siete puntos que se describe a continuación:

1) Es necesaria la presencia de personas pertenecientes a los más altos círculos de la industria y del Gobierno, que tengan experiencia que los capacite para reconocer los problemas y las responsabilidades tanto propias como mutuas.

2) Con un grupo semejante que proporcione una guía y dirección generales, deberá ser posible

delinear y promover actividades en áreas importantes que tienen necesidad particular de experimentación, investigación y verificación.

3) Al existir los dirigentes, y al adquirirse conocimientos, los esfuerzos deben estar orientados a mejorar y simplificar los aspectos legales de los diferentes campos de interés mutuo. Esto entraña, necesariamente, un gran desarrollo de las relaciones públicas y de la actividad educativa, dirigidas hacia los industriales y comerciantes, los que proponen y promulgan las leyes y reglamentos, y los que velan por su cumplimiento. En la medida de lo posible, la enseñanza práctica, basada en hechos, debe tener prioridad sobre la coerción y sanción legal.

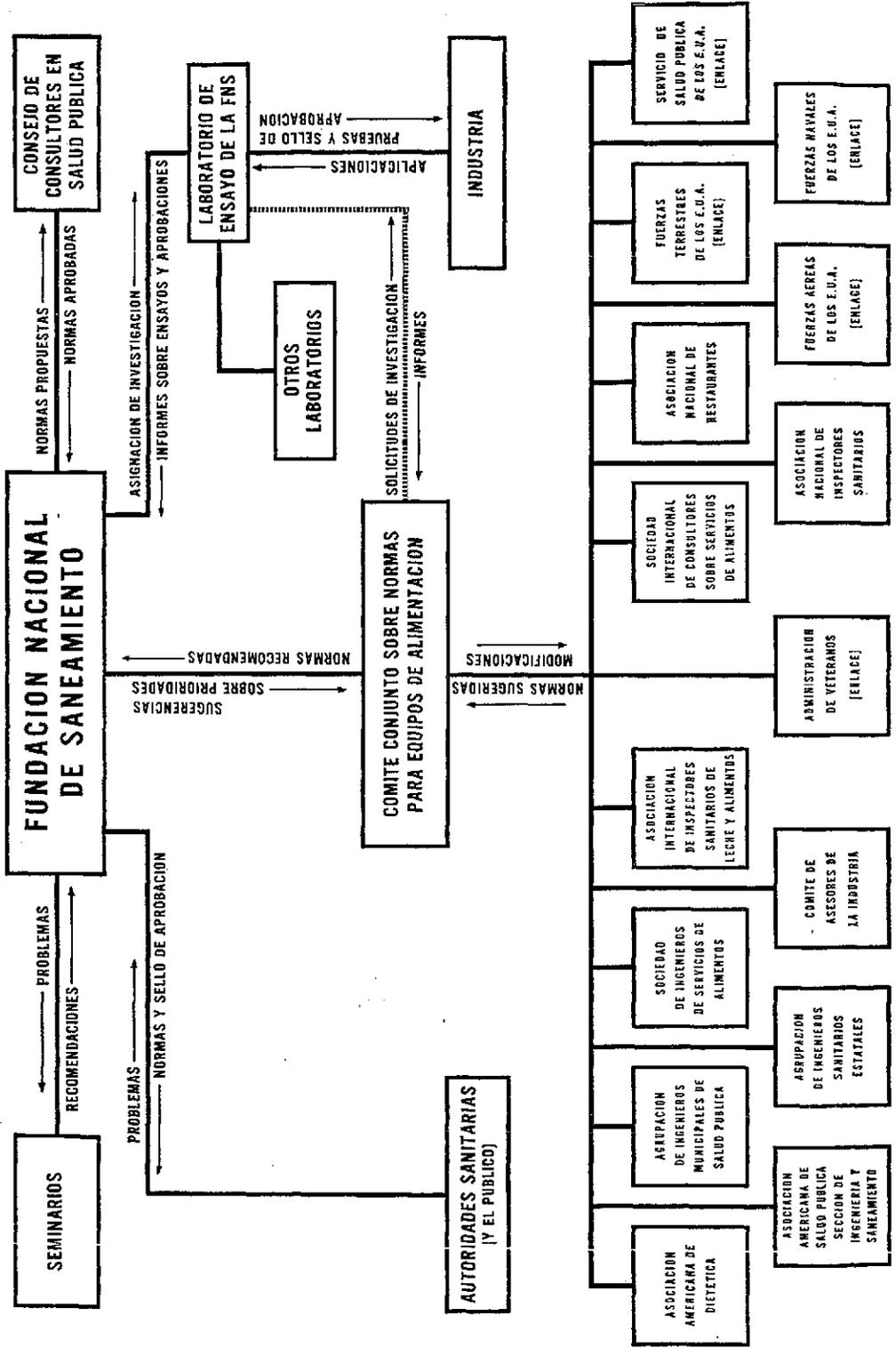
4) Como parte importante de este enfoque positivo, deben organizarse reuniones y consultas sobre los diferentes tipos de problemas, especialmente en lo relativo a nuevos conocimientos objetivos adquiridos. Para ello es necesaria la representación de todas las partes interesadas.

5) Con los conocimientos derivados de la investigación científica y su divulgación, así como de la discusión de sus implicaciones en seminarios y otros tipos de reuniones, deberán desarrollarse normas prácticas, que aseguren legalmente al industrial una uniformidad del producto y den al público adecuada protección.

6) El desarrollo de normas de solidez científica y de aplicación práctica engendra la necesidad de una designación formal para el caso de cumplimiento de dichas normas. Esto condujo al concepto del Sello de Aprobación de la Fundación Nacional de Saneamiento, y a su vez al desarrollo de una segunda corporación, el Laboratorio de Ensayos de la FNS, que presta sus servicios a la industria sobre una base retributiva. Estas relaciones se ilustran en la figura 2.

7) Ningún individuo, por sí solo, tiene derecho a establecer una norma para la Fundación Nacional de Saneamiento. Esto solamente puede ser hecho por un grupo de expertos debidamente designados. De la misma manera, ningún individuo, por sí solo, tiene derecho a aplicar el Sello de Aprobación, excepto en el caso en que se esté de acuerdo con las normas. Para realizar a cabalidad las actividades y lograr los fines de la organización, se necesita un programa planificado para el desarrollo y la divulgación de material educativo de todo tipo. A este fin, se consideran todos los

FIGURA 2



posibles medios de comunicación y se alcanzan diferentes clases de auditorios.

El amplio programa de siete puntos de la Fundación Nacional de Saneamiento en el campo del saneamiento ambiental puede ser resumido como sigue: 1) personal entrenado, 2) investigación en el campo del saneamiento ambiental, 3) seminarios nacionales sobre saneamiento para discutir problemas ambientales, 4) el Laboratorio de Ensayos de la Fundación Nacional de Saneamiento, 5) educación sanitaria y relaciones públicas, 6) publicaciones y normas, y 7) libros de texto sobre saneamiento.

Este programa de siete puntos, que implica una colaboración entre las ramas de la industria, del comercio y los organismos gubernamentales de salud, tiene como propósito el proporcionar servicios al público. La Fundación, a través de su programa de mejoramiento del ambiente físico-biológico y social, se dedica a evitar enfermedades, promover la salud y elevar el nivel de vida en los Estados Unidos. Los esfuerzos que se dedican a la educación e investigación, el desarrollo de normas, la promoción de los seminarios nacionales de saneamiento tales como los "Congresos de Saneamiento Ambiental" que se llevaron a cabo en junio de 1959, en junio de 1961 y en junio de 1963, así como las demás ramas del programa de la Fundación, siguen ampliándose y fortaleciéndose constantemente para poder proporcionar mejores servicios a los funcionarios de saneamiento, a la industria y al público en general.

ESTRUCTURACION DE LA FUNDACION

La Fundación posee varias clases de comités, formados tanto por funcionarios de salud pública como por miembros de las empresas industriales. Tal vez el mejor conocido por los funcionarios de salud pública es el Comité Conjunto sobre Normas para Equipos de Alimentación. La figura 2 ilustra la organización de este Comité, que es la siguiente:

El Comité está formado por miembros de las organizaciones profesionales y sanitarias que se

mencionan a continuación, así como por miembros de asociaciones interesadas. Los miembros de este Comité son elegidos por la organización específica que representan en el seno del mismo. Las organizaciones son las siguientes:

- 1) *American Dietetic Association* (Asociación Americana de Dietética).
- 2) *American Public Health Association* (Asociación Americana de Salud Pública, Sección de Ingeniería y Saneamiento).
- 3) *Conference of Municipal Public Health Engineers* (Agrupación de Ingenieros Municipales de Salud Pública).
- 4) *Conference of State Sanitary Engineers* (Agrupación de Ingenieros Sanitarios Estatales).
- 5) *Food Facility Engineers Society* (Sociedad de Ingenieros de Servicios de Alimentos).
- 6) *Industry Advisory Committees* (Comités Asesores de la Industria).
- 7) *International Association of Milk, Food, and Environmental Sanitarians* (Asociación Internacional de Inspectores Sanitarios de Leche y Alimentos).
- 8) *International Society of Food Service Consultants* (Sociedad Internacional de Consultores sobre Servicios de Alimentos).
- 9) *National Association of Sanitarians* (Asociación Nacional de Inspectores Sanitarios).
- 10) *National Restaurant Association* (Asociación Nacional de Restaurantes).
- 11) Fuerzas Aéreas de los Estados Unidos (Enlace).
- 12) Fuerzas Terrestres de los Estados Unidos (Enlace).
- 13) Fuerzas Navales de los Estados Unidos (Enlace).
- 14) Servicio de Salud Pública de los Estados Unidos (Enlace).
- 15) Administración de Veteranos (Enlace).

El Comité Conjunto sobre Normas para Equipos de Alimentación trabaja en el desarrollo de las diferentes normas de la Fundación. Las normas no son consideradas por el personal de la FNS como una medida mágica que resuelva los problemas de saneamiento. Son el resultado del trabajo de las organizaciones sanitarias nombradas anteriormente, y de comités industriales

seleccionados por la empresa para cuyo equipo se está preparando una norma específica. Toda persona que considere que el Comité Conjunto no toma debidamente en cuenta la voz de los organismos de sanidad, puede formular recomendaciones a través de las organizaciones a las cuales pertenecen, como por ejemplo, la Agrupación de Ingenieros Sanitarios Estatales; tales sugerencias y recomendaciones pasan a ser objeto de cuidadosa consideración por el Comité.

El Comité puede sugerir la formación de comités especiales de salud pública, compuestos por personal sanitario calificado en un campo particular, con el fin de preparar el anteproyecto de una norma. Este procedimiento se aplicó en el caso de la Norma No. 6, sobre los Congeladores Aprovechadores, la Norma No. 7, sobre Refrigeradoras y Congeladores Comerciales, la Norma No. 8, titulada "Equipo para la Preparación de Alimentos Empaquetados a Mano o Mecánicamente", y la Norma sobre el Equipo de Preparación de Hielo que actualmente prepara la Fundación Nacional de Saneamiento. El sistema ha acelerado el desarrollo y aceptación final de las normas, y el Comité Conjunto ha recomendado que se siga el mismo procedimiento para el desarrollo de normas adicionales.

La Fundación utiliza los servicios de comités especiales, formados por personal profesional calificado en una especialidad particular, para preparar criterios o normas, o para esbozar programas cuyos temas sobrepasen las funciones primordiales del Comité Conjunto sobre Normas para Equipos de Alimentación. El programa de tubos plásticos fue desarrollado por un comité de este tipo, formado por ingenieros sanitarios estatales, en cooperación con el Comité Industrial. Este programa está tomando la forma de una Norma sobre Plásticos, de la cual se darán más detalles en el capítulo 10 de esta obra.

Hay otros comités conjuntos trabajando en el programa de la Fundación Nacional de Saneamiento, tales como el Comité Conjunto sobre Equipos para Piscinas. Este Comité ha preparado Normas sobre Filtros de Diatomáceas, Canales de Rebose-Espumaderos y Filtros de

Arena y está considerando otras normas relativas al funcionamiento de piscinas.

El Consejo de Consultores en Salud Pública, que actúa como junta de aprobación final de las normas de la FNS es designado por la Comisión Ejecutiva de la Fundación, sobre la base de méritos profesionales y de representación regional. En una reunión reciente de la Junta Ejecutiva, el Consejo recomendó a la Fundación la designación de un grupo general de expertos en salud pública, que se dividiera luego en pequeños comités consultivos según las diferentes especialidades en el campo del saneamiento ambiental. Esta estructuración sería muy valiosa para el personal administrativo de la FNS, en la organización y desarrollo de los programas generales a través de los cuales la Fundación puede servir al personal de saneamiento de América.

NORMAS DE LA FUNDACION

Las normas de la Fundación han sido desarrolladas por personal de saneamiento y por grupos industriales que han visto la necesidad de obtener uniformidad en las especificaciones. Para la industria, la falta de normas y de especificaciones uniformes ha representado confusiones y gastos inútiles. Durante muchos años, las autoridades de salud han preparado reglamentos y ordenanzas tocantes al saneamiento de los establecimientos de preparación y expendio de alimentos. Pero esto ha implicado que los departamentos de salud pública tengan que responsabilizarse con la aceptación de diferentes tipos de equipos para la preparación y expendio de alimentos sin contar con especificaciones definitivas para los mismos. Los fabricantes de equipos a menudo se encuentran con diferentes requisitos en cada Estado; muchas veces hasta existen reglamentos e interpretaciones contradictorias dentro de los límites de un mismo Estado. Esta confusión ha originado dudas en muchos fabricantes, sobre la idoneidad profesional de algunos funcionarios de saneamiento, quienes exponen libremente opiniones contra-

dictorias sobre lo que ellos llaman *requisitos esenciales de saneamiento* para los equipos de preparación y expendio de alimentos. Muchos dirigentes en el campo del saneamiento reconocieron la necesidad de contar con normas uniformes. Gracias a sus esfuerzos, la Asociación Americana de Salud Pública y la Agrupación de Funcionarios Estatales y Territoriales de Sanidad pidieron que la Fundación "desarrolláse normas para diferentes fases de saneamiento".

Las normas deben basarse en *hechos* y en la *experiencia* adquirida en la práctica cabal de la ingeniería y del saneamiento. En muchos casos, la preparación de una norma individual precisa la obtención de datos adicionales; la investigación científica, por lo tanto, se hace necesaria. No nos referimos a las investigaciones que *un fabricante dado o un individuo pueda requerir para sus propios intereses*, sino a las *investigaciones que conciernen los intereses de todo un ramo de la industria y de los funcionarios de salud pública, y cuyo fin es dar un servicio a la colectividad*. Además, al reunirse personas con intereses mutuos para estudiar un problema dado, esbozar las necesidades originales, revisar los diferentes informes sobre la marcha de los trabajos de investigación, *se realiza un programa pre-educativo*. Los representantes de la industria llegan a conocer y a respetar los problemas del funcionario de saneamiento, y el funcionario de salud pública llega a apreciar los problemas de producción en la industria. Por lo tanto, *se desarrolla automáticamente un proceso educativo*.

La Norma No. 3, sobre máquinas para lavar platos por aspersión, no pudo ser aprobada sino al terminarse la investigación correspondiente. La industria de equipos de lavaplatos ha reconocido la necesidad de revisar la Norma No. 3 para aumentar su eficacia, de lo que han surgido nuevas interrogantes. El Laboratorio de Ensayos de la Fundación Nacional de Saneamiento está estudiando, a petición de la industria interesada, los diferentes problemas que se le han presentado tanto a la industria como a los Comités de Normas de Salud Pública. Ahora, cuando los resultados de las investigaciones están propor-

cionando información adicional, las normas pueden revisarse, y hacerse más significativas para la industria y para las autoridades sanitarias, proporcionando, además, mayor protección para la salud pública.

Todo programa eficaz de normas de salud pública debe tener como objetivo el prestar servicios al público. Entonces, puede también ser útil para los fabricantes de los equipos, los usuarios de los mismos y las autoridades sanitarias que son las responsables de su cumplimiento. El beneficio será general, ya que la uniformidad en el diseño y construcción hace posible el cumplimiento de reglas fundamentales de saneamiento. Un programa exitoso de normas debe hacerse a la luz pública—sin secretos—y debe servir a todos los intereses, pues de lo contrario no existiría el concepto de "norma". Ningún grupo debe ser favorecido y, en la medida de lo posible, debe asegurarse la completa participación de todas las partes interesadas. Este procedimiento democrático puede retrasar en uno o dos años la adopción final de una norma, pero el éxito y la aceptación de la misma por los que la utilizan, depende de la oportunidad que éstos tienen de hacerse oír durante el período de preparación. No es solamente el grupo industrial organizado el que debe participar en la preparación de una norma, sino también el fabricante que no es miembro de un grupo. Las normas no deben afectar las fuerzas competidoras de la industria—no pueden favorecer un sector de la industria para la desventaja de otro.

La experiencia de la Fundación ha hecho ver que las normas complementan las ordenanzas de los establecimientos para la preparación y el expendio de alimentos y proporcionan a las gerencias de los restaurantes y al inspector sanitario un medio de evaluar el equipo que ha sido diseñado y fabricado de acuerdo con los principios de saneamiento.

Cuatro conceptos fundamentales de saneamiento están comprendidos en todas las normas de la FNS; éstos especifican que la construcción del equipo debe ser: 1) de materiales ade-

cuados, no tóxicos, de fácil limpieza, y que no se astillen, agrieten ni se mezclen con el alimento. El diseño y la construcción debe permitir: 2) facilidad de limpieza; 3) eliminación de todo posible refugio para insectos, polvo o bacterias, y 4) protección de los alimentos.

El verdadero valor de las normas de saneamiento se determina por su aceptación por parte de todos los sectores interesados, el fabricante, los que utilizan los equipos y las autoridades sanitarias. Los fabricantes utilizarán las normas si sus clientes lo exigen. Los compradores exigirán estas especificaciones si las autoridades sanitarias hacen énfasis en su significado.

Generalmente, donde los departamentos de salud pública no exigen el cumplimiento de las normas de la FNS, los fabricantes que abastecen las jurisdicciones correspondientes a dichos departamentos abandonan el Programa del Sello de Aprobación. Se sabe por experiencia que algunos industriales no vacilarían en violar las normas si ello contribuye a aumentar sus beneficios económicos, y si encuentran algunas áreas en las cuales pueden vender equipos deficientes, de inmediato abarrotarán el mercado de esas zonas con éstos. Estas personas no cambiarán de actitud, a menos que las autoridades sanitarias, o los arquitectos que diseñan los equipos les inciten a ello. Por su parte, los arquitectos especificarán diseños que concuerden con las normas de la Fundación Nacional de Saneamiento al saber que las autoridades sanitarias exigen un equipo de fácil limpieza.

Muchos de estos problemas pueden solucionarse mediante el establecimiento de programas educativos y con un buen sistema de relaciones públicas. Los esfuerzos en materia educativa son necesarios, pues la experiencia ha demostrado que las industrias no conocen al funcionario profesional de salud pública que trabaja en cuestiones de saneamiento. Esta actitud está cambiando, y la asociación de trabajo más estrecha que existe hoy en día entre la industria del restaurante y los funcionarios de salud pública, a través del programa de normas de la Fundación, es un factor importante en el con-

cepto moderno de promover una colaboración masiva en el campo del saneamiento.

La Fundación ha publicado ocho Normas y dos Criterios. Varios Criterios adicionales han sido aprobados por el Consejo de Consultores en Salud Pública y serán puestos en vigor a fines de este año. Las Normas que han sido concluidas, y las que están todavía en preparación, abarcarán casi por completo las diferentes partes de los equipos utilizados en el campo del saneamiento de los alimentos. Muchas personas creyeron erróneamente que la Fundación restringía su trabajo al campo de las normas de equipos para elaboración, expendio, etc., de alimentos. Este no es el caso, pues la Carta Constitutiva de la Fundación establece que ésta llevará a la práctica, "investigaciones y programas educativos en el campo del saneamiento ambiental". El programa de la Fundación es amplio y no se restringe a un área o especialidad del campo general del saneamiento. Más adelante se tratará detalladamente de los diferentes programas de la Fundación.

FUNCIONES DEL LABORATORIO DE ENSAYOS DE LA FUNDACIÓN

El Laboratorio de Ensayos de la Fundación es propiedad de la misma y fue organizado a petición de la industria y de los funcionarios de saneamiento, con fines de proporcionar facilidades de investigación a la FNS. La finalidad del Laboratorio es la investigación científica en el campo del saneamiento, el ensayo y evaluación de equipos y productos, con miras a verificar que los mismos cumplen con las normas de la Fundación, y la administración y control del Sello de Aprobación de ésta. El Laboratorio puede proceder al examen de los productos sobre la base de una remuneración específica, o bien puede preparar un presupuesto para el examen relativo al cumplimiento de las normas de la FNS. Todo el personal administrativo del Laboratorio está constituido por profesionales de salud pública que trabajan en el campo del saneamiento, y que gozan de gran experiencia por haber pertenecido

a organismos gubernamentales, tanto locales como estatales y federales, así como también a universidades, en la enseñanza de materias relacionadas con el saneamiento ambiental.

El Laboratorio de Ensayos no es el órgano responsable de la preparación de las Normas de la Fundación. El Director Ejecutivo del Laboratorio es también Secretario del Comité Conjunto de Normas para Equipos de Alimentación, así como también de otros comités conjuntos de la misma, y por ello puede formular sugerencias a los miembros de comités, basándose en las experiencias del personal del Laboratorio en los ensayos y evaluación de equipos, utilizando las normas existentes. La función principal del Laboratorio es la administración y control del Sello de Aprobación de la Fundación, actualmente en vigencia para más de 650 fabricantes, para ser estampado en más de 12.000 productos o partes de equipos. El cuadro 1 muestra el desarrollo del Programa del Sello de Aprobación, en lo que se refiere a equipos para alimentos.

El uso del Sello de Aprobación tiene validez por un año. Toda prórroga subsiguiente es otorgada por el Consejo de Directores del Laboratorio de Ensayos, previa presentación de un

informe satisfactorio sobre un nuevo estudio de los productos que van a ser aprobados, realizado en el sitio de fabricación. Por lo tanto, el personal autorizado del Laboratorio de Investigaciones de la Fundación debe tener acceso a las diferentes fábricas a toda hora y sin previo aviso. El Sello de Aprobación se otorga a los fabricantes de equipo según un acuerdo por el cual el fabricante se compromete a cumplir con los requisitos de la Fundación, en lo relativo al uso del Sello de Aprobación. En el caso de las industrias plásticas, durante los primeros años del programa se encontró que era más conveniente celebrar contratos formales con los fabricantes, en lugar de desarrollar una norma específica para plásticos. Los contratos describen más detalladamente (en forma legal), los Estatutos que rigen el uso del Sello de Aprobación. Por ejemplo, el contrato con proveedores de materiales plásticos tales como Dow, Du Pont, Tenn, Eastman, Union Carbide y otros, establece que el fabricante ha de archivar, con el Director del Laboratorio, una copia de la composición de cada material que va a ser ensayado, y permitirá la utilización de los expedientes correspondientes a los materiales que suministran a los fabricantes de tubos o piezas de conexión que usan el

CUADRO 1—Número de empresas que utilizan el Sello de Aprobación de la FNS sobre productos contemplados en cada norma o criterio.*

Normas	Número de plantas industriales, por año, que aplican las normas especificadas									
	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963
Norma No. 1.....	7	10	11	11	14	14	18	19	19	24
Norma No. 2.....	51	69	99	126	162	180	186	194	195	201
Norma No. 3.....	8	12	14	15	15	18	18	18	19	20
Norma No. 4.....	—	—	—	—	28	41	52	61	78	86
Norma No. 5.....	—	—	—	—	—	—	2	5	6	8
Norma No. 6.....	—	—	—	—	—	3	7	7	9	8
Norma No. 7.....	—	—	—	—	—	—	—	—	10	19
Criterio sobre Expendios										
C-1	—	—	—	—	8	20	25	25	27	32
Criterio sobre Expendios										
C-2	—	—	1	5	8	13	16	19	29	33
TOTAL	66	91	125	157	235	289	324	348	392	431

* Los datos corresponden al 1 de enero de cada año, desde la fecha en que el Laboratorio de Ensayos comenzó a autorizar su uso en equipos.

CUADRO 2—Número de empresas que utilizan el Sello de Aprobación de la FNS sobre materiales plásticos, tuberías y accesorios, y otros productos plásticos.*

Productos	Número de plantas industriales por año							
	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963
Materia prima	12	19	20	23	26	27	25	24
Tubos y conexiones.....	36	55	59	62	74	72	71	78
Tubos de inmersión y accesorios.....	—	—	—	6	6	10	9	7
TOTAL	48	74	79	91	106	109	105	109

* Los datos corresponden al 1 de enero de cada año, desde la fecha en que el Laboratorio de Ensayos comenzó a autorizar su uso en productos plásticos.

Sello. Uno de los fabricantes manifestó que "no revelaba sus fórmulas a nadie, y que no nos permitiría ver sus documentos". Cortésmente se le informó que en caso de que deseara utilizar el Sello de Aprobación de la Fundación Nacional de Saneamiento debería someterse a los mismos requisitos que las otras industrias. Después de haber inspeccionado el Laboratorio de la FNS, tanto legal como técnicamente, el fabricante firmó contrato con la Fundación y continúa renovándolo anualmente desde hace seis años. Sus fórmulas, al igual que las de los otros fabricantes, se encuentran en las bóvedas de un banco, donde están disponibles en el caso de que surja algún problema en el momento de volver a examinar los materiales.

En 1959, aumentaron los ensayos en el Laboratorio, debido a la expansión del programa de investigaciones de tuberías plásticas, con el fin de verificar si las características físicas de los tubos de polietileno cumplen con las Normas Comerciales del Departamento de Comercio de los Estados Unidos. Esta medida fue tomada a petición de los ingenieros sanitarios estatales,

quienes opinaron que el Sello de la Fundación en el tubo plástico no solamente debería ser una garantía del producto desde el punto de vista sanitario, sino también desde el punto de vista físico. En los contratos que se firmaron con los fabricantes de tubos plásticos en 1960, se amplió la disposición relativa a las investigaciones de carácter físico, para incluir en ellas los tubos de PVC (cloruro de polivinilo) y de ABS (Copolímero de acrilonitrilo butadieno-estireno). Desde entonces, se han tomado las medidas necesarias para efectuar los ensayos físicos de tuberías de otros tipos de materiales plásticos.

Las Normas Comerciales del Departamento de Comercio de los Estados Unidos que rigen el uso del polietileno, del cloruro de polivinilo y del acrilonitrilo butadieno-estireno se están revisando, con miras a establecer una clasificación de la presión de cada tubo utilizado para agua y los requisitos de ensayo especificados en estos documentos deben utilizarse como base de las pruebas físicas que se realicen con tubos plásticos construidos con los materiales anteriormente citados. A medida que se dispone de nuevas

CUADRO 3—Número de empresas que utilizan el Sello de Aprobación de la FNS sobre filtros del tipo de diatomeáceas, para aplicaciones en el campo de las piscinas.*

Producto	Plantas Industriales por Año 1963	Número de Filtros
Filtro del tipo de diatomeáceas.....	11	549

* Los datos corresponden al 1 de enero de cada año, desde la fecha en que el Laboratorio de Ensayos comenzó a autorizar su uso en filtros del tipo de diatomeáceas.

normas comerciales para otros tipos de tuberías plásticas o se efectúan revisiones a las normas actuales, automáticamente entran en vigor sujetas a los términos del contrato con la Fundación Nacional de Saneamiento. El Sello de Aprobación no se otorga a los fabricantes de tubos por el solo hecho de que sus productos cumplen con normas comerciales, a menos que también llenen los requisitos establecidos en las normas de la FNS. Este programa de ensayos científicos es adicional a la evaluación química que determina la seguridad sanitaria del tubo plástico.

Debido a la gran producción de tubos de polietileno con resinas de baja calidad o de residuos de plástico, fue necesario que el Laboratorio de Ensayos exigiera a los abastecedores de materiales el añadir un elemento indicador inocuo a las resinas de polietileno aprobadas. De esta manera, mediante el uso de un espectrógrafo de emisión, se puede determinar rápidamente si un fabricante de tubos ha utilizado solamente resina virgen o si ha añadido otros materiales residuales o tóxicos.

Recientemente, se exigió a cierto fabricante el reemplazo de más de 12.000 metros de tubo que no cumplían con los requisitos. El organismo gubernamental que había adquirido las tuberías sometió muestras al Laboratorio de la FNS; al determinarse que el tubo no fue producido con las resinas aprobadas, el personal de la Fundación consiguió otra muestra de dichas tuberías y realizó nuevos ensayos que confirmaron los resultados originales. Tal investigación complació mucho al organismo gubernamental, y le permitió cambiar el artículo comprado por otro, fabricado con materiales aprobados. Seguramente el fabricante interesado no volverá a repetir su error.

La Fundación cuenta con un Comité Consultivo Industrial, con el cual se discuten las proposiciones de revisión de los contratos anuales. Por otra parte, por lo menos dos veces al año se celebran reuniones con los representantes de la industria de los plásticos, para darles a conocer algunos de los problemas que afectan la aprobación continua de sus productos.

Como es de suponer, la mayor parte de la industria es honrada y no trataría de engañar al público con sus productos. Sin embargo, existen personas interesadas únicamente en ganar dinero lo más rápidamente posible, las cuales harían cualquier cosa para aumentar sus ventas. Es a este pequeño porcentaje de la industria que el Programa del Sello de Aprobación de la Fundación Nacional de Saneamiento infunde la disciplina necesaria, y los dirigentes de la industria que buscan un desarrollo estable y por largo plazo, así como la aceptación de sus productos, reconocen el verdadero significado del Programa.

Se han recibido peticiones de Alemania, Suecia, España, Finlandia, Bélgica, Francia, Italia, Japón y Brasil, de investigación de materiales y tubos plásticos, con el fin de permitir su exportación a los Estados Unidos, sellados con el Sello de Aprobación de la Fundación Nacional de Saneamiento. Recientemente, tres fabricantes japoneses pasaron casi un día entero en las oficinas del Laboratorio, tratando de organizar un viaje al Japón para que se examinaran sus tubos plásticos. Este problema fue considerado por el Consejo de Comisarios de la FNS y se determinó restringir por el momento los servicios del Laboratorio a los Estados Unidos y a los países cercanos. Esta decisión fue necesaria, pues no se cuenta todavía con las facilidades físicas ni el personal suficiente como para convertirlo en un Laboratorio Internacional de Ensayos.

El Laboratorio de Ensayos ha trabajado con el Departamento de Marina de los Estados Unidos, en relación con la formulación de un Criterio para la evaluación de tanques de epoxia termo-fraguante, o de poliéster reforzado con vidrio, para el almacenamiento del agua en los navíos. Actualmente, se están estudiando tanques suavizadores de agua fabricados con los mismos materiales. Este programa se lleva a cabo a petición de fabricantes, quienes desean que la "Federal Housing Administration" (Administración Federal de la Vivienda) apruebe la construcción de tanques plásticos para aplicaciones

de ablandamiento del agua en las casas aseguradas bajo dicho organismo. El Criterio para la investigación de los productos plásticos reforzados fue desarrollado por un Comité de Funcionarios de Salud Pública, que constaba de ingenieros sanitarios estatales, ingenieros municipales de salud pública, e inspectores sanitarios, así como también de especialistas en el campo de la toxicología.

El segundo Programa del Laboratorio en orden de importancia es de gran interés para los funcionarios de salud pública que controlan el expendio de alimentos. El uso creciente de máquinas expendedoras que venden toda clase de comidas, crea una gran responsabilidad sobre los inspectores de sanidad encargados de su supervisión. Se han examinado centenares de estas máquinas. El Comité Conjunto sobre Normas para Equipos de Alimentación desarrolló un Criterio para la evaluación de dichas máquinas, que incluye disposiciones referentes al equipo de saneamiento contenidas en la Sección V de la Ordenanza del Servicio de Salud Pública de los Estados Unidos y el Código sobre "Venta de Alimentos y Bebidas". Se ha exigido no solamente una investigación de laboratorio de las máquinas expendedoras, sino también el examen del equipo a través de las diferentes etapas de su fabricación, con el fin de asegurar que las unidades en producción son similares a las unidades sometidas a investigaciones. El Sello de la Fundación Nacional de Saneamiento en las máquinas expendedoras es una garantía de que las unidades han sido examinadas y evaluadas, con respecto al criterio de la Fundación Nacional de Saneamiento que rige para las máquinas expendedoras, y que los modelos que se están produciendo son examinados anualmente en las fábricas para actualizar los datos que determinarán cuáles modelos han sido examinados y aprobados.

Debe hacerse hincapié en el hecho de que existen muchas máquinas expendedoras que aunque hayan sido examinadas no tienen autorización para llevar el Sello de Aprobación. Esta condición no se restringe solamente a estas

máquinas. Las máquinas para lavar platos, el equipo generador de agua caliente, los congeladores aprovisionadores y otras clases de equipo, no han logrado cumplir con las normas de la Fundación Nacional de Saneamiento y, a menos que sus fabricantes hagan los cambios necesarios para que el equipo cumpla con las normas, no se les autorizará el uso del Sello de Aprobación de la FNS.

Las listas de los equipos y productos a los cuales se ha otorgado el Sello de Aprobación se publican anualmente y se distribuyen a los departamentos de sanidad, grupos industriales, arquitectos y consultores de equipo alimenticio, agentes de compra gubernamentales, escuelas de salud pública y muchos otros grupos e individuos interesados. Las listas de nuevos fabricantes y de los productos que se aprueban entre el período regular de publicación de nuestras listas se proporcionan a través de circulares y otras publicaciones.

SIGNIFICADO DEL SELLO DE APROBACION DE LA FUNDACION PARA LAS AUTORIDADES SANITARIAS

El Sello de Aprobación de la Fundación Nacional de Saneamiento identifica artículos de equipo, aparatos o productos, que cumplen con normas sanitarias estrictas, indica el cumplimiento de las normas de la mencionada Fundación, y garantiza que el equipo o los productos que llevan el Sello han sido examinados y evaluados conforme a las especificaciones de las normas de la Fundación. El Sello es propiedad de ésta, con derechos registrados, y ningún fabricante puede utilizarlo sin autorización previa. Cuando alguien dude de la autorización que tenga un fabricante dado para usar el Sello de Aprobación de la FNS, debe dirigirse a la Fundación proporcionando el nombre del fabricante y la descripción o identificación del producto en el cual se utilice el Sello. La FNS realiza las investigaciones necesarias para determinar si el Sello de Aprobación se está utilizando correctamente.

El hecho de que un artículo de equipo posea

el Sello no significa que debe ser aceptado sin un examen adecuado. Cualquier persona que revise un equipo con miras a comprobar su conformidad con las Normas de la Fundación Nacional de Saneamiento y que encuentre discrepancias en su construcción, debe notificar al Laboratorio de Ensayos para que nosotros podamos dirigirnos a los fabricantes y emprender las correcciones necesarias. El programa del Sello de Aprobación tiene el valor que los fabricantes, los que utilizan el equipo y las autoridades sanitarias le den. En donde se usan las Normas, y donde el personal de saneamiento revisa el equipo para comprobar que cumple con aquéllas, los fabricantes cuidan de que no se estampe el Sello a ningún artículo que no se encuentre de acuerdo con ellas. A continuación se relata un caso sucedido hace unos meses.

Un gran cargamento de equipo de servicio alimenticio llegó a una gran ciudad del Sur de los Estados Unidos; el fabricante había colocado el Sello de la Fundación sobre parte del equipo, que según el inspector de sanidad local estaba en desacuerdo con las normas. Este informó a la sede de la FNS de la discrepancia; a las 24 horas, el fabricante había enviado un ingeniero a la instalación para corregir el error cometido, agradeciendo luego que se le hubiese hecho notar el problema.

Esta clase de relaciones públicas es beneficiosa tanto para el organismo de sanidad como para el fabricante. La mayoría de los fabricantes que usan el Sello de la FNS reacciona de la misma manera al notificárseles algunos errores. Sin embargo, existen personas que tratarán de esconder los errores cometidos y continuarán despachando equipo de clase inferior a regiones donde no son inspeccionados por el personal sanitario.

A continuación se cita otro ejemplo:

En el Estado de Pensilvania, el Sello de Aprobación había sido colocado sobre el equipo suministrado por un fabricante o comerciante que no había sido autorizado a utilizarlo. El ingeniero de salud pública de la región notificó a la Fundación, y a las tres horas un representante de ésta y varios funcionarios del Servicio de Sanidad local visitaban al comerciante para determinar las razones de esta irregularidad y para obtener las

correcciones debidas. El industrial había "pedido prestado" unos sellos de otro fabricante, con quien se hizo contacto de inmediato, informándole que el privilegio del uso del Sello de la Fundación de Saneamiento le sería revocado. Después de grandes ruegos por parte del fabricante, y a petición del funcionario local de saneamiento, se le permitió continuar usando el Sello. Desde aquel día, este fabricante ha observado estrictamente las Normas de la Fundación y las que gobiernan el uso del Sello. El industrial, por su parte, suspendió la producción de equipo y empezó a comprar todo su equipo a fabricantes autorizados.

Con el apoyo del personal de saneamiento tanto estatal como local, de los arquitectos e ingenieros consultores en alimentos y de los que utilizan el equipo, exigiendo productos que ostenten el Sello de la Fundación Nacional de Saneamiento, los fabricantes continuarán colaborando en el perfeccionamiento del equipo de uso sanitario.

El Sello de la FNS, así como todo el Programa de la misma, tiene como fin el servir a los funcionarios de salud pública y el ayudar a promover programas de saneamiento ambiental más eficaces. Si los funcionarios de saneamiento no toman en cuenta el Programa del Sello de Aprobación, la industria dejará de observar las normas y desaparecerá su colaboración en la promoción de programas uniformes de saneamiento. Al obtener la colaboración de la industria, los funcionarios de salud pública pueden ampliar el alcance de tales programas; por su parte, la industria llevará el mensaje al público en general.

A continuación, se mencionarán algunos de los programas educativos y de investigación de la Fundación Nacional de Saneamiento y del Laboratorio de Ensayos.

Lavadoras automáticas de agua fría para vasos y platos

Las investigaciones de la Fundación Nacional de Saneamiento han originado un método completamente nuevo de lavado e higienización de

vasos. Los siguientes principios fueron establecidos como guía:

a) La máquina debe ser ideada de tal manera que los vasos no se puedan lavar en el mismo fregador donde se lavan otros utensilios, o donde se utilice agua ya usada.

b) La máquina debe poseer cepillos que giren, tanto en el interior como en el exterior del vaso, para proporcionar la acción mecánica necesaria para una eficiente y efectiva remoción del sucio, y de las bacterias.

c) Inicialmente, se debe aplicar al vaso agua fresca, para que ésta elimine las partículas gruesas de sucio y permita, por lo tanto, un lavado más efectivo.

d) El agua de lavar debe contener un detergente-higienizador cuya acción sea eficaz en agua fría. Una vez eliminadas las partículas gruesas de sucio, la acción del detergente sobre la superficie del vaso es más eficaz, y el higienizador puede actuar sobre las bacterias no protegidas, según lo exige una desinfección química adecuada.

e) Al terminarse el lavado, una enjuagada elimina el exceso de detergente-higienizador.

f) El agua sucia debe eliminarse enseguida de la máquina, para impedir la aparición de reservorios de contaminación.

g) Es importante sobre todo que mientras funcione la máquina existan en ella dispositivos de auto-lavado y auto-higienización.

El diseño de estas máquinas se basa en el concepto de que una esterilización eficaz y cabal incluye la eliminación de suciedad y de bacterias en un medio esterilizado. El método actual de lavado a mano en un fregadero debe depender, necesariamente, de la aplicación del calor o del uso de sustancias químicas para obtener utensilios que no constituyan un peligro para la salud.

En estas máquinas, el agua fría lava y esteriliza un vaso en 3 ó 4 segundos. El ciclo comienza al colocar el vaso sobre el cepillo central. Saliendo agua fresca a través de este cepillo al igual que de los exteriores todos los cepillos giran; luego un detergente-esterilizante a base de yodo es distribuido y aplicado automáticamente, a una alta concentración, conjuntamente con una acción continua de fregado;

finalmente se enjuagan con agua fresca mientras se prosigue con la acción del fregado.

Probablemente, el advenimiento de los detergentes esterilizantes de tipo yodofórico es una de las claves del éxito alcanzado por este procedimiento de esterilización con agua fría. Estos compuestos hacen posible que la unidad de limpieza, al mismo tiempo que esteriliza el vaso y elimina las partículas de sucio, se autoesterilice.

Actualmente, la Fundación ha otorgado su Sello de Aprobación a dos fabricantes que ya han empezado a distribuir estos artefactos en el mercado. La superioridad de estas máquinas fue comprobada en una serie de pruebas prácticas, en las cuales se compararon con el procedimiento de lavado en tres compartimientos.

El Comité Conjunto sobre Normas para Equipos de Alimentación y el Consejo de Consultores en Salud Pública recomendaron a la Fundación que se aprobase el principio de lavado en agua fría y que autorizara el uso del Sello en aquellas máquinas cuyo funcionamiento estuviese acorde con los principios básicos del ensayo de limpieza. Se ha estado investigando secretamente un lavaplatos que utiliza los principios de agua fría. Los resultados del ensayo, bajo condiciones de temperatura del agua de 5,5°C, son tan interesantes que parecen casi increíbles. El fabricante proyecta construir un modelo de producción, el cual se probará en el Laboratorio y luego será sometido a condiciones de uso normal, a manera de ensayo, antes de ser distribuido en el mercado. Creemos que esta clase de planificación previa con la industria sirve como ejemplo del concepto moderno de promoción de los programas sanitarios.

Otras investigaciones

Durante los últimos cuatro años y medio la Fundación Nacional de Saneamiento, contratada por la "Power Reactor Development Corporation" (Corporación de Desarrollo de Reactores de Energía), ha estado realizando un estudio ambiental preoperacional, en el área circundante al Reactor de Energía Enrico Fermi, que se

construye en Monroe, Michigan. Este estudio ha proporcionado numerosos datos acerca de los niveles naturales del conjunto de radiaciones beta y de ciertos radioelementos, en un área de aproximadamente 80 Km alrededor del sitio donde se construye el reactor. También se han realizado estudios sobre radiación gamma, mediante determinaciones de estroncio-90 en la leche y examinando muestras de otros especímenes. Estas investigaciones se están realizando bajo la dirección del Dr. G. H. Whipple, de la Cátedra de Radiación de la Escuela de Salud Pública de la Universidad de Michigan. Este proyecto demuestra la estrecha relación que existe entre la Fundación Nacional de Saneamiento y el ambiente académico. Muchos de los proyectos de investigación de la Fundación han sido llevados a varios Departamentos de la Universidad de Michigan y de otras universidades de los Estados Unidos.

En 1957, la Fundación concluyó el estudio del acueducto del área de Detroit, que comprende cerca de 150 comunidades que forman el área metropolitana de Detroit, y actualmente los organismos gubernamentales de la zona lo están utilizando para planificar las futuras necesidades de agua para la región sudoriental del Estado de Michigan. Se está llevando a cabo un estudio similar, relativo al desagüe en la región de Detroit. Este estudio señalará los medios, a la larga más efectivos, de manejar las aguas servidas y el desagüe general de las 150 comunidades incorporadas en el área metropolitana de Detroit.

Nuestra época, en la que reina la química, con sus sintéticos, detergentes, abrasivos, aleaciones y plásticos, nos proporciona un ambiente en constante cambio, que influye sobre la vida de todos nosotros. Estos materiales, y los productos de ellos derivados, están siendo utilizados en los establecimientos de preparación y expendio de alimentos, como superficies en contacto con éstos, o bien permanecen como residuos después de los procedimientos de limpieza. Necesitamos saber qué es lo que estamos recibiendo. Al desarrollar las Normas de la Fundación Nacional de Saneamiento, se ha notado, desde hace ya

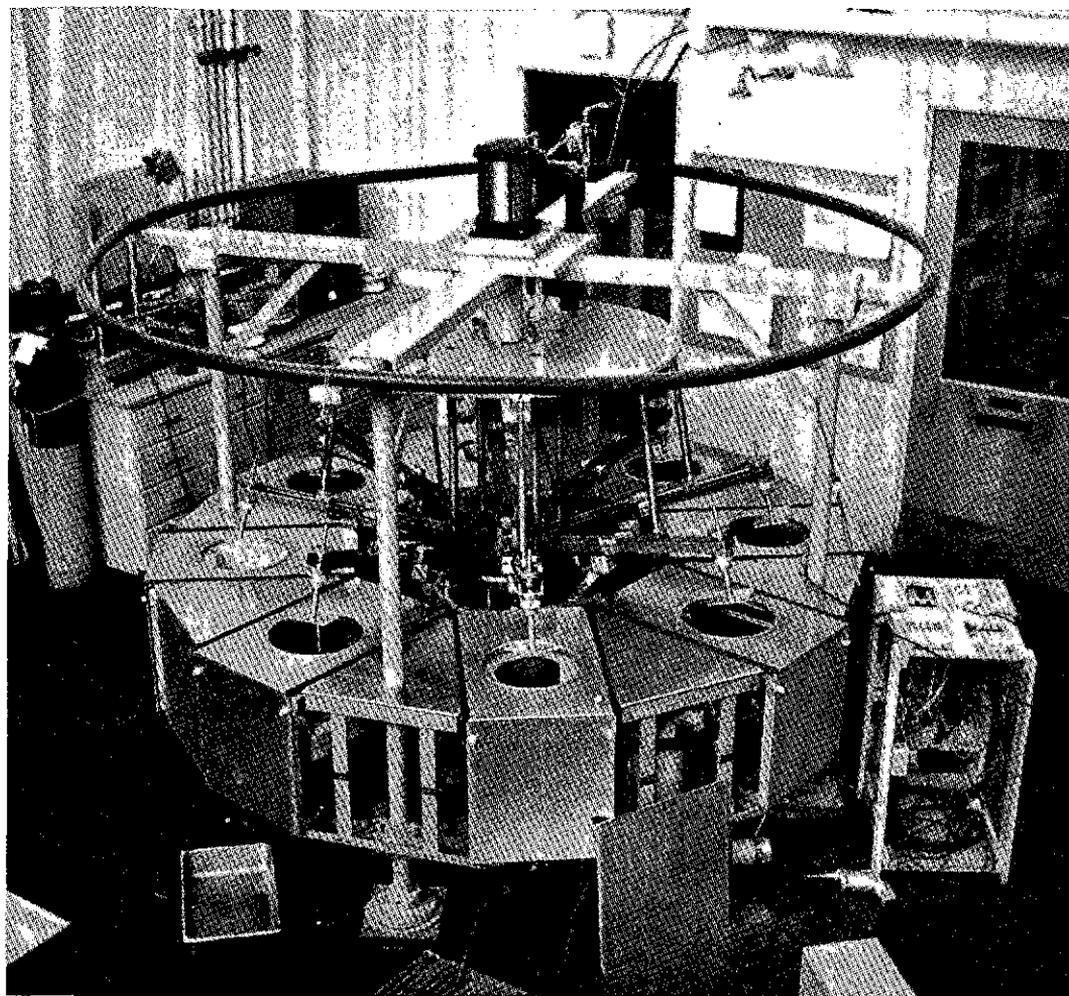
mucho tiempo, la necesidad que existe de disponer de ensayos adecuados, para determinar las cualidades de desgaste de los materiales; tales ensayos serían de gran valor en la evaluación de utensilios y equipos en uso. Un apropiado ensayo de desgaste que pudiera ser empleado con los que actualmente están en proceso de perfeccionamiento, para demostrar rápidamente la posibilidad de limpieza de superficies, sería de gran ayuda para el funcionario de saneamiento y para la industria, en los servicios que ellos prestan al empleado que trabaja en establecimientos de alimentos, y en la protección a la salud pública. La FNS ha empezado un programa de desarrollo de *una prueba de desgaste simulado para superficies en contacto con los alimentos*. El programa ha reunido a las industrias de acero inoxidable, aluminio, plásticos, porcelana, vidrio, esmalte de porcelana, y níquel, y a los científicos de salud pública, con miras a preparar el anteproyecto de un plan de investigación, que establecería pautas uniformes para la aceptación de los diferentes materiales que pueden estar en contacto con alimentos, de acuerdo con las Normas de la Fundación Nacional de Saneamiento, y que sentará las bases científicas para desaprobar o evaluar debidamente los equipos, o las superficies en contacto con los alimentos, una vez instalados. Este tipo de investigación está más dirigido a la aplicación práctica, y abarca experiencias de ingeniería, economía, administración y otras disciplinas relacionadas, que a la investigación científica básica. Los ensayos preliminares han sido concluidos y se ha enviado a las industrias y a los funcionarios de salud pública una notificación relativa al desarrollo de la Prueba de Uso y Desgaste propuesta, a fin de que envíen los comentarios y sugerencias que descen, antes de proseguir con las etapas finales del programa de investigación para el desarrollo de esa Prueba. Para determinar la posibilidad de limpieza de varios materiales, antes y después de ser sometidos a etapas de exposición en la máquina de uso y desgaste, se utiliza suciedad radiactiva. La reproductibilidad estadística de las pruebas

ya ha sido comprobada y ya se está en las últimas etapas de esta investigación, tan importante para el saneamiento ambiental. La foto siguiente muestra la máquina de "uso y desgaste" que ha sido diseñada por el Laboratorio de Ensayos de la FNS durante esta investigación en especial.

Durante la mayor parte de sus 18 años de vida, la Fundación ha mantenido proyectos en la Escuela de Salud Pública de la Universidad de Michigan, bajo la dirección del Dr. G. M. Ridenour y del Profesor E. H. Armbruster, para desarrollar procedimientos para la medición de la limpieza de utensilios de comida de uso múltiple. Estos estudios de posibilidad de limpieza han dado como resultado la obtención de técnicas con radioisótopos, para la evaluación de los procedimientos de limpieza, y la eficiencia de los aparatos de limpieza y de los detergentes. Estos científicos han desarrollado nuevos tipos de "sucio" para ser utilizados en los ensayos de equipos lavaplatos. En la reunión anual de la Asociación Nacional de Inspectores Sanitarios, en 1960, el Profesor Armbruster habló sobre un nuevo "procedimiento para el ensayo de campo para la medición de la limpieza de utensilios de comida de uso múltiple". Este ensayo se ha desarrollado gracias a una donación del Servicio de Salud Pública de los Estados Unidos, como continuación de los Estudios de Posibilidad de Limpieza que la Fundación llevó a cabo durante muchos años. El ensayo final es tan sencillo y práctico que los mismos investigadores están sorprendidos de que ni a ellos ni a ningún otro investigador se le hubiera ocurrido antes tal procedimiento, al que han bautizado como "la Prueba del Salero". Gracias a ésta, se puede demostrar al dueño de un restaurante la eficiencia de su equipo lavaplatos, y se puede hacerlo sobre el mismo terreno, sin tener que coleccionar muestras bacteriales de utensilios e informar a los tres o cuatro días que los platos están sucios. Esta técnica coloca al inspector sanitario en una posición profesional más segura, pues puede ayudar al dueño del restaurante a determinar la causa de sus problemas relativos al lavado de los platos, en vez de acusar al establecimiento

sin ser capaz de encontrar la verdadera causa del problema.

La Prueba del Salero es fácil de preparar y de utilizar. Los investigadores han encontrado que las películas invisibles de grasa de los platos, alojan bacterias y ayudan a mantener películas de proteínas y almidones sobre la superficie. Al emplear un vehículo colorante para hacer visibles estas películas, ellos han sido capaces de correlacionar la habilidad de limpieza bacterial con las películas. El medio de prueba final es un reactivo formado por 85% de talco y 15% de Safranina-O en peso. El talco seco y el polvo colorante se mezclan cuidadosamente y se colocan en un salero, o mejor aún, en un pimentero. Esta mezcla colorante se espolvorea sobre la superficie que se va a examinar cuando ésta esté completamente seca, de manera que una capa ligera cubra toda la superficie que va a ser examinada. Esta operación debe realizarse en un fregadero hondo, en el cual se mantiene luego el utensilio debajo del chorro de agua fría durante cinco segundos, o hasta que ningún vestigio de color rojo salga en el agua de enjuague. Luego se deja secar el utensilio de canto, en la platera, o boca abajo en el depósito de tazas. Toda coloración roja indica un área sucia. Se ha señalado que la intensidad del color rojo es un índice cuantitativo, aproximado, de la película de sucio residual que permanece sobre las superficies. Las máculas de agua *no* han causado interferencias, pues no manchan. Esta prueba pondrá al descubierto los lavados deficientes debidos a insuficiente detergente, a detergente inapropiado, a sobrecarga de los bastidores del lavaplatos, y a chorros obstruidos, así como a un patrón de ducha incorrecto en las máquinas para lavar platos. Este procedimiento también pondrá a la vista las huellas digitales, lo que habrá sido ocasionado por manipulación inadecuada de los utensilios bien lavados. Los investigadores han encontrado que esta prueba es aplicable a una gran variedad de materiales, tales como vidrio, porcelana, platería, acero inoxidable, y artículos de la mayoría de los plásticos comunes. En vajillas de melamina muy

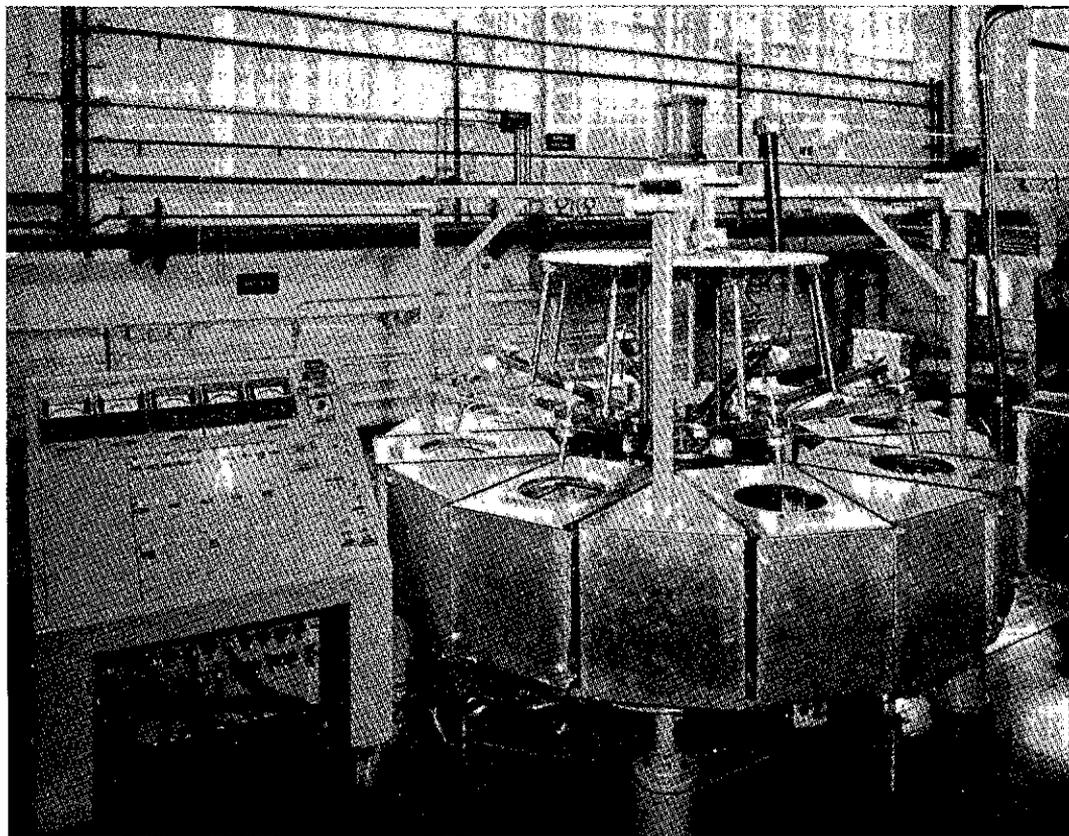


MAQUINA PARA ENSAYOS DE USO Y DESGASTE

La tan esperada y prometida Máquina para Ensayos de Uso y Desgaste puede ya ser operada y está lista para evaluación de muestras. Este equipo, diseñado, desarrollado y construido por la FNS, bajo la dirección del Comité Consultivo Industrial, ha estado en proceso de desarrollo por unos tres años y medio. Los abastecedores de material, funcionarios de salud pública, fabricantes, usuarios, y otros interesados en este problema han estudiado y revisado modelos previos. El equipo ha sido concebido para reproducir, a mayor velocidad, las condiciones reales de uso y desgaste a ser encontradas en un ambiente de uso específico. Los ambientes iniciales a ser simulados están relacionados

con el equipo de servicio de alimentos y vajillas.

Se realizarán pruebas iniciales en varios materiales y acabados en el verano de 1963, y serán utilizadas para establecer un programa. Este equipo, junto con el "sucio radiactivo", permitirá el estudio de los efectos del uso y desgaste propios de un ambiente de uso, sobre las posibilidades de limpieza de cualquier material o superficie. Los resultados de estos estudios permitirán entonces el establecimiento de límites de posibilidades de limpieza científicamente cabales, requeridos por usos específicos. Esta nueva técnica permitirá la determinación concreta de la adaptabilidad de un material y acabado dados, a una aplicación específica.



REUNION DEL COMITE CONSULTIVO SOBRE USO Y DESGASTE

El Comité Consultivo para el Desarrollo de la Máquina de Uso y Desgaste habrá de reunirse a principios del otoño de 1963, con el fin de estudiar, en forma detallada, el informe final de la investigación relacionada con el desarrollo del equipo para pruebas de uso y desgaste simulados. El informe final será un análisis global de todos los proyectos de desarrollo, análisis estadísticos y evaluaciones de operación y rendimiento del equipo y los procedimientos.

De reciente instalación, en relación con la máquina de uso y desgaste, es un tablero de control, especialmente concebido y diseñado. Este proporciona un punto de control único, y los datos necesarios para el funcionamiento uniforme global de la máquina.

También se presentarán en la reunión próxima, un protocolo y un plan de acción, relativos al programa de estudio y aprobación de varios materiales y/o acabados.

desgastada y donde haya desaparecido el acabado original, muchas veces pueden obtenerse coloraciones falsas. Sin embargo, se ha demostrado que las superficies de plástico muy desgastadas, son muy difíciles de limpiar con cualquiera de los procedimientos de limpieza comunes.

Al presentar su informe sobre el desarrollo de la "Prueba del Salero", el Dr. Armbruster hizo los siguientes comentarios:

Esta prueba de campo constituye un indicador de la efectividad del lavado de platos en un establecimiento de alimentos dado, pero su ventaja principal estriba en que el supervisor puede llevar a cabo su inspección durante horas de poco trabajo para comprobar la efectividad de la operación de limpieza durante las horas de mayor actividad. Un lavado inapropiado debido a insuficiencia de detergente, a detergente inapropiado, a sobrecarga de los bastidores del lavaplatos, y a chorros obstruidos, es fácilmente descubierto por la apariencia de los platos tratados.

El examen de todas las piezas colocadas en un bastidor del lavaplatos permite apreciar el diseño general de aspersión (ducha) de la máquina.

Una operación excelente producirá un plato sin la más leve mancha roja. Un lavado apenas aceptable puede producir una mancha nebulosa rosada, mientras que un lavado deficiente muestra invariablemente una buena cantidad de color rojo. Otra ventaja de este procedimiento es que permite determinar si los platos limpios han sido manipulados correctamente después de haber sido lavados. Las huellas digitales aparecerán como manchas rojas, fácilmente reconocibles por su forma característica.

En el laboratorio se ha utilizado este procedimiento para comparar detergentes. También es posible determinar las concentraciones de detergentes necesarias para que un cierto detergente, dentro de un sistema dado de máquinas para lavar platos, sea eficiente. Para esto se utilizan platos de porcelana previamente fregados a mano con un limpiador de cocina, secados y luego ensuciados con una pequeña cantidad de aceite de cocina o grasa. Se lavan entonces los platos en una máquina corriente, se secan y el residuo de grasa se colorea.

Algunos de los estudios de campo de la FNS

han demostrado que existen platos que han sido lavados en forma deficiente durante tanto tiempo, que la película de mugre se había adherido tanto a la superficie que se necesitaron hasta 12 lavados correctos para limpiar el plato por completo. También se han encontrado platos tan desgastados que ni la máquina para lavar platos ni el detergente que se usaba en ese momento llegaba a lavarlos debidamente, aun contando con una operación de lavado adecuada.

Los inspectores sanitarios e ingenieros de salud pública han estado inconformes con los métodos inadecuados para determinar si los utensilios de comida que se lavan en máquinas para lavar platos por aspersión de agua reciben el calor necesario para producir la esterilización. Se ha admitido que si se calienta la superficie de un plato a 71,67°C, y se mantiene esta temperatura por 15 segundos, por lo menos, se destruyen las bacterias patógenas que pueden permanecer sobre la superficie. En Denver, Colorado, gracias a los esfuerzos del Sr. Franklin Fiske y su personal de saneamiento, se fabricó un aparato termocupla para hacer mediciones de temperaturas en el campo. El equipo pesaba unos 25 Kg y por lo tanto era demasiado incómodo para ser usado en inspecciones. La Fundación Nacional de Saneamiento hizo que la unidad fuese enviada al Laboratorio, donde se confrontó el principio con potenciómetros registradores, utilizando termocuplas sobre la superficie de los platos, con resultados satisfactorios. Se presentó la idea a la "Export Corporation" (Corporación de Exportaciones), de Detroit, Michigan, la que estuvo de acuerdo con la idea de utilizarla en forma práctica, en el campo. En vez de usar termocuplas y un potenciómetro, ellos han incorporado un termistor para ser usado con un pirómetro, completando la unidad con un manómetro y útiles para formar un juego completo de examen de máquinas para lavar platos. Al conectar el termistor a la superficie del utensilio a examinar, puede leerse directamente la temperatura de la superficie del utensilio, mientras éste pasa por

la operación de lavado. El equipo entero pesa menos de 4 Kg.

Tal vez se conozcan los problemas de saneamiento que han surgido como resultado del gran desarrollo de la construcción de piscinas. Han salido al mercado muchos aparatos y dispositivos para ser utilizados en piscinas y se han registrado muchos reclamos, no confirmados, acerca de algunos de estos productos y dispositivos. Los funcionarios de salud pública no han podido ponerse de acuerdo con la Industria de las Piscinas sobre las normas de operación o de equipo. A petición del Comité Conjunto sobre Piscinas, de la Asociación Americana de Salud Pública, y de la Industria de las Piscinas, la Fundación Nacional de Saneamiento aunó las fuerzas de la industria, gobierno, facilidades de investigación de las universidades y público, para establecer normas de saneamiento sobre equipos y productos para piscinas. El resultado fue el desarrollo de unas Normas de Operación preparadas por el mencionado Comité Conjunto, las cuales han sido terminadas y sirven de criterio general y guía para el establecimiento de las Normas de la FNS sobre equipo y productos para piscinas. Además, estas normas proporcionan el criterio necesario para que el Laboratorio de Ensayos de la Fundación Nacional de Saneamiento pueda proceder a examinar algunos de los dispositivos que actualmente se ofrecen en venta.

Se ha dicho que existen actualmente tres problemas de salud pública:

- 1) Mantener los niveles actuales de protección contra las enfermedades transmisibles.
- 2) Enfrentarse a los problemas de la vejez—enfermedades crónicas.
- 3) Solucionar los problemas que existen en el campo del saneamiento ambiental—aire, agua, alimentos, refugio, radiación y saneamiento general.

La salud pública nació del saneamiento ambiental, pero en años recientes esta última disciplina ha sido relegada a un segundo puesto, llegando a ser insignificante para los jefes de

presupuestos, en todos los niveles de la administración pública.

Mientras se gastaban \$400.000.000 para investigaciones de salud pública en el Servicio de Salud Pública de los Estados Unidos, solamente el 1% de esta suma, o sea \$4.000.000, se destinaba al saneamiento ambiental. Pero una nueva era se aproxima; la importancia del saneamiento, en toda la amplitud de la convivencia humana, está confiriéndole nueva significación a esta profesión, que deberá adquirir de nuevo el lugar trascendental que con todo derecho le corresponde. Tanto la industria como el gobierno reconocen el papel que el saneamiento y la higiene deben desempeñar en el presente y en el futuro de nuestra civilización. La manera moderna de vivir—una manera satisfactoria y noble de convivencia humana—depende de muchos factores, de los cuales uno de los más importantes es el ambiente de la vida humana. La responsabilidad que tiene el hombre de juzgar y escudriñar el ambiente, y que le capacitará para progresar y no solamente para sobrevivir, es una responsabilidad de la comunidad entera. La industria, el comercio, los organismos gubernamentales de salud pública, los organismos privados y las instituciones docentes, deberán ser los dirigentes positivos en el campo de la protección del saneamiento ambiental, para que nosotros, como pueblos libres, podamos disfrutar de una vida más plena.

Tal vez deberíamos darle un buen vistazo a los cambios básicos que se están operando en el mundo de hoy. Comparemos al antiguo ejército, con sus pequeñas armas y su artillería de corto alcance, con los nuevos ejércitos modernos y sus cohetes intercontinentales. Miremos sin miedo, valientemente y sin vacilaciones, los problemas actuales del saneamiento; los viejos rifles, las ordenanzas y los métodos de sanción, no son los programas actuales para promover conceptos modernos de saneamiento. Si echamos una mirada al saneamiento del mañana, podremos visualizar programas de saneamiento en términos de metodología administrativa, o sea la cuestión de cómo se realiza el trabajo.

En vez de utilizar la ley y la investigación científica como instrumentos de acción coercitiva, estaremos planeando, juntamente con la industria y el comercio, las maneras de usar, efectivamente, la ley y la investigación científica, para servir mejor al público en el campo del saneamiento ambiental.

La obligación que existe es para con el público y no con unos pocos establecimientos o con algún sector de la industria que se regule. El público debe comprender los beneficios que le proporciona diariamente el saneamiento ambiental. La calidad de los programas de saneamiento dependerá de las exigencias del público, basadas en el conocimiento que tenga de los servicios que se le ofrecen. El más grande desafío es el de hacerse comprender, presentar un cuadro claro de lo que es nuestro programa. Esto no significa que haya que presentarles nueve reglas de saneamiento y decirles que serán encarcelados si no las cumplen. En el mundo actual, los programas de saneamiento ambiental deben ajustarse a los factores de motivación que hacen prosperar la sociedad moderna—tal como lo es el signo de \$ para la industria y el comercio, y los aumentos del valor de la propiedad para el

público. Hay que utilizar las fuerzas de la industria y del comercio como aliadas en nuestro trabajo. Por ejemplo, el personal profesional de los establecimientos de alimentos—los restaurantes de cualquier país—podrían proporcionar un gran servicio a la comunidad distribuyendo entre las amas de casa esas “gemas de sabiduría” acerca de la manipulación de los alimentos. En los programas de control de las radiaciones, es necesario infundir en el público una conciencia de protección, en lugar de tender a la aplicación de medidas drásticas a las industrias.

Tal vez estemos pensando en el saneamiento ambiental desde un punto de vista completamente nuevo, con un 90% de énfasis en la educación y un 10% en la coerción. Al contar en una comunidad con un personal sanitario que se pueda multiplicar actuando como asesores profesionales, se podrán promover programas unificados de saneamiento en términos de los patrones culturales actuales. Esto no podrá llevarse a cabo viviendo pasadas glorias, sino mirando hacia el futuro con nuevos instrumentos de trabajo, nuevos programas, nuevos esfuerzos, enfrentándonos a los nuevos combates.

CAPITULO 2

Investigaciones sobre plásticos para determinar la conveniencia de utilizar resinas y compuestos plásticos en sistemas de agua potable

Investigaciones sobre tuberías plásticas

Las investigaciones sobre plásticos fueron emprendidas en la Fundación Nacional de Saneamiento a solicitud de los ingenieros sanitarios estatales, quienes habían tenido dificultades con ciertos tipos de plásticos que la industria recomendaba para sistemas de agua potable. Los fabricantes de tuberías plásticas habían discutido con representantes de la Fundación la posibilidad de que se iniciaran estudios sobre plásticos, pero su solicitud había sido rechazada por los representantes de ésta, quienes les aconsejaron dirigir su solicitud en otras direcciones.

El gran interés de usar tuberías plásticas para la conducción de agua, y la cautela propia de las autoridades sanitarias para permitir el uso de un material nuevo y no puesto a prueba aún, en contacto con agua potable, justificó ampliamente la necesidad de estudiar la adaptabilidad de tuberías plásticas para los sistemas de agua potable.

El trabajo fue patrocinado por la Sociedad de la Industria de Plásticos, para su División de Tuberías Termoplásticas y para los proveedores de materiales plásticos. El Comité Consultivo, compuesto por cinco representantes del campo de la salud pública, cinco representantes de la industria de plásticos y un representante de la "American Water Works Association", se reunió con frecuencia y tomó parte activa en la

revisión y discusión de informes y en la dirección del estudio.

Alcance del estudio

El estudio fue efectuado durante tres años en 22 muestras de tubería plástica, para determinar la adaptabilidad de su uso, enterradas, para la conducción de agua potable (fría). Las pruebas se realizaron para demostrar si cualquier sustancia potencialmente nociva a la salud, podría ser extraída del plástico por agua potable de naturaleza agresiva, y si el paso del agua a través de la tubería plástica podría afectar la apariencia, el olor o el sabor del agua. Las propiedades físicas de las tuberías plásticas no fueron analizadas, ya que ello fue objeto de un estudio aparte que se llevó a cabo en otro lugar. Las Normas de Agua Potable del Servicio de Salud Pública de los Estados Unidos fueron utilizadas como guía para los límites de la extracción química del plástico, obtenida con agua potable.

Plásticos ensayados

Se reconoce que la composición de los plásticos es tan variada que los resultados obtenidos en el ensayo de una composición dada no son necesariamente aplicables a todos los productos que se conocen como tuberías plásticas. Las 22

muestras escogidas para el ensayo comprendieron los plásticos más corrientemente en uso en la conducción de agua fría, además de algunas nuevas composiciones propuestas y, con fines de comparación, algunos plásticos no recomendados para ser usados en sistemas de agua potable. Estas muestras se clasifican, en términos generales, como polietileno, cloruro de polivinilo, incluyendo Saran, poliestireno modificado al caucho y butirato de acetato de celulosa. Se usó una serie de composiciones de cada tipo de termoplástico y algunas muestras especiales que se prepararon fueron encontradas inapropiadas para la producción de tubería plástica para agua potable.

PLAN DE ESTUDIO DE LOS PLASTICOS

En general, las pruebas fueron concebidas para determinar los posibles efectos de la tubería plástica sobre las características sanitarias físicas y químicas del agua potable, así como también los posibles efectos nocivos del agua sobre la tubería. Incluyeron los efectos del aire, del agua y el contacto con el suelo, aspectos toxicológicos, posibilidades de poner en práctica procedimientos de desinfección, ensayos de extracción, pruebas organolépticas, efectos de la tubería plástica sobre el cloro residual en la red de distribución, efectos de altas concentraciones de cloro sobre la tubería plástica, y la susceptibilidad al ataque de roedores.

En este tipo de estudios se incluyen, como procedimientos normales, ensayos químicos, organolépticos y toxicológicos para la determinación de la conveniencia del uso de tuberías plásticas en sistemas de agua potable, que fueron desarrollados durante el curso de la investigación. También se ejecutaron estudios sobre muestras seleccionadas.

Es un hecho reconocido que las propiedades físicas y la estandarización de las dimensiones de estos tubos y de sus conexiones son de mucha importancia para aquéllos que trabajan en acueductos. Estos dos aspectos han recibido especial consideración por parte de otras organizaciones.

Objetivos

Fue obvio, de inmediato, que el alcance de esta investigación necesariamente tendría que ser limitada en su naturaleza y confinada fundamentalmente a los aspectos más importantes, y aún así, los resultados no indicarían todas las posibilidades que podrían ocurrir en la práctica. Por consiguiente, el objetivo primordial fue la determinación, por medio de procedimientos toxicológicos, utilizando alimentación de animales, si algunos tipos de aguas potables se vuelven tóxicas debido al contacto con tipos específicos de plásticos, y, en el caso de ocurrir cambios químicos, si la ingestión prolongada de agua expuesta al plástico podría causar cambios patológicos en los animales sometidos a experimentos. Simultáneamente, se hicieron ensayos utilizando procedimientos de química analítica, para determinar si los metales de toxicidad conocida, e incorporados en el plástico, podrían ser extraídos cuando el plástico ha estado en contacto con agua agresiva. Otros objetivos implicaban el estudio de los efectos a largo plazo del aire, del agua y del suelo sobre las tuberías plásticas. Se incluyó una evaluación organoléptica del agua, usando tanto el método de extracción, el cual no toma en cuenta el efecto de las conexiones y de los compuestos utilizados en las juntas, como un sistema de recirculación, especialmente diseñado para estos ensayos, el cual sí toma en cuenta el uso de las piezas de conexión y los compuestos para juntas. También se consideró el efecto del tubo de plástico sobre el cloro residual del agua en el sistema de distribución, el efecto de altas concentraciones de cloro sobre las tuberías plásticas, la posibilidad de desinfectar los sistemas construidos con tuberías plásticas, algunos estudios bacteriológicos y la susceptibilidad al ataque por roedores.

Procedimientos de ensayo

Debido a que las materias básicas para la elaboración de los tubos plásticos son suministradas por los proveedores de materiales a los fabricantes de tubos, quienes pueden agregar

ingredientes adicionales, especialmente lubricantes para los moldes, se consideró necesario trabajar con el tubo de plástico acabado y no con los materiales básicos.

A continuación se hace una descripción de los procedimientos adoptados para la exposición del tubo plástico a las aguas agresivas para buscar sustancias extractibles, y también del método de recirculación, incluyendo el contacto con piezas de conexión y compuesto para juntas.*

Método de extracción

Se prepararon para la extracción especímenes de tubos de plásticos en forma de anillos de $\frac{1}{8}$ " de espesor, por medio de una sierra de discos. Estos anillos, a su vez, fueron cortados en pedazos por medio de una prensa equipada con cuchillas especiales, diseñadas para este propósito, de manera que en corto tiempo se obtenía gran cantidad de plástico picado.

Se realizaron pruebas comparativas, usando gránulos de plástico, y también plástico molido grueso, para determinar la posibilidad de extraer productos químicos de tales muestras. Este método fue modificado a una proporción de peso-volumen (peso de plástico molido a volumen dado de agua de ensayo) para pruebas de extracción continuadas, tal como se utiliza ahora en el programa del "Sello de Aprobación para Plásticos".

Se calculó el área de la superficie expuesta del plástico, y se determinó, para cada tipo, el peso de la cantidad de plástico a ser expuesta al agua, en base al volumen del agua contenida en un tubo de un pie de largo, de diámetro interno igual a una pulgada y a la superficie interna de dicho tubo, que estaría expuesta al contacto con el agua. En los ensayos de extracción, 400 mililitros de cada agua de ensayo fueron colocados en frascos de tapa de vidrio y con empaadura de goma, junto con suficiente plástico picado para dar una superficie expuesta

de unos 600 centímetros cuadrados, aproximadamente.

Se creyó conveniente acelerar la acción, calentando el agua un poco, evitando la elevación de la temperatura a tal punto que pudiese alterar las características físicas del plástico. Una temperatura de 35°C, la generalmente usada para incubar muestras bacteriológicas, se ajustó bien a lo deseado y fue la usada durante estos estudios.

Método de recirculación

Este método fue usado para estudios organolépticos y de desinfección. El equipo consistió de una bomba centrífuga de acero inoxidable, del tipo utilizado para leche, equipada con un motor de $\frac{1}{2}$ de caballo de fuerza y de un cántaro para leche, de acero inoxidable pulimentado, con capacidad de 10 galones. El cántaro tenía una conexión de entrada de un tubo de acero inoxidable de 1" de diámetro, soldado a un punto del hombro del mismo, y un dispositivo análogo para la salida en el fondo del recipiente. Donde fueron aplicables, se usaron conexiones de parafina de alta fusión y adaptadores de tornillo o abrazaderas cuando fue necesario. Se usaron adaptadores de metal a plástico. Los tubos de plástico ensayados eran aproximadamente de 100 pies de longitud, sin quiebres, cuando los tubos eran flexibles, y con codos, cuando los tubos eran rígidos. El control utilizado para fines de comparación implicó la instalación de una unidad similar, construida con acero galvanizado. Para simular la acción del agua en las instalaciones de una vivienda, se utilizó un interruptor automático con dispositivo selector de intervalo de tiempo en cada unidad, (marca General Electric; tipo TSA 14 con carga de 10 A, 230 V, AC) para arrancar y parar la bomba automáticamente a intervalos predeterminados. En todos los ensayos que implicaron el uso de este dispositivo, los intervalos, excepto donde se especifica lo contrario, fueron fijados para arrancar y parar el motor cada media hora. Los intervalos de parada variaron de acuerdo con el tipo de ensayos.

* En el Informe de Investigación preparado por la FNS se ofrecen descripciones de otros métodos utilizados.

No debe olvidarse que los cambios bacteriológicos y químicos ocurrieron inevitablemente en el agua usada para el ensayo durante el período de contacto, tanto en el método de extracción como en el método de recirculación. No obstante, siempre se efectuaron controles apropiados y los resultados fueron evaluados tomando en cuenta los resultados del control.

ENSAYOS DE EXTRACCION

Una de las consideraciones fundamentales en este programa de investigación fue la selección de la fuente de abastecimiento de agua para utilizarse durante los ensayos, la cual debía ser tan agresiva como cualquiera agua natural pudiera serlo. Es obvio que sería demasiado laborioso y costoso hacer todos los ensayos con un gran número de abastecimientos de agua. Por lo tanto, una serie de aguas, seleccionadas por el alto contenido de ingredientes, tales como cloruros, sulfatos, bicarbonatos, hierro, cloro, flúor y dióxido de carbono libre, fueron comparadas en cuanto a sus efectos sobre el plástico.

El desarrollo del proceso de extracción también requirió consideración desde la fase inicial y se llevó a cabo simultáneamente con la búsqueda de un agua agresiva. Después de examinar muestras de agua de todas las regiones de los Estados Unidos, se encontró que el agua de Ann Arbor, Michigan, reduciendo el pH a 5,0, era tan agresiva como cualquiera de las muestras examinadas. Por lo tanto, se decidió utilizar el agua del acueducto de Ann Arbor, y reducir el pH a 5,0 usando dióxido de carbono.

Procedimientos analíticos

Para estos experimentos, los métodos de ensayo seleccionados fueron los descritos en la novena edición (1946) de *Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water* (Normas para el examen de aguas y aguas de desecho), publicado por la Asociación Americana de Salud Pública. Estos exámenes comprendieron:

1. Color—comparación con discos de vidrio estándar.
2. Turbiedad—turbidímetro Hellige.
3. Olor—a 60°C.
4. Sabor—a la temperatura ambiente, incluyendo el uso de un jurado examinador seleccionado.*
5. Residuos totales—evaporación a la temperatura de 103°C durante una hora.
6. Residuos disueltos totales.
7. Alcalinidad—método volumétrico.
8. Acidez—método volumétrico.
9. pH—electrométricamente.
10. Plomo—colorimétricamente.
11. Cobre—colorimétricamente.
12. Hierro—colorimétricamente.
13. Aluminio—colorimétricamente.
14. Nitrógeno en nitratos—método de ácido fenoldisulfónico.
15. Nitrógeno en nitritos—método de diazotización.
16. Cloruro—método de Mohr.
17. Sulfatos—método de benzidina.
18. Cloro residual—método OTA.
19. Dureza total—método del jabón.
20. CD₂.
21. O₂.
22. H₂S.

Muestras examinadas

Con fines de identificación, las 22 muestras de tubo plástico incluidas en la investigación fueron marcadas con un número que se estampó en cada pieza de tubo al recibirlos. Las muestras presentadas de materiales recomendados por los fabricantes para el uso en abastecimientos de agua potable se clasificaron como polietileno, Nos. 150, 220 y 270; poliestireno modificado al caucho, Nos. 110, 120, 160, 170, 230, 250, 260 y 300; cloruro de polivinilo, Nos. 100 (+ polivinilidina), 140, 240, 310 y 320; butirato de acetato de celulosa, Nos. 180, 200 y 210. Las muestras especiales de materiales no recomendados en tal sentido se clasificaron como

* De acuerdo con las recomendaciones de Cartwright y Kelley en el artículo "Organoleptic Evaluation", en la revista *Modern Packaging*, julio de 1952, págs. 145-147 y 201-204.

polietileno, 130 (compuesto para aislamiento eléctrico); y cloruro de polivinilo Nos. 280 y 290, con un contenido de plomo y cadmio en pequeñas cantidades.

Los siguientes materiales plásticos para tubos fueron seleccionados como representativos de las varias clasificaciones, para su estudio en esta etapa de la investigación:

- No. 110, poliestireno modificado al caucho.
- No. 150, polietileno.
- No. 140, cloruro de polivinilo.
- No. 200, butirato de acetato de celulosa.
- Otras muestras de plástico parcialmente examinadas fueron las Nos. 120, 130, 160, 170, 180, 210 y 220.

Recolección de aguas para pruebas

Las primeras muestras de agua para el ensayo fueron captadas tan cerca de la fuente como fue posible. La muestra de agua de Ann Arbor fue captada en la planta de tratamiento. Las muestras recogidas en otras localidades abastecidas por fuentes subterráneas fueron captadas en los pozos. Se dejaron correr las primeras aguas por un tiempo suficiente para asegurar el lavado completo de las tuberías.

En la fuente se llenaron los recipientes para muestras de una pinta (0,473 litros), cinco por cada plástico, para asegurar el volumen requerido para realizar todos los exámenes seleccionados. Al mismo tiempo, un juego adicional de cinco recipientes, menos el plástico, fueron llenados para ser usados como controles. Un garrafón de cinco galones fue llenado también al mismo tiempo. Esta agua se usó para verificación de los cinco controles, ya que el garrafón no fue agitado en el laundrómetro o incubador, como se hizo con los controles y muestras de plástico.

En el momento de captar las muestras, se ejecutaron determinaciones de sulfuro de hidrógeno, oxígeno disuelto y dióxido de carbono. Como no se disponía de aparatos para captar muestras de gas, las muestras fueron captadas

directamente de los grifos. Los controles fueron analizados en el laboratorio usando los mismos reactivos. (Los métodos usados son los descritos por Theroux, Eldridge y Mallmann en *Analysis of Water and Sewage*, 1943, págs. 9, 38 y 69.)

Extracción de plomo metálico, cadmio, bario y cobre

Especímenes de plomo, cadmio y cobre, picados a tamaños definidos, fueron expuestos a volúmenes conocidos de agua de ensayo, de manera que el área de la superficie expuesta al agua fuese equivalente a la ya definida para las pruebas de extracción para tubos de plástico. La exposición duró tres días, a la temperatura de 35°C. Las aguas de ensayo usadas fueron las del sistema de distribución de Ann Arbor, sin ajustar el pH, y aguas pluviales recogidas en una cisterna y ajustadas, al comienzo del ensayo, a un pH de 6,0 usando CO₂. Las superficies metálicas fueron limpiadas cuidadosamente antes de emprender los ensayos. Se observó que el pH del agua de lluvia aumentó de 6,0 a 7,2 durante los tres días de almacenamiento. El pH del agua de Ann Arbor disminuyó de un 9,8 inicial a 8,2 durante el almacenamiento.

El método de la mancha de yoduro de dipiridil ferroso fue usado para la determinación del cadmio. Este método tiene un límite de identificación (la cantidad absoluta del material que apenas puede ser detectada bajo las condiciones del examen) de 0,05 microgramos de cadmio y un límite de concentración (grado de dilución al cual un ensayo apenas responde bajo condiciones de prueba) de 1:1.000.000.

El método de la ditizona, sensible hasta una concentración de 0,01 ppm de plomo, fue usado para la determinación del plomo, y el método colorimétrico del carbonato se usó para la determinación del cobre (0,1 ppm puede determinarse con este método). Los resultados fueron los siguientes:

	Cadmio	Plomo	Cobre
Agua de lluvia (Ensayo de extracción)	negativo	1,5 ppm	3,0 ppm
Agua de Ann Arbor (Ensayo de extracción)	negativo	6,0 ppm	0,3 ppm
Agua de lluvia, control	negativo	trazas	negativo
Agua de Ann Arbor, control	negativo	trazas	negativo
Agua destilada, patrón de control	negativo	negativo	negativo

El agua de Ann Arbor aparentemente fue más agresiva para el plomo que para el cobre, mientras que el agua de lluvia fue más agresiva para el cobre que para el plomo y ninguna de las aguas mostró agresividad hacia el cadmio.

Extracción de plomo, cadmio y bario contenidos en el plástico

Se realizaron trabajos adicionales, a fin de determinar si el plomo podría ser extraído de una muestra del tubo plástico que contenía un compuesto de plomo y de muestras especiales de plásticos que contenían, respectivamente, 5% y 10% de un estabilizador a base de plomo.

Todas las muestras fueron preparadas especialmente para estos ensayos. Las extracciones se realizaron en la forma acostumbrada, utilizando agua de Ann Arbor con un pH inicial entre 9,6 y 10,0, agua de Ann Arbor con el pH bajado a aproximadamente 5,0 mediante la adición de CO₂, agua de Ann Arbor con el pH bajado aproximadamente a 1,0 mediante la adición de HCl, y agua destilada o desmineralizada con el pH bajado a 5,00 aproximadamente, mediante la adición de CO₂. Debe mencionarse que el agua de Ann Arbor, con adición de HCl, extrajo hasta 2 ppm de plomo de la muestra especial No. 280, 5,5 ppm de la muestra de plástico conteniendo 5% de estabilizador y 6,5 ppm de la muestra conteniendo 10% de estabilizador. No obstante, no es probable que el agua de algún acueducto público sea tan ácida. El agua de Ann Arbor con su pH normal extrajo 0,34 ppm de plomo de la muestra No. 280,

0,41 ppm de la muestra especial conteniendo 5% de estabilizador a base de plomo y 0,45 ppm de la muestra conteniendo 10% del mismo estabilizador. El agua de Ann Arbor con el pH reducido a 5,0 mediante la adición de CO₂, y el agua destilada o desmineralizada con el pH similarmente reducido, se usaron únicamente con las muestras especiales conteniendo una cantidad anormal de estabilizador. El agua de Ann Arbor con un pH de 5,0 extrajo 3,90 ppm de plomo de la muestra conteniendo 10% de estabilizador y 2,4 ppm de la que contenía 5% de estabilizador. El agua destilada con el pH de 5,0 extrajo solamente 1,80 ppm de plomo de la muestra conteniendo 10% de estabilizador y 2,90 ppm de la muestra conteniendo 5%. Como se juzgó conveniente usar un agua tan agresiva o más que la que posiblemente pueda encontrarse en sistemas públicos o privados de abastecimiento, a partir del 1 de marzo de 1954, aproximadamente, al agua de Ann Arbor que estaba en contacto con los tubos plásticos y que sería suministrada a las ratas de ensayo, se le redujo su pH a 5,0 aproximadamente, burbujeando CO₂ proveniente de una fuente de hielo seco a través de ella.

El trabajo realizado en los ensayos de extracción de plomo fue repetido usando un tubo de plástico conteniendo estabilizador de cadmio y posiblemente bario, y usando también algunas muestras especiales de cloruro de polivinilo conteniendo cantidades variables de un estabilizador de cadmio (alkil-aril fosfato de cadmio, con 8% de cadmio) y un estabilizador de bario (un compuesto orgánico de bario con 30% de bario). Las fórmulas entre paréntesis muestran los promedios usados para obtener los diferentes valores de pH utilizados en los experimentos.

Un estudio de los resultados indica que, al igual que con el plomo, la extracción de cadmio aumenta ligeramente cuando se reduce el pH, obteniendo la máxima extracción con un pH de 1,0 aproximadamente. Puede ser de interés particular el resultado obtenido con el tubo de plástico No. 290, expuesto al agua cruda de Ann Arbor, con un pH inicial de 9,5 donde

no se produjo extracción de cadmio. No obstante, en este caso, pudo ser extraída una pequeña cantidad, pero fue tan reducida que caía por debajo del límite de sensibilidad del método usado, ya que bajo condiciones similares, usando agua de Ann Arbor cruda con un pH de 9,6 y una muestra conteniendo 2% de cadmio, se produjo una extracción de 0,09 mg por litro.

No se pudo observar ninguna regularidad en los cambios del pH antes y después de la exposición, con la excepción de un decrecimiento significativo en todos los casos en que se utilizó el agua de Ann Arbor con el plástico y un incremento más o menos general en las aguas en que intencionalmente habían sido bajados los pH. Los controles siguieron esta pauta general, por lo que no se da importancia particular a estos cambios de pH. Las determinaciones efectuadas sobre los controles (aguas sin plástico) dieron resultados negativos para cadmio y bario. Estos resultados no están incluidos en los cuadros.

En ningún caso, ni siquiera con los valores de pH más bajos, se puso de manifiesto la extracción de bario.

SABOR Y OLOR

Ensayos organolépticos

Se dedicó mucho esfuerzo al estudio del sabor y del olor. Se reconoce que los sabores y los olores son relativos y que algunos de ellos son peculiares al sistema de abastecimiento de agua. Los sabores y los olores deben ser considerados como importantes únicamente cuando, a consecuencia del contacto con plástico, pueden resultar apreciablemente modificados, haciéndose objetables.

Los sabores y olores fueron determinados únicamente en aguas expuestas al tubo de plástico usando el método de extracción y también en aguas similares recirculadas a través de un sistema de tubos de plástico, tomando en cuenta de esta manera el efecto de las conexiones y compuestos utilizados en las juntas.

Jurado examinador para sabor y olor

Los cinco miembros del jurado fueron escogidos entre un grupo numeroso, después de haber demostrado su habilidad en la diferenciación de sabores y olores en muestras especialmente preparadas de composiciones desconocidas para ellos.

Cada serie de muestras fue preparada en botellas de vidrio lisas, ostentando únicamente un número. Estas fueron conservadas a una temperatura de 60°C para el ensayo, de acuerdo con los métodos descritos en la novena edición de *Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water*.

Además de la descripción de cada olor, se anotó la intensidad indicada por el número de olor incipiente. Esto se basa en el grado de dilución con agua inodora. Los números más altos indican olores más fuertes. El sabor fue determinado sobre muestras no diluidas, a la temperatura ambiente. Se reconoce que el sabor y el olor no pueden ser separados, aunque tanto uno como otro fueron descritos por cada miembro del jurado.

Examen del agua expuesta al plástico en pruebas de extracción

El método de extracción fue usado para exponer el agua de ensayo Illinois No. 1 a los tubos plásticos 110, 140, 150 y 200, para exámenes de sabor y olor. Además de las muestras de agua expuestas a estos plásticos, fueron examinadas muestras de agua no tratada, como control. El agua de ensayo Illinois No. 2 fue también expuesta a muestras segmentadas de tubos plásticos Nos. 110, 140, 150 y 200 con controles similares. Algunas de las mismas muestras fueron hechas con agua de ensayo Illinois No. 3 y con agua de Ann Arbor. Se usaron tuberías de cobre como un control adicional.

La muestra de tubo plástico No. 200 impartió un olor perceptible de baja intensidad, número de olor incipiente 6, tanto al agua de Illinois No. 1 (Prueba No. 4) como a la No. 2 (Prueba

No. 14). Con el agua de Ann Arbor (Prueba No. 29) el olor fue más pronunciado, dando un número de olor incipiente de 25. Las características de los olores fueron descritas, en la mayoría de los casos, como de sustancias químicas o medicinales. (En el Informe de Investigación se dan más detalles.)

Algunos de los controles dieron olores tan intensos como los obtenidos en las aguas expuestas al tubo de plástico. No obstante, los olores y sabores de las aguas expuestas a plásticos fueron generalmente descritos como de sustancias químicas o medicinales, mientras que los de los controles fueron descritos como sosos, a agua estancada o a moho.

Se observó poca diferencia entre los efectos producidos por las aguas de orígenes diferentes usadas en esta parte de la investigación, y el agua de Ann Arbor parece ser tan agresiva como las otras en la captación de olores y sabores. Esto convenció a los investigadores de que el agua de Ann Arbor sería apta para ser usada como agua de ensayo, en lugar de importar agua de diferentes lugares para el programa de investigación.

Métodos para unir tubos de plástico

Como se consideró conveniente incluir el efecto de los procedimientos de hacer las juntas en los estudios de sabores y olores, es pertinente dar aquí una descripción breve del proceso utilizado para unir los tubos.

Los procedimientos para juntar los tubos de plástico, recomendados por los fabricantes, incluyen una peculiaridad que puede tener una influencia importante en el olor y sabor; específicamente, el proceso de unir los tubos utilizando sustancias cementantes.

La muestra de tubo de plástico No. 200 fue cementada por medio del método siguiente: Se aplicó el solvente por medio de una brocha pequeña sobre la superficie del tubo donde se iba a hacer la junta y también sobre la superficie interna del codo que iba a ser conectado al tubo. Las superficies así cubiertas fueron dejadas en reposo por cinco a diez segundos, entonces el

cemento suplido por el fabricante se aplicó con otra brocha sobre la porción del tubo de $\frac{3}{8}$ " , tratada con solvente pero no en el interior del manguito solapado. Entonces el codo de 90° fue empujado sobre la extremidad del tubo. El exceso de cemento se acumula alrededor del borde de contacto del manguito a medida que el codo se desliza sobre el extremo cubierto de cemento del tubo. El tubo se hace girar aproximadamente una media vuelta dentro del manguito, para obligar a salir posibles burbujas de aire encerradas entre las dos piezas. El cemento no es aplicado en la cara interior del manguito ya que se formarían glomérulos de cemento en el interior del tubo, requiriendo un período de secamiento mucho mayor para obtener una junta cementada libre de solvente. Las juntas cementadas se dejan secar a la temperatura ambiente hasta que el olor del solvente haya desaparecido y después se deja correr agua a través del sistema acabado, para realizar pruebas para la determinación de posibles sabores por solvente. Para conectar plástico con metal se usan conexiones tipo "Swagelock".

El procedimiento descrito fue seguido fielmente en la instalación del sistema de recirculación, para la prueba del tubo de plástico No. 200 (Butirato de acetato de celulosa). A continuación se lavó el sistema usando un detergente sintético seguido de un enjuague meticuloso con agua del abastecimiento público. Sin embargo, se sentía un olor pronunciado del solvente, el cual disminuyó hasta un grado reducido pero aún perceptible durante todo el tiempo en que la unidad estuvo en operación. También puede ser de interés el hecho de que el agua usada en los ensayos de extracción con este tubo, naturalmente eliminando el factor del solvente y cemento, adquirió un olor medicinal, aunque fácilmente diferenciable del olor medicinal del agua en el sistema de recirculación.

Estos últimos resultados están incluidos en la discusión de los ensayos sobre sabor y olor.

Era evidente que los métodos de efectuar las uniones debían quedar incluidos en este estudio, siendo de gran utilidad, para todos los interesa-

dos, el poder disponer de algún tipo de normalización, relativa a las características de los tubos plásticos.

Agua expuesta al plástico por recirculación

El agua fue recirculada por medio de bombeo a través de 100 pies de tubería plástica aproximadamente. Con la excepción del período de exposición de tres minutos, el agua fue automáticamente recirculada durante 30 minutos, y luego dejada en reposo por 30 minutos alternadamente a través de cada ciclo. Este procedimiento tuvo el propósito de simular las condiciones existentes en una instalación en uso.

Al comienzo se notaron olores muy fuertes y enturbamiento del agua recirculada en la muestra de plástico No. 200. El solvente usado tenía un olor fuerte, por lo que los ensayos fueron repetidos, después de una limpieza cabal con una solución de detergente, agua y aire. Los resultados indican que se obtuvieron olores muy fuertes, descritos como olores de sustancias químicas, con el agua recirculada durante 24 horas, a través del sistema del plástico No. 200, ya lavado (Prueba No. 1). Con el tiempo de recirculación disminuido a tres minutos (Prueba No. 3) los olores fueron descritos en forma similar, siendo claramente perceptibles aun cuando no tan fuertes. La recirculación continuada de esta agua durante siete días (Prueba No. 6) resultó en una ligera reducción de la intensidad del olor. Los olores y sabores fueron todavía descritos por el jurado examinador como de productos químicos o de frutas.

La muestra del tubo de plástico No. 150 (polietileno) impartió al agua un ligero olor en 24 horas, siendo éste descrito como de productos químicos, y el sabor fue variablemente descrito como a moho, soso, amargo o ligeramente dulce. Después de siete días de recirculación en el mismo sistema, el olor no era lo suficientemente intenso como para dar un número significativo de olor incipiente.

Los dos controles fueron recirculados, durante siete días cada uno, en un sistema de tuberías

de acero galvanizado (Pruebas Nos. 4 y 7), unidos con cemento corriente para juntas de tubos de acero, y mostraron en un caso un número de sabor incipiente de cinco y en el otro un número bajo, indeterminado. Los sabores fueron descritos en forma variada en términos tales como de pintura, de celuloide y de mastique. Se cree que estos sabores se debían al compuesto para las juntas y se redujeron levemente en el segundo ensayo, realizado después de un lavado cabal del sistema.

Los controles dieron olores perceptibles de intensidad muy baja y sabores descritos como de agua estancada o sosa.

En ensayos adicionales, se hizo recircular el agua de Ann Arbor a temperatura ambiente (aproximadamente 20°C) durante siete días a través del tubo bajo prueba No. 120 (poliestireno modificado al caucho). Los resultados del examen por el jurado examinador del sabor y olor en las muestras de esta agua aparecen en el cuadro 12 del Informe de Investigación mencionado. Estos se han comparado con los resultados obtenidos con agua expuesta al mismo plástico durante tres días, en recipientes, a 35°C, con agua recirculada en forma similar durante siete días, a través de un sistema de control de tuberías de acero galvanizado y con agua no tratada, conservada durante tres días a 35°C y 10°C, respectivamente.

La muestra 130 (polietileno especial) dio un número de olor incipiente ligeramente superior al del control de tubos de acero galvanizado. La muestra 120 dio números de olor incipiente ligeramente inferiores. Las descripciones de los olores de las aguas expuestas al tubo de acero galvanizado son algo diferentes a las del resto. No obstante, no se considera como significativa ninguna de las diferencias en los números de olor incipiente o en la descripción del olor.

Olores impartidos por recirculación comparados con los de extracción

Se puede hacer una comparación entre los resultados del ensayo de la muestra No. 200 en cuanto a los sabores y olores impartidos al agua

por extracción, indicados en el cuadro 10, y por recirculación, dados en el cuadro 11 del Informe de Investigación. Los olores impartidos al agua Illinois No. 1, por extracción, son de intensidad inferior a los obtenidos primeramente por recirculación del agua de Ann Arbor, a través de este tubo. Hay índices de que el fuerte olor del agua recirculada por primera vez es debido principalmente al solvente y/o al cemento utilizado en la junta. Este olor fue reducido en la repetición de la recirculación, después de varios lavados del sistema con aire comprimido y agua. El olor del número de olor incipiente de 25 impartido por el plástico No. 200 al agua de Ann Arbor, indica la posibilidad de la extracción de un ligero olor del tubo mismo.

Fueron realizados ensayos adicionales para comparar el efecto de ciertos tubos de plástico sobre el olor y sabor del agua, tanto por recirculación como por extracción. Para la muestra No. 140 (PVC) se realizaron ensayos con agua recirculada por siete días en un sistema ensamblado con compuesto adhesivo, suministrado por el fabricante del tubo. Se comparó el olor y sabor de ésta con los del agua que había estado en contacto con segmentos de este tubo por tres días a 35°C, y de manera similar, por tres días a 10°C. Los promedios geométricos de los números de olor incipiente, para estos tres ensayos, fueron 4,3, 23 y 3,3, respectivamente. Los dos números inferiores no son mayores que los obtenidos con los controles de agua sin tratar y por lo tanto, no son significativos. El número de olor incipiente de 23 es un poco mayor que el número 19 obtenido en el agua de control recirculada por un sistema de tuberías de acero galvanizado durante siete días. El olor y el sabor fueron semejantes a los obtenidos cuando el sistema estaba recién ensamblado, aunque había sido usado muchas veces antes de este ensayo.

Se hizo un ensayo recirculando agua durante siete días en tuberías de plástico No. 220. Este dio un número de olor incipiente (promedio geométrico) de 8, lo cual es poco significativo, si se compara con el 19 obtenido en el sistema

de recirculación en tuberías de acero galvanizado.

Las descripciones de los olores y sabores varían considerablemente, pero probablemente son de poca importancia, excepto cuando tres o más miembros del jurado están de acuerdo. Es interesante notar que al describir el olor del agua recirculada en el sistema de acero galvanizado, dos de ellos describieron el olor como mastique, dos como de pasta y el quinto miembro del jurado como de caucho, siendo todos los términos bastante similares, lo que hace pensar que el olor es debido al compuesto utilizado en las juntas. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que esta tubería fue ensamblada más de un año antes de estos ensayos y que el sistema ha sido usado con frecuencia durante este tiempo, por lo que el compuesto debería haber estado completamente seco y lavado.

Algunos de los plásticos en las muestras ensayadas tienen olores característicos y el agua estancada en ellos por algunos días, en un sistema cerrado, dio un olor fuerte al drenarla. No obstante, esto también ocurrió en un sistema cerrado de tubos de acero galvanizado, siendo el olor típico del compuesto usado en las juntas.

Resumen de los estudios sobre sabor y olor

Ninguno de los trabajos sobre sabores u olores indica que alguno de los tipos de tubos de plástico usados es propenso a impartir olores o sabores al agua, en un sistema ordinario de distribución de agua usado regularmente, excepto en los sistemas recién ensamblados de tuberías plásticas, en los cuales se usen solventes o cementos de alta volatilidad en las juntas y que no hayan sido completamente aereados y lavados antes de realizar exámenes de olores o sabores.

REACCIONES DE LA CLORACION

Efecto del tubo de plástico sobre el cloro residual en el sistema de distribución

A fin de determinar el efecto, si lo hay, del tubo de plástico sobre el cloro residual del

agua en el sistema de distribución, se hicieron una serie de ensayos. Manteniendo la misma relación de área superficial a volumen sobre la cual se ha basado todo el trabajo con el método de extracción, las áreas superficiales indicadas de todos los tubos de plástico se expusieron a sus volúmenes correspondientes de agua del sistema de distribución, conteniendo un cloro residual de 0,8 ppm total, 0,1 ppm activo, y 0,7 ppm combinado. Cinco juegos idénticos de cada plástico fueron expuestos, mantenidos en la oscuridad a 10°C por los períodos especificados, los cuales fueron de una, dos, tres, cinco, 24 y 48 horas, al final de las cuales se efectuaron las determinaciones OTA (ortotolidina-arsenito). Los controles comprendieron agua sin tratar y también tubería de cobre, expuesta a la misma agua que las muestras del tubo de plástico, en relaciones equivalentes de área superficial a volumen.

Aunque los diferentes tubos de plástico fueron expuestos individualmente, los resultados están dados solamente por el promedio de los valores de cada grupo de plásticos y sus límites superior e inferior. Un solo operador realizó todas las determinaciones OTA y una verificación de reproducibilidad, por medio de determinaciones sobre duplicados y triplicados de muestras, de contenido desconocido para el operador, dió resultados idénticos para idénticas incógnitas. Por lo tanto, las pequeñas diferencias que aparecieron en los resultados obtenidos probablemente no se deben a error experimental.

Los valores promedios para los cuatro grupos de plásticos muestran tendencias muy similares en la reducción gradual del cloro residual con el tiempo. Hay una reducción similar, aunque ligeramente más lenta, del cloro residual en el agua de control. El control con tubería de cobre muestra una reducción algo más lenta, durante las primeras tres horas, que los valores promedios para plásticos, después de lo cual la tendencia es similar. La diferencia no se considera significativa.

La diferencia entre el promedio para cada grupo y los límites superior e inferior representa

las variaciones dentro de cada grupo de muestras de plástico, ya que las determinaciones fueron hechas con muestras individuales. En ningún caso la reducción del cloro residual es tan rápida como para cambiar materialmente la efectividad de la cloración del agua del sistema de distribución, en contacto con tubos plásticos.

Desinfección experimental de tuberías plásticas

La posibilidad de efectuar la desinfección de un sistema de tuberías plásticas con agua de calidad satisfactoria para uso doméstico, antes de ser puesto en servicio, bien sea nuevo, o después de haberse utilizado con aguas crudas o contaminadas, o después de terminar alguna operación de mantenimiento o reparación, fue una consideración importante en estos estudios.

Es de notar que los metales no absorben el agua, mientras que con los materiales plásticos la absorción puede variar desde cantidades no importantes hasta cantidades considerables. Por supuesto, fue necesario investigar el efecto de la absorción del agua por el tubo plástico sobre la facilidad de la desinfección.

En tal sentido, los siguientes tratamientos fueron puestos en práctica, utilizando los sistemas de recirculación de tubos de plástico y un sistema de recirculación de tubos de acero galvanizado como control. Junto con estas determinaciones se realizaron ensayos con una muestra representativa de cada grupo de plástico y de controles de acero galvanizado y cobre, usando altas concentraciones de cloro, para determinar si ocurrían efectos desfavorables sobre los plásticos.

Procedimientos de desinfección

Sistemas: Un sistema de recirculación de tubos plásticos representando cada uno de los cuatro grupos.

Control: Acero galvanizado.

Dosis: Como se indica en los cuadros 16, 17 y 18 del Informe.

Procedimiento:

1. Cada sistema fue cuidadosamente lavado

con agua conteniendo un detergente (0,5%), seguido por un enjuague cabal con agua limpia del acueducto público. La cabalidad del enjuague se verificó con un indicador. Finalmente se dejaron drenar y secar las instalaciones.

2. Los cálculos basados en la longitud y el diámetro interior de las tuberías indicaron que cada sistema podría contener aproximadamente cuatro galones de agua. Por lo tanto, fueron sembrados con un cultivo de 24 horas de suspensión de *E. coli*, en cinco galones de agua neutralizada y declorada del acueducto público. El agua sembrada fue recirculada en el sistema durante 15 minutos y luego extraída. Por ser el *E. coli* altamente susceptible al desecamiento, se comenzó la cloración inmediatamente después de vaciar el sistema contaminado. Para determinar las concentraciones de la siembra, fueron colocadas partes alícuotas del agua sembrada en diluciones decimales sobre agar-bilis-rojo-violeta.

3. Los sistemas se llenaron con cinco galones de solución de hipoclorito, preparada con el agua del acueducto público a su pH normal de 9,6, la que luego se recirculó a través de ellos durante cinco minutos, para asegurar un contacto íntimo con todas las partes de los sistemas, siendo la temperatura de la solución de 25°C. Excepto cuando se especifica lo contrario, la bomba fue entonces parada, manteniéndose la solución inmóvil en el sistema durante 24 horas.

4. Procedimiento de prueba de enjuague: Al finalizar el período de contacto de 24 horas, la solución de cloro fue extraída de los sistemas, enjuagándose éstos luego con agua del grifo, hasta que las determinaciones de cloro residual dieron los mismos resultados que con el agua del grifo usada para el enjuague.

Los sistemas fueron entonces cuidadosamente vaciados y enjuagados con cinco galones de agua del grifo, declorada y neutralizada, sobre la cual se efectuaron exámenes de *E. coli*, antes y después del enjuague. Se añadió suficiente tiosulfato de sodio a esta agua de enjuague para neutralizar cualquier cloro residual que pudiese haber en los sistemas, proveniente del enjuague anterior con agua del grifo.

5. Muestreo: Se captaron dos litros del agua de enjuague en las salidas de los sistemas, en recipientes estériles, bajo condiciones asépticas.

6. Exámenes: Se colocaron partes alícuotas en platos de agar-bilis-rojo-violeta en cantidades de 10, 1,0 y 0,1 ml, y se sembraron partes alícuotas en tubos de fermentación con caldo de lactosa, cinco de 10 ml, cinco de 1 ml, y cinco de 0,1 ml.

Se pasó un litro de agua de cada sistema por un filtro de membrana, y se colocó en un medio de cultivo durante dos horas, a 35°C, transfiriéndose luego a un medio Endo por el resto de las 16 horas de incubación.

Resultados de los ensayos de desinfección

Los experimentos de desinfección fueron realizados con sistemas construidos con los siguientes tubos plásticos:

- 130 Polietileno
- 120 Poliestireno modificado al caucho
- 140 Cloruro de polivinilo
- 220 Polietileno
- 200 Butirato de acetato de celulosa
- 210 Butirato de acetato de celulosa
- 110 Poliestireno modificado al caucho; control de acero galvanizado

Con 200 ppm de hipoclorito, aproximadamente, los sistemas 130, 120 y el de acero galvanizado dieron resultados completamente negativos con las diferentes pruebas usadas, indicando una desinfección satisfactoria con concentraciones de siembra de $2,6 \times 10^6$, $2,8 \times 10^6$ y $2,2 \times 10^6$, respectivamente. En otra serie de determinaciones, se obtuvieron resultados completamente negativos en los exámenes de *E. coli* con el sistema No. 220 de polietileno y con el control de acero galvanizado, usando solución de hipoclorito de 200 ppm aproximadamente. Aunque algunos organismos de *E. coli* sobrevivieron el tratamiento en los sistemas conteniendo tubos No. 140 y No. 200, los números son suficientemente bajos como para indicar lo que se considera una desinfección química satisfactoria.

Los sistemas 210 (butirato de acetato de celulosa) y el control, sometidos a una desinfección con solución de 50 ppm de hipoclorito, dieron resultados completamente negativos para *E. coli* después del tratamiento. Los ensayos de enjuague practicados en los mismos sistemas, una vez enjuagados éstos, después de ser vaciados y dejados en reposo durante 24 y 48 horas a la temperatura del ambiente, indicaron que algunos organismos sobrevivieron al tratamiento.

Al usar el sistema de tubos de plástico No. 110 (poliestireno) y el control, empleando una solución de hipoclorito de 25 ppm aproximadamente, se obtuvieron resultados satisfactorios con el tubo de plástico, pero quedó un pequeño residual de sobrevivientes en el control de acero galvanizado.

Todos los tratamientos de cloración descritos fueron efectuados con agua de Ann Arbor con un pH promedio de 9,6. Tomando en consideración todos los resultados y la reacción generalmente alcalina del agua del acueducto, se considera conveniente fijar el límite, en lo que a la concentración del cloro se refiere, en 50 ppm, o preferiblemente más.

De estos resultados se llega a la conclusión de que el tubo de plástico puede ser desinfectado satisfactoriamente, no debiendo producir más problemas que los correspondientes a la desinfección de tubos metálicos.

Efecto de altas concentraciones de cloro sobre el tubo plástico

Con el fin de determinar el efecto, si lo hay, de altas concentraciones de cloro sobre los diferentes grupos de tubos de plástico, se realizó un experimento exponiendo piezas íntegras cortas de tubos a la acción de concentraciones de cloro, desde 800 hasta 900 ppm. Estos ensayos fueron hechos para obtener información aplicable al uso de los procedimientos de desinfección y cloro residual del agua del sistema de distribución sobre la tubería plástica. Con fines comparativos, se sometieron a idéntico tratamiento pedazos de

tubos de cobre y de acero galvanizado. Una muestra representativa de cada grupo de tubos plásticos fue escogida para el estudio. La exposición duró 20 horas a 25°C, en agua del acueducto de Ann Arbor, clorada con un pH de 9,6. Se conservaron especímenes de control en un desecador durante el período de exposición. Todos los especímenes fueron conservados en el desecador antes del tratamiento, y lavados, enjuagados, secados y puestos en el desecador por un período de 20 horas a 25°C, después del tratamiento, antes de efectuar las determinaciones.

Es interesante destacar que la muestra de acero galvanizado desarrolló la máxima reducción del cloro durante el período de exposición. Las mediciones realizadas antes y después de la exposición al cloro no indicaron diferencia en ninguna de las muestras de plástico ensayadas.

No se observó ningún cambio en el color o en otras características físicas visibles en las muestras de plásticos en comparación con los controles, aun cuando el espécimen de acero galvanizado mostró apreciable oxidación y deterioro, y el de cobre resultó con toda su superficie interna enmohecida.

Las muestras del tubo de plástico No. 260 y No. 280 parecieron haber aumentado ligeramente de peso en comparación con los controles, mientras que el tubo No. 150 mostró un ligero aumento, tanto en el espécimen ensayado como en el de control. El tubo de plástico No. 200 pareció haber perdido más peso en el control que en la muestra ensayada. Este fenómeno puede estar relacionado con el hecho de que el butirato de acetato de celulosa, al cual pertenece el grupo No. 200, tiende a mostrar mayor absorción de agua que los otros materiales plásticos, y durante el período de desecación pierden humedad suficiente como para justificar esta pérdida. El hecho de que la muestra ensayada acuse una pérdida significativamente menor, puede ser debido a una desecación menos eficiente después de la exposición, condiciones bajo las cuales por supuesto absorbería más humedad

que la que podría absorber el control de la atmósfera solamente.

Resumen

La evaluación de todos estos datos lleva a la conclusión de que el efecto de las altas concentraciones de cloro sobre los tubos plásticos puede ser considerado como negativo para todos los fines prácticos, y que los metales usados muestran efectos adversos, como es bien sabido.

La investigación sobre plásticos de la FNS consideró, primordialmente, los efectos tóxicos que pueden resultar de los tubos plásticos en el agua potable. No obstante, se decidió realizar algunos ensayos para determinar los efectos a largo plazo sobre los tubos, cuando se les expone a ciertos suelos, al aire y al agua. Lo siguiente es un informe de estas experiencias.

Condiciones de los ensayos—Contacto con el aire, agua y suelo

Los especímenes de tubos de plástico, en esta fase de trabajo, consistieron en pedazos de tubos cortados longitudinalmente por la mitad, teniendo una longitud de $6\frac{1}{2}$ " , aproximadamente. Se usaron como recipientes botellas de vidrio de un litro de capacidad, con boca ancha con tapones de vidrio. En los ensayos que utilizaban suelo y agua, las tiras fueron colocadas en la botella en posición vertical, de manera que únicamente los extremos estuviesen en contacto con el vidrio. Los cantos y las superficies externas e internas del plástico estaban en contacto solamente con el agua y con el suelo, según el experimento.

En los ensayos de contacto con el agua, las botellas fueron llenadas hasta la mitad, usando el agua del acueducto público de Ann Arbor, y los tapones de vidrio fueron sellados con parafina para hacer un sello a prueba de aire; de esta manera se evitó la evaporación. Las botellas así preparadas se conservaron en una incubadora a 35°C durante un año.

En los ensayos de contacto con el suelo se utilizó un suelo agresivo con un pH de 2.0. Se usó

la misma clase de botellas que para los ensayos de contacto con el agua, excepto que no se taparon, para que pudiese ocurrir una evaporación en la incubadora a 35°C , en la cual se conservaron durante un año. Se usó agua destilada para reponer la pérdida por evaporación, por peso, a intervalos, simulando condiciones naturales de lluvias ocasionales. Nunca se dejó que el suelo llegase a una sequedad absoluta, aunque casi se llegaba cerca de dicho estado antes de reponer el agua evaporada.

En los ensayos de contacto con la atmósfera, las tiras de tubo de plástico fueron suspendidas de un alambre, por medio de perforaciones en un extremo, y colgadas en una azotea, usando muestras duplicadas colgadas de frente, en direcciones opuestas. Un juego de muestras se colocó de frente al este, y el otro hacia el oeste. La exposición, también en este caso, duró aproximadamente un año.

Controles

En todos estos ensayos se incluyeron tiras de tubos de cobre y acero galvanizado. Se conservaron controles de tubo plástico en botellas al vacío a la temperatura ambiente, en la oscuridad, para los ensayos de contacto con la atmósfera, y en la incubadora para los ensayos de contacto del agua y del suelo. Se almacenaron muestras del agua y del suelo, sin el plástico, a las temperaturas señaladas.

Todos los especímenes fueron cuidadosamente lavados, enjuagados, secados y pesados en una balanza analítica, antes y después de la exposición a los factores estudiados.

Resultados

Las observaciones hechas sobre el agua en contacto con estas muestras aparecen en el cuadro 21 del Informe. Aunque hubo una alteración considerable del color de esta agua, debe recordarse que el período de contacto fue de alrededor de un año y que se mantuvo una temperatura de 35°C durante todo este período. Es interesante destacar que el pH de las aguas

en contacto con los diferentes plásticos disminuyó de un 9,5 inicial a un 5,1, en el caso del agua en contacto con la muestra de butirato de acetato de celulosa. El pH del agua en contacto con el control de cobre bajó a 7,3, mientras el pH del agua en contacto con el acero galvanizado aumentó a 10,1. La alteración del color del agua en contacto con el tubo de acero galvanizado fue mayor que en la del contacto con cualquiera de los tubos de plástico, aparentemente por la formación de un floculo blanco cristalino. La apariencia del tubo de acero galvanizado y del agua fue bastante normal.

El examen microscópico del agua mostró un desarrollo de hongos en muchos casos. No obstante esto no fue excesivo si se considera el largo período durante el cual el tubo fue mantenido a la temperatura de incubación.

Los aumentos y disminuciones de peso, sea por absorción de agua no removible por desecación o de sustancias contenidas en estas aguas, o por la extracción de los ingredientes del plástico, deben reflejarse en los pesos que aparecen en el cuadro 22 del Informe. La mayoría de los aumentos o disminuciones son inferiores al medio por ciento del peso del espécimen. El aumento sobresaliente es de 9%, aproximadamente, de la muestra de poliestireno modificado al caucho. Los resultados de los duplicados se encuentran dentro de un límite de variación de 1,1%, confirmando este resultado. La pérdida del 1,04% en un espécimen de la muestra de cloruro de polivinilo no se confirmó en el duplicado, por lo tanto, no se considera significativo. Los cambios en los controles de acero galvanizado y cobre son más bien leves. Se tomó nota del efecto de un suelo agresivo con pH de 2,0 sobre el peso de especímenes de tubos enterrados en él, a la temperatura de 35°C durante un año. También en este caso el aumento importante ocurrió en el peso del poliestireno modificado al caucho. Los especímenes duplicados mostraron aumentos del 1,92 y 1,22%, respectivamente, o un promedio de 1,6 por ciento. El aumento de peso entre un 0,5 y 0,6% en ambos

especímenes de la muestra de butirato de acetato de celulosa No. 200, pueden tener alguna significación, así como una reducción similar en el peso del control del tubo de cobre.

Los resultados de la acción natural de la atmósfera sobre los tubos de plástico, durante un año, se muestran en el cuadro 24 del Informe. El efecto más significativo es la reducción confirmada de poco más del 3% del peso de la muestra de butirato de acetato de celulosa No. 180, y un incremento confirmado de 1%, aproximadamente, en el peso de la muestra No. 260 del poliestireno modificado al caucho.

ALIMENTACION DE ANIMALES

Con la idea de que alguna o algunas sustancias dañinas podrían ser extraídas del tubo de plástico, para las cuales no se hubiesen hecho análisis químicos, o que pudiesen estar presentes en cantidades demasiado pequeñas para que fuesen puestas de manifiesto por los métodos usados o disponibles, se estableció el método de alimentación de animales. El Comité Consultivo de Salud Pública de la Fundación decidió que los estudios sobre alimentación de animales eran necesarios para asegurar la no existencia de tóxicos u otras sustancias en los tubos de plástico ofrecidos para el transporte de agua potable.

Para llevar a cabo estos estudios, se alimentaron colonias de ratas exclusivamente con agua que había estado en contacto prolongado con diferentes clases de tubos plásticos. Se consideró el método de alimentarlas con tubos plásticos pulverizados, pero se llegó a la conclusión de que esto no llenaba ningún propósito útil. El objetivo más importante de esta investigación es el determinar si las aguas sometidas al contacto con tubos plásticos podrían resultar, en alguna forma, dañinas para el hombre por ese contacto. Originalmente, se planeó el uso de los sistemas de recirculación para obtener el agua de ensayo que luego sería dada a los animales de ensayo. Sin embargo, este procedimiento resultaría muy demorado. El

método de extracción fue aceptado para acelerar cualesquiera reacciones entre el agua y el tubo.

Agrupación de las muestras—Controles

Para mantener el número de animales experimentales dentro de lo razonable, las 22 muestras de tubos de plástico sometidas a ensayo fueron agrupadas según los componentes básicos y la posibilidad de contener ingredientes extraíbles o tóxicos. La relación del área superficial de plástico al volumen del agua en contacto con el mismo fue la misma previamente presentada en este informe. Para el control de metal se seleccionó el cobre en lugar de acero galvanizado, porque el acero galvanizado se corroe a lo largo del canto cortado, introduciendo un factor indeseable en los estudios.

El grupo A incluyó tres muestras de tubos de polietileno, el grupo B ocho muestras de tubos clasificados como poliestireno modificado al caucho, el grupo C cinco muestras de tubos de cloruro de polivinilo incluyendo Saran, el grupo D tres muestras de butirato de acetato de celulosa y el grupo E consistió en una muestra de tubo de polietileno, del cual se había demostrado, en estudios previos, que el color era extraíble, uno conteniendo un pequeño porcentaje de estabilizador de plomo y el otro de cadmio.

El agua fue decantada, después de exponerla por tres días al plástico, a 35°C, separándola del plástico en recipientes de vidrio esterilizados con tapones del mismo material y conservada a temperatura de refrigeración hasta el momento de serle administrada a los animales. Como se había encontrado que la extracción del plomo de tubos que contienen este ingrediente era una función del pH—a más bajo pH mayor extracción de plomo—se utilizó el agua de Ann Arbor ajustando el pH alrededor de 5,0 por medio de CO₂ libre antes de exponerla al plástico.

Las ratas y el alojamiento

Se utilizaron en este experimento ratas Wistar destetadas, divididas por igual según el sexo. Los animales fueron alojados individualmente

en jaulas cilíndricas de una altura total de 9 pulgadas, con un diámetro interno de 8½ pulgadas y 7 pulgadas de altura interior, y tenían cubiertas y planchas de fondo removibles. Las paredes laterales y el piso fijo eran de malla metálica hecha con alambre No. 18 (B & S Gauge) con tres aberturas por pulgada, la tapa y el fondo eran intercambiables, de una pulgada de profundidad, hechos de chapa metálica. Todas las superficies exteriores se pintaron con pintura de aluminio, galvanizándose la malla después de tejida. Las jaulas fueron colocadas en hileras dobles, en estantes metálicos ubicados en una habitación especial, usada exclusivamente para alojar las colonias.

Bajo las condiciones existentes, había poca posibilidad de controlar la humedad. Las lecturas de la humedad relativa, en un período de ocho días, variaron de 48 a 87%, con un promedio de 68 por ciento.

Recipientes para alimentos y agua

Las jaulas y los recipientes para alimentos y agua fueron esterilizados, aproximadamente cada mes, o más frecuentemente cuando se consideró necesario. Se diseñaron para estos estudios recipientes especiales de aluminio para los alimentos y botellas de vidrio para el agua. Aunque fue utilizado en cada bebedero un tapón especial de neopreno, éste estaba sobre el nivel del agua y el agua nunca estuvo en contacto con el tapón. De esta manera se eliminó la posibilidad de que algún constituyente de la goma pudiese entrar en los experimentos inadvertidamente. Las botellas fueron fabricadas a propósito para contener 350 ml de agua, aproximadamente, de manera que ésta estuviera siempre disponible, sin necesidad de ser llenadas diariamente, como ocurriría en el caso de tubos de 100 ml. Esto fue necesario para ahorrar mano de obra, requerida para otros quehaceres en relación con este estudio.

Colonias de ratas usadas en los ensayos

Se establecieron siete colonias. Todas fueron alimentadas con la misma ración básica, con-

sistente en "Purina Dog Chow Checkers". Cinco de estas colonias recibieron solamente agua experimental que había estado en contacto prolongado con tubo de plástico, según el proceso normalizado, de cada uno de los cinco grupos descritos anteriormente. Las dos colonias restantes fueron utilizadas como controles, recibiendo una solamente agua de ensayo, similarmente tratada, con la excepción de que ningún plástico o metal había estado en contacto con ella, y la otra recibió agua de ensayo que había estado en contacto con tubo de cobre, bajo condiciones idénticas a aquellas bajo las cuales el tubo plástico fue expuesto al agua.

Notas de laboratorio

Para estos estudios se tomó nota del consumo de alimentos y agua de cada una de las ratas. A intervalos apropiados, los animales fueron pesados, y se les extrajo sangre para recuento globular y determinación de la hemoglobina. En el caso del grupo de control y del grupo E, también se hicieron exámenes de determinación de plomo y cadmio en la orina y en la sangre. A intervalos de seis meses, un animal de cada grupo fue sacrificado y se le hizo la autopsia. A todas las ratas que murieron por cualquier causa también se les hizo la autopsia. Igualmente se anotó el aspecto general de cada animal.

Las ratas fueron sacrificadas, cuando era necesario, por trauma en la cabeza, seguido de sangría de la vena yugular. Las autopsias fueron realizadas por patólogos. Se examinaron el corazón, pulmones, hígado, bazo, riñones, glándulas suprarrenales, páncreas e intestinos de cada una de las ratas. Para los exámenes de sangre se obtuvo sangre venosa del seno orbital de la rata, luego de que las cercenaduras de la cola resultaron ineficaces cuando las colas se hacían demasiado cortas. La orina acumulada en 12 horas se recolectó en "fiber glass".

Bacterias en el agua suministrada a las ratas

El mantener el agua a ser suministrada a las ratas bacteriológicamente satisfactoria, bajo las

condiciones de preparación, almacenamiento y uso, resultó ser un serio problema. En verdad, el agua podía ser congelada, pasteurizada o filtrada en filtros que retienen las bacterias, pero tales medidas podían alterar o remover algunos de los constituyentes que pudiesen estar en el agua y anular el valor de los experimentos. Los experimentos preliminares indicaron que, como resultado de la contaminación accidental y reproducción, pueden encontrarse poblaciones bacterianas relativamente altas aun cuando el recuento inicial fuese bajo. Los exámenes realizados indican que cuando se usaron recipientes estériles, agua del grifo y plástico sin esterilizar, la contaminación inicial, que puede ser debida al plástico o al agua o a ambos, es muy baja desde el punto de vista del recuento total y nula en lo concerniente a los organismos coliformes. Al ser incubados, se nota un aumento interesante del recuento total, especialmente con el grupo B (poliestireno modificado al caucho), aun a las temperaturas más bajas (10°C). Este recuento fluctúa más o menos hasta el noveno día de almacenamiento, cuando alcanza un conteo de 6.200.000 por ml. El grupo D (butirato de acetato de celulosa) y el control de cobre, siguieron este patrón, en un grado mucho menor. Sorprendentemente, los grupos A, C y E y el control de agua sin tratamiento no sólo muestran una contaminación inicial poco importante sino que no experimentan ningún aumento del recuento durante un período de nueve días a 10°C. Esto puede indicar, con la comprobación experimental subsiguiente, que los aumentos significativos del recuento pueden ser debidos a sustancias extraídas de aquellos plásticos, las cuales forman un material nutritivo para los organismos en cuestión, aunque esto no está comprobado en la actualidad. El período de incubación de tres días dio, en todos los casos, resultados negativos para organismos coliformes. Se requieren experimentos más amplios en este sentido.

En lo que se refiere a los bebederos (botellas), y teniendo en cuenta que estos recipientes estaban en las jaulas y en uso por las ratas a la

temperatura ambiente, es evidente un aumento sustancial en el número de microorganismos con el uso, independientemente del plástico o control en cuestión. Durante estos experimentos, se observó que las ratas lograron introducir alimentos en las botellas que servían de bebederos, de manera que los resultados globales indican una contaminación alta del agua, principalmente debida a los hábitos de los mismos animales. Los resultados positivos de los exámenes coliformes, después de un día de uso del agua, tienden a reforzar esta conclusión. Además, un examen del alimento ("Purina Dog Chow Checkers") reveló un recuento de coliformes de 64.000 por gramo y un recuento total de 1.900.000 por gramo. Esto significa que aun el agua esterilizada sería contaminada notablemente en 24 horas por los animales y el alimento, y que todo lo que podría lograrse, dentro de lo práctico, sería reducir la contaminación pero no eliminarla en su totalidad. Finalmente, los animales consumen en sus alimentos un número significativo de diferentes microorganismos. La concentración bacterial por ml de agua variaría con el volumen de ésta, con la tasa de consumo y con la cantidad de alimento introducida en el agua durante el proceso de contaminación. Esto puede explicar la tasa de contaminación relativamente más baja del control de agua no tratada. La multiplicación de los contaminantes a la temperatura ambiente es otro factor implicado en el proceso. El número total de bacterias ingeridas con el agua es muy posible que no sobrepase al número probable de bacterias ingeridas por las ratas en su alimentación natural.

Para estos estudios de larga duración se lleva un recuento individual del consumo de agua y de alimento de cada rata. A intervalos apropiados, los animales fueron pesados, y se les extrajo sangre para recuento, y, en el caso del grupo E, se hicieron exámenes de plomo en la sangre.

La alimentación y su efecto sobre el peso

El consumo diario, individual y promedio, de agua y de alimento varió. Ninguna de las ratas

se rehusó a comer el alimento normalizado o a tomar el agua de los ensayos.

La alimentación de las ratas destetadas comenzó el 8 de julio de 1953. No ocurrió ninguna muerte durante los primeros 10 meses. Durante los ocho meses siguientes murió una rata de cada grupo, incluyendo los grupos de cobre y de control, y dos del grupo A, que recibía agua expuesta al polietileno. Todas estas ratas, además de las sacrificadas periódicamente, fueron enviadas inmediatamente al patólogo para la autopsia. Varias ratas, obviamente enfermas con lo que se creyó ser neumonía, recibieron penicilina y se recuperaron rápidamente.

Exámenes de sangre

Los resultados del examen de las muestras de sangre de las ratas en los diferentes grupos no parecen ser anormales. El Sr. John J. Gannon, de la Universidad de Michigan, realizó un análisis estadístico de estos hallazgos, informando que no existe una diferencia significativa en la hemoglobina, en el nivel de 95%, entre cualquiera de los grupos y el grupo de control, excepto, posiblemente, en el grupo B, que recibió agua expuesta a poliestireno modificado al caucho. No encontró ninguna diferencia significativa en los leucocitos al nivel, entre cualquiera de los grupos y el grupo de control. Al examinar los resultados en cuanto a eritrocitos, no señala ninguna diferencia significativa al nivel de 95%, entre cualquier grupo y el grupo de control, excepto que puede atribuirse alguna significación a las diferencias en los grupos D (butirato de acetato de celulosa) y E, el grupo misceláneo. Las opiniones médicas indican que estas diferencias carecen de importancia.

Resultados de las autopsias

Al final de los seis meses de alimentación, se sacrificó una rata de cada grupo, por trauma en la cabeza, seguido de sangría de la vena yugular. Las autopsias fueron realizadas por el Dr. A.

Rabson, Cirujano Asistente Principal, del Servicio de Salud Pública de los Estados Unidos. Se hicieron exámenes del corazón, pulmones, hígado, bazo, riñones, glándulas suprarrenales, páncreas e intestinos de estas ratas. Las observaciones hechas sobre cada una han sido archivadas. Se señaló que la rata número 6 del grupo A (polietileno) mostró evidencias de una leve neumonía bronquial. No hay evidencia de que esta enfermedad fuese estimulada por el agua consumida por esta rata, pareciendo más bien que la infección fue casual. En todas las otras autopsias, específicamente en la de la rata 20 del grupo B (poliestireno modificado al caucho), la rata 30 del grupo C, la rata 40 del grupo D (butirato de acetato de celulosa), la rata 50 del grupo E, la rata 57 del grupo F y la rata 70 del grupo G (agua sin tratar) no se ha informado de "ninguna lesión significativa".

De nuevo al final de los 12 meses, una rata de cada grupo fue sacrificada para la autopsia. Estas, junto con las ratas que murieron y las 36 ratas restantes que fueron sacrificadas al final de las 80 semanas programadas de alimentación, fueron enviadas a la Escuela de Medicina de la Universidad de Michigan para la autopsia, que fue practicada por médicos bajo la supervisión del Dr. Carl V. Weller, Jefe del Departamento de Patología.

Desde luego, no puede esperarse que estos resultados reflejen los efectos a largo plazo, más allá del período de 18 meses; pero no se esperan tales efectos. Los informes de estas autopsias mencionan las enfermedades de los pulmones y los efectos de la vejez como las anomalías principales. Estas son tan aparentes en las ratas de control y las que tomaron agua en contacto con tubo de cobre, como en cualquiera de los grupos que tomaron agua expuesta al contacto de los diferentes tubos de plástico. En lugar de tratar de publicar estos voluminosos informes, éstos fueron sometidos, junto con los otros resultados sobre la alimentación de los animales señalados aquí, a la revisión de un experto, a fin de obtener su opinión.

Evaluación de los resultados por el experto

El Dr. Cary P. McCord, Profesor Residente de Medicina Interna en la Escuela de Salud Pública de la Universidad de Michigan, realizó un estudio de los resultados de los exámenes de las ratas Wistar, como parte de este experimento, incluyendo los informes de las autopsias. Su informe completo es el siguiente:

Naturaleza del experimento

De acuerdo con los planes, esta evaluación está basada en los informes y reseñas del experimento mencionado, suministrados al suscrito. De este material se entiende que unas 70 ratas blancas Wistar fueron sometidas a la ingestión de agua que contenía cantidades de diferentes materiales plásticos, equivalentes a las que podrían ser extraídas de ellos, desmenuzados, sin ninguna manipulación química. La naturaleza de estos materiales se menciona más adelante, pero no hay ninguna información con respecto a la cantidad de cualquier materia experimental que aparezca en cualquier volumen dado de agua. Un grupo de las ratas constituyó exclusivamente un control, otro grupo de igual número, señalado en los informes como el grupo de "cobre", está considerado como otro control. Mediante observación y determinaciones de laboratorio, incluyendo autopsias, se propuso evaluar los efectos, si los hay, de estas diferentes sustancias. Las 70 ratas que constituyeron los grupos de animales experimentales y de control fueron destetadas al empezar el estudio. Al comienzo había machos y hembras en números iguales y los dos sexos fueron mantenidos separados. La dieta de estos animales es desconocida y nada se sabe sobre las condiciones bajo las cuales se les mantuvo.

Naturaleza de los informes suministrados

Ha sido entregada al suscrito una extensa recopilación de informes, aunque no originales, de un gran número de exámenes de laboratorio. Estos datos, en general, corresponden a seis categorías, a saber: exámenes de las células sanguíneas; datos de crecimiento (peso); consumo de alimentos; consumo de agua; estudios de bacterias y hongos y, finalmente, documentos de autopsias.

Parece que, como podía esperarse, algunos ani-

males murieron durante el curso del estudio, pero hacia el final de un período de 18 meses (algunas veces después), los sobrevivientes fueron exterminados y examinados. Estos son los resultados que han sido examinados con miras a descubrir, en lo posible, evidencia de alguna influencia de uno o todos los diferentes materiales sometidos a prueba.

Los materiales sometidos a prueba

Los informes suministrados señalaban los artículos químicos en la siguiente forma:

- Tubo de polietileno.
- Tubo de poliestireno modificado al caucho.
- Tubo de cloruro de polivinilo (incluyendo Saran).
- Tubo de butirato de acetato de celulosa.
- Tubo de polietileno, fabricado con compuesto para aislamiento eléctrico y tubo de cloruro de polivinilo conteniendo plomo y cadmio.
- Tubo de cobre.

Recuento sanguíneo

Esta fase del estudio incluyó el recuento de los glóbulos rojos y blancos, junto con determinaciones de hemoglobina. Los detalles de los métodos usados no fueron señalados, pero no hay ninguna razón para discutir la metodología empleada. Las determinaciones de los elementos de la sangre fueron hechas antes del establecimiento de las exposiciones experimentales y en cinco oportunidades posteriores, después de 6, 10, 13, 16 y 18 meses, contados a partir del comienzo del experimento. Es obvio que hacia el final del experimento el número de animales a ser examinados era progresivamente menor, debido a las muertes naturales y a la exterminación requerida por el experimento. Así, por ejemplo, entre los machos del grupo A, de los cinco originales, sólo uno fue examinado al final del decimoctavo mes.

Todos los resultados, en los diferentes grupos de ensayo y en los controles, concuerdan. Aunque aparecen variaciones notables en casos aislados, éstos no pueden considerarse como significativas en la evaluación del total. A pesar de lo anteriormente dicho, parece que ha habido una reducción gradual en el recuento de los eritrocitos hacia el final del experimento, que ha sido más notoria

en los grupos A, B, C, D, E y F que en el grupo G. Esto parece ser válido tanto para los machos como para las hembras. En vista del estado de los animales, como se indica en la sección dedicada a las autopsias, es notable que no hayan ocurrido variaciones aún mayores en el conteo de los eritrocitos. En resumen, el estado de los animales hace imposible llegar a la conclusión de que la exposición a las sustancias químicas fuese la responsable. Se observa que han sido aplicados métodos estadísticos a estos datos y algunas cifras están señaladas como significativas. Sin dudar del enfoque estadístico, se puede asegurar que, en ausencia de una evaluación de los hallazgos de las autopsias, sus resultados no pueden aceptarse como válidos. Se llega a la conclusión de que esta parte del trabajo no proporciona ninguna prueba sobre perjuicios ocasionados por la acción de las sustancias químicas en prueba.

Tasas de crecimiento (pesos)

Los registros llevados indican que todos los animales fueron pesados, después de la primera vez, a intervalos tales como durante la 1ª, 3ª, 5ª, 9ª, 10ª, 12ª, 14ª, 18ª, semana, etc. La última pesada para algunos animales se hizo en la 8ª semana. Debe tomarse nota de que en algunos grupos, comenzando alrededor de la 64ª semana, aproximadamente, hubo una reducción de peso tanto entre los machos como entre las hembras. Es posible que las pérdidas de peso fuesen mayores entre los machos que entre las hembras, pero había ciertas incompatibilidades. Las pérdidas de peso de los machos, o de los machos y hembras conjuntamente, se presentaron en los grupos A, B, E y C. En vista de que el grupo de control G mostró aproximadamente el mismo grado de pérdida de peso que algunos de los grupos sometidos al tratamiento químico, no puede llegarse a la conclusión de que ello pueda ser debido a la acción de la sustancia química en prueba. En cambio, el lastimoso estado físico de la colonia de animales, incluyendo los controles, justificaría estas pérdidas de peso. Si este experimento hubiese sido concluido aproximadamente a las 60 semanas, los registros podrían haber sido aceptados como normales y, como era de esperar, sin ninguna evidencia de detrimento de ningún origen. En vista de los hechos, algo alteró las condiciones de peso de los varios grupos de

animales, pero lo extraño es que al examinar las informaciones dadas por las autopsias, para todos los grupos, incluyendo los controles, no había mayores variaciones de peso.

Consumo de alimentos

Una sección de los registros suministrados está dedicada al consumo de alimentos. Estos informes están relacionados con el consumo de alimentos de machos y hembras, aparentemente según el consumo diario, y en relación con grupos de meses tales como de 0 a 6, de 6 a 10, etc. Se observa que a partir del sexto mes, y de modo más notorio entre las hembras que entre los machos, hubo alguna disminución en la ingestión de alimentos casi en todos los grupos, aunque con algún aumento subsiguiente en la misma. No obstante, sobre una base acumulativa, esta desviación apenas puede notarse, encontrándose solamente en el orden de los dos gramos. Conociendo el estado físico de la colonia, es notable que no hayan ocurrido desviaciones mayores. No hay nada en los datos de la ingestión de alimentos que de pruebas de alguna acción perjudicial de parte de las sustancias químicas a prueba.

Consumo de agua

Se sabe que casi todos los métodos de abreviar los animales experimentales conduce a desperdicios de agua y a las consecuentes imprecisiones en los resultados. También puede presumirse que con los marcados aumentos de peso correspondientes al crecimiento normal, el consumo de agua debería aumentar en forma proporcional. Tales indicios no aparecen en los registros, los cuales son sorprendentemente constantes, a excepción de un marcado aumento estable durante los dos últimos meses del estudio. Era de esperarse que durante los meses calurosos del verano (suponiendo que los animales no estaban alojados en un lugar con aire acondicionado) el consumo de agua hubiese variado, pero no se han observado tales variaciones. Como no se ha proporcionado ningún dato que indique la concentración de sustancias químicas en el agua, bajo ensayo, no se puede hacer referencia a la ingestión diaria o total de algunas sustancias tales como plomo o cadmio. Es posible que la infección demostrada con mucha frecuencia en las autopsias sea la responsable del aumento en la ingestión de agua

en los últimos dos meses del experimento, pero parece que la infección era muy común mucho antes de los meses finales del período de experimentación. Sin ánimo de hacer ninguna censura, estas cifras de la ingestión de agua parecen ser demasiado buenas para ser ciertas. Sin lugar a dudas, los registros individuales para cada rata revelarían marcadas variaciones. Nuestros análisis han sido limitados a "promedios e intervalos".

Estudios de bacterias y de hongos

En primer lugar, muchas otras personas estarían mejor capacitadas para evaluar esta fase del estudio. En segundo lugar, después de haber leído los registros de las autopsias, es evidente que la infección de las vías respiratorias era profusa y envolvía por igual a todos los grupos.

Resultados de las autopsias

La falla de toda esta investigación estriba en la condición de los animales, tal como quedó revelado en las autopsias. Esto es cierto tanto para los animales que murieron de muerte natural como para los sacrificados; para todos los grupos y controles.

Puede pensarse que esta colonia entera estaba enferma, apareciendo la afección principal en las vías respiratorias. *Es bien sabido que las ratas son particularmente susceptibles a la neumonía y a los abscesos pulmonares.* Se sabe que pequeñas variaciones en el aire del ambiente, tal como una corriente de aire frío de una ventana abierta, pueden causar una afección respiratoria en poco tiempo. Sea cual fuese la fuente y la causa, todo indica que la mayoría del grupo entero de animales estaba enfermo, independientemente de cualquiera presunta acción de cualquier producto químico. En relación con los animales que murieron de muerte natural, surge un obstáculo adicional para llegar a conclusiones definidas, proveniente de los pronunciados cambios *post-mortem* registrados previos al examen. Esto es un perjuicio.

Ahora, revisando grupo por grupo las actas de las autopsias, esta evaluación señala que cada grupo es semejante y que las evidencias de daños son casi iguales. Se hace énfasis en el hecho de que eran comunes aun entre los animales sacrificados en el laboratorio para la autopsia, la neu-

monía, los abscesos del pulmón, la bronquitis, etc., aunque esto no constituye un hallazgo firme.

Aparte de las afecciones del aparato respiratorio, las actas de las autopsias revelan solamente pequeñas alteraciones en otros sistemas. Algunos de estos hallazgos negativos son significativos. Por ejemplo, en el grupo E los animales fueron expuestos al cadmio hasta cierto grado a través del agua ingerida. Podía haberse esperado que cualquier cantidad significativa de cadmio les causara una marcada inflamación en los intestinos. Por el contrario, los registros totales están casi completamente en blanco en el espacio dedicado a "intestinos". Como otro ejemplo, es bien sabido que en el caso de deficiencia vitamínica, los cálculos renales son comunes. No se hace mención a tales cálculos en los informes.

Comentario

En estos pormenorizados informes de laboratorio, no se ha encontrado ninguna evidencia que señale como causante de daños a los tejidos a alguno de los productos químicos que se usaron en los ensayos. Aunque fueron encontradas grandes anormalidades en las autopsias, y en menor grado en algunos otros resultados experimentales, el mayor número se presentó con igual frecuencia en los controles. Todas las anormalidades encontradas pueden ser debidas al hecho de que, al menos durante algunos de los últimos meses del período de observación, el grupo de animales estaba sufriendo de una variedad de afecciones respiratorias. Si existen planes para la repetición de este tipo de experimentos, sería aconsejable proporcionar un grupo mayor de controles y quizás iniciar los experimentos con un número mayor de animales, de manera que con base en cierta planificación, pudiese ser sacrificado un número de animales para ser examinado, después de períodos tales como 3, 6 y 12 meses. Nada de lo encontrado en los registros proporciona indicación alguna de un nivel LD₅₀ para alguno de los productos químicos examinados. En realidad, no hay absolutamente ninguna evidencia de alguna acción dañina que pudiese atribuirse definitivamente a los productos químicos usados en el experimento.

SUMARIO GENERAL Y CONCLUSIONES

Plásticos ensayados

Este informe se refiere, específicamente, a los resultados obtenidos del ensayo de 22 muestras diferentes de tubos de plástico, producidos de composiciones definidas, clasificadas como polietileno, cloruro de polivinilo, incluyendo Saran, poliestireno modificado al caucho y butirato de acetato de celulosa.

Aguas agresivas

La intensa búsqueda de un agua natural agresiva señaló que el agua de Ann Arbor, la cual es tratada y clorada, es tan agresiva como cualquiera de las aguas naturales de un grupo que fue seleccionado por tener propiedades tales como pH bajo o alto, alto contenido de cloruros y fluoruros naturales, dureza, alto contenido de minerales, de sulfatos y de bicarbonatos. Se encontró que la agresividad del agua de Ann Arbor, para la extracción de metales pesados del plástico, podía aumentarse reduciendo el pH por medio de la introducción de dióxido de carbono, en forma de gas. Se usó un pH de 5,0 porque se pensó que para un abastecimiento de agua potable no serían usadas sin algún ajuste aguas con un pH más bajo.

Efecto de la meteorización

Las muestras de tubo de plástico expuestas a una meteorización natural por un período de un año, bajo condiciones estándares, sólo mostraron ligeros cambios. Se observaron cambios de color en un número de casos y se formó una fina película superficial sobre las muestras de poliestireno modificado al caucho.

Efecto del enterramiento en suelo

Las muestras enterradas en un suelo ácido con un pH de 2,0 y mantenidas a 35°C, por un año, con humedecimiento y secado intermitentes, usándose agua destilada para simular lluvias, señalaron efectos de poca importancia en todos los plásticos examinados. Se notaron algunas

alteraciones en el color, y también una tendencia a formar una película en la superficie de contacto con el suelo. En comparación, el tubo de cobre enterrado en forma similar mostró una oxidación y formación de película considerables, mientras el espécimen de acero galvanizado mostró pronunciados depósitos de tierra sobre la superficie de contacto.

Efecto de la inmersión prolongada en agua

Los especímenes de tubos de plástico en forma de tiras, mantenidos parcialmente sumergidos en el agua de ensayo, en botellas de gran capacidad, con tapones de vidrio, selladas, durante un año a 35°C, mostraron ligeros cambios de color, formación de una leve película y, en algunos casos, un pequeño desarrollo de hongos. En comparación, la tubería de cobre bajo condiciones idénticas, mostró un sedimento fino de color negro y el espécimen de acero galvanizado fue cubierto de un espeso flóculo blanco.

Ensayos de extracción

Se desarrolló un procedimiento para someter especímenes desmenuzados de tubo de plástico a la extracción, por acción de aguas agresivas. Los resultados de estas extracciones señalaron que era imposible extraer alguna sustancia dañina de cualquiera de las muestras sometidas a ensayo y las cuales eran recomendadas por los fabricantes para los sistemas de distribución de agua potable. Esto sucedió aun cuando el pH del agua usada se hubiese reducido artificialmente a 5,0 aproximadamente para hacerla más agresiva. Las aguas naturales tienen valores de pH tan bajos como 5,0.

Con el fin de demostrar que el agua usada era lo suficientemente agresiva como para extraer algunas sustancias del tubo de plástico, se prepararon muestras especiales, una de compuesto de polietileno utilizado para aislamiento eléctrico (No. 130) y otra de cloruro de polivinilo (No. 280) conteniendo plomo y cadmio. Se extrajo suficiente color de la muestra de aislamiento eléctrico como para aumentar el color del agua

de ensayo de 0 a 35 unidades (marrón anaranjado). De la muestra de cloruro de polivinilo conteniendo plomo se extrajeron 0,34 mg de plomo por litro, usando el agua a su pH natural de 9,6, y 1,25 mg por litro, reduciendo su pH a 5,0. Debe destacarse, sin embargo, que se extrajo menos del 6% de un tubo de cloruro de polivinilo, con agua con un pH 9,6, que de un tubo de plomo en condiciones similares.

Como evidencia adicional de la agresividad del agua de ensayo, se prepararon muestras especiales conteniendo diversas cantidades de plomo, cadmio y bario en porcentajes muy superiores a las que pueden utilizarse en la fabricación del plástico. El agua agresiva estándar, siguiendo el proceso establecido, extrajo 2,40 ppm de plomo de un espécimen, y 3,9 ppm del que contenía el doble de plomo. De manera similar, fueron extraídos 0,15 ppm de cadmio de un espécimen especial, que contenía cadmio y bario y 0,3 ppm de una muestra conteniendo el doble de cadmio. No se extrajo bario en cantidades que pudiesen determinarse con el método usado.

Los análisis químicos rutinarios del agua, después de exponerla a diferentes plásticos, no indicaron cambios significativos, en comparación con análisis similares efectuados con agua no expuesta al contacto con el plástico.

Sabor y olor

En los estudios de sabor y olor, se sometieron muestras de agua que habían estado en contacto durante tres días con el tubo de plástico desmenuzado, a 35°C, agitadas ocasionalmente, al examen de un jurado de cinco miembros seleccionados por su experiencia en la diferenciación de sabores y olores. Como controles, a las que iban a ser examinadas se añadieron muestras de agua no expuesta al contacto del plástico, muestras de agua expuesta al contacto de tubo de cobre y agua libre de olores. Todas fueron simplemente numeradas al azar y sometidas como incógnitas al examen del jurado.

Los resultados no indicaron intensidades de olores superiores a las de los controles en

ninguna de las muestras expuestas al plástico, determinadas mediante el método normal de olor incipiente. Los miembros del jurado describieron el olor y también el sabor, aunque se reconoce que el olor necesariamente influye sobre el sabor. Las características de los olores y sabores parecieron ser aproximadamente las mismas para las aguas normales y las expuestas al cobre que para las expuestas al tubo de plástico. Hubo una tendencia a describir los olores y sabores como de sustancias químicas o productos medicinales, lo cual, hasta cierto grado, puede ser debido al hecho de que el agua de ensayo estaba clorada.

Debe recordarse que en estos ensayos las condiciones de la exposición fueron intencionalmente severas y posiblemente no serán igualadas en ninguna condición real de uso.

Se realizaron ensayos adicionales de olor y sabor con muestras del agua de ensayo que había sido recirculada en sistemas de tubos plásticos. Esto se hizo para tomar en consideración los posibles efectos de las conexiones y de los compuestos utilizados en las uniones de los tubos y conexiones, y para simular un sistema de abastecimiento de agua. Dos diferencias que aumentaron la severidad del ensayo, fueron: que el agua estaba a la temperatura ambiente y que se recirculó, siendo bombeada alternadamente por 30 minutos y dejada en reposo por 30 minutos, durante el período de exposición de tres a siete días. Ninguna de las muestras ensayadas dio números de olores incipientes superiores a los de los controles, ni olores o sabores anormales, con una sola excepción.

En este caso, en la primera prueba, el solvente o cemento altamente volátil utilizado para hacer las juntas en el sistema de tubos de butirato de acetato de celulosa, siguiendo las instrucciones del fabricante, dio un olor y sabor pronunciado y desagradable al agua recirculada. El número de olor incipiente fue 150. Después de que el sistema fue vaciado y se le hizo pasar aire por varias horas, enjuagándolo luego con agua, al repetirse el examen dio olores y sabores similares a los de los controles. No obstante,

el sistema vacío, después de estar sin uso por varios días, produjo el olor característico del solvente. Se tiene conocimiento de que el fabricante está cambiando el solvente.

Efectos sobre el cloro residual

En ensayos para determinar el efecto, si lo hay, del tubo de plástico sobre el cloro residual en el agua, se encontró que en ningún caso la reducción del cloro residual era tan rápida como para cambiar materialmente la eficiencia de la cloración del agua en la red de distribución.

Desinfección de sistemas de tubos plásticos

Los sistemas de recirculación de cada uno de los cuatro tipos generales de tubos plásticos ensayados, fueron fuertemente contaminados con cultivos de *E. coli*. Después de una exposición prolongada, éstos fueron extraídos y el sistema sometido a desinfección, usando aproximadamente 200, 50 y 25 ppm de hipoclorito, respectivamente. Después de 15 a 24 horas de contacto con la solución de hipoclorito en circulación, ésta fue eliminada y el sistema fue lavado con agua del grifo, enjuagado con agua sin cloro y esta última se examinó en búsqueda de *E. coli*. Aunque en algunos de los procedimientos de ensayo fueron recuperados pequeños residuos de *E. coli* después del tratamiento, estos números eran tan pequeños como para estar dentro de los límites establecidos como satisfactorios para la desinfección química. Los resultados indican que tales sistemas pueden desinfestarse satisfactoriamente, siguiendo los procedimientos ordinarios de desinfección.

En los experimentos que empleaban altas concentraciones de cloro en contacto con las diferentes clases de plástico, no se apreciaron efectos adversos sobre los plásticos después de 20 horas de exposición a 10°C. Sin embargo, se notaron efectos desfavorables en los especímenes de cobre y de acero galvanizado, cuando éstos se mantuvieron bajo condiciones similares. Sin daño alguno, pueden emplearse concentraciones de cloro más altas que las usuales en la desinfección de tubos plásticos.

Alimentación de animales con agua en contacto con plásticos

Se hicieron estudios con ratas Wistar, las cuales, durante 18 meses, tomaron exclusivamente agua que había sido mantenida en contacto con diferentes grupos de tubos plásticos. Entre éstos se incluyó un grupo que contenía sustancias tales como plomo y cadmio, las cuales se había encontrado que eran extraíbles con el agua de ensayo. También se observó un grupo de ratas de control, las cuales tomaron, exclusivamente, agua de ensayo sin contacto con plásticos, y otro grupo que tomó únicamente agua de ensayo que había sido sometida al contacto con tubos de cobre. Las observaciones y los exámenes de las ratas que murieron o fueron sacrificadas antes de los 18 meses, así como de las 36 sacrificadas al final de ese período, no mostraron ningunos efectos anormales apreciables, en comparación con el grupo de control. El crecimiento y consumo de alimentos y agua fueron similares en todos los grupos. Los resultados de las autopsias, según evaluación de un experto, no mostraron evidencia de ninguna acción perjudicial que podía ser atribuida definitivamente a los productos químicos sometidos a ensayo.

El grupo de ratas que recibió agua que había estado en contacto con muestras especiales de tubos plásticos que contenían plomo, cadmio y bario, no mostró cantidades excesivas de plomo en la sangre al final del período de prueba.

Susceptibilidad al ataque de roedores

Los experimentos bien controlados indican que todas las clases de estos tubos son susceptibles al ataque de los roedores, cuando el plástico obstaculiza el acceso a los alimentos. Esto fue más pronunciado con el polietileno, probablemente debido a la naturaleza más suave de esta composición. Los tubos plásticos pueden ser atacados tanto por *Rattus norvegicus* como por *R. rattus*. No hay ninguna evidencia de que las ratas se coman el plástico, ni de que lo roan con preferencia a otras sustancias.

Características físicas—Identificación

Se incluyen en el Informe dos métodos para identificar el tipo general de plástico en composiciones para tubos, uno por gravedad específica y el otro por el ensayo de llama.

También se incluyen observaciones casuales relativas a las características físicas del tubo plástico y a la necesidad de estandarizar los tubos de plástico. Estos factores no se tratan en el Informe.

Aplicación práctica de los resultados

Los resultados divulgados se aplican solamente a las muestras específicas ensayadas. Para que los usuarios puedan reconocer los tubos fabricados con estos materiales, el Laboratorio de Ensayos de la Fundación Nacional de Saneamiento, en cooperación con los fabricantes de tubos de plástico, ha desarrollado un plan según el cual el Sello de Aprobación de la Fundación puede ser aplicado sobre cada pie de tubo fabricado con materiales que según los ensayos han sido encontrados satisfactorios para ser usados en contacto con agua potable fría. Este plan proporciona un control de tubos fabricados a través de inspecciones periódicas y de muestreos y ensayos por sorpresa que ostenten el Sello de Aprobación.

Para facilitar tales ensayos, así como para posibilitar el ensayo rápido de nuevos materiales, ha sido desarrollado un procedimiento aceptable, para ser usado por éste u otros laboratorios, el cual aparece en el apéndice C del Informe. Esto ha hecho posible el incluir en el programa otras formulaciones, sin retardos innecesarios.

(El material para este capítulo ha sido tomado del Informe de Investigación publicado por la Fundación Nacional de Saneamiento bajo el título de *A Study of Plastic Pipe for Potable Water Supplies*—Un estudio sobre tuberías plásticas para abastecimientos de agua potable.)

CAPITULO 3

Programa de control para la producción de tuberías plásticas sanitariamente aceptables

En 1955, cuando se terminaron las investigaciones sobre plásticos de la Fundación Nacional de Saneamiento y el Informe correspondiente fue publicado, la Fundación y su Comité sobre Plásticos, pensaron que finalizarían sus actividades con los plásticos y que se continuaría laborando en otros campos de la investigación relativos al ambiente del hombre. Y es ésto precisamente lo que han hecho y continuarán haciendo, pero no debido a inactividad en el campo de los plásticos. Tan pronto se concluyó la investigación y se determinó que los tubos fabricados con compuestos y resinas vírgenes termoplásticos no producían efectos deletéreos en el agua potable, hubo una serie de industriales que comenzaron a ofrecer los tubos plásticos para ser utilizados en los sistemas de agua potable. Tanto la industria de los plásticos como los funcionarios de salud pública y de acueductos, reconocieron muy pronto la necesidad de establecer un programa continuo de pruebas y de identificación de los tubos plásticos. Durante el programa de investigación, la industria de los plásticos se había enterado de los diferentes programas de la Fundación llevados a cabo junto con otras industrias, donde se autorizaba el uso del Sello de Aprobación de la FNS siempre que se cumpliera con normas reconocidas de saneamiento. La industria de los plásticos se dirigió de nuevo a la FNS, solicitando el establecimiento de un programa continuo de

ensayos y certificación, a fin de asegurar que los tubos plásticos podían ser utilizados sin peligro en sistemas de agua potable. Al principio, la Fundación rechazó la solicitud, manifestándoles que no estaba preparada para desarrollar un programa general de pruebas relacionadas con los plásticos. La industria delineó los problemas que confrontaba para lograr la aceptación de sus tubos plásticos por parte de los funcionarios de salud pública y de acueductos. Los dirigentes de la industria de los plásticos reconocieron la necesidad real que existía de contar con un programa de identificación de los tubos plásticos que fuesen adecuados para la conducción del agua potable, ya que había fabricantes poco escrupulosos que estaban utilizando plásticos de desechos y otros materiales recuperados de fuentes desconocidas, para la producción de tubos, que se ofrecían para los servicios de agua potable.

Luego de efectuar una investigación, conjuntamente con los ingenieros sanitarios estatales y los funcionarios de los acueductos, sobre este problema de los plásticos de desecho que se estaban usando en la producción de tubos plásticos, se encontró que habían ocurrido muchas fallas en los tubos plásticos que habían sido aceptados en instalaciones de prueba. En casi todos los casos se determinó que tales tubos habían sido manufacturados con materiales de inferior calidad, encontrándose que muchos de

ellos contenían trozos de cobre y de otros metales, lo que causaba imperfecciones y provocaba las fallas. Estos metales provenían de desechos de cables plásticos, que se habían obtenido separando el plástico de alambres indebidamente recubiertos, o de cables recuperados usados en las industrias telefónicas y eléctricas. Se llegó a la conclusión de que si estas fuentes de material plástico se consideraban inadecuadas por fabricantes poco escrupulosos, éstos no vacilarían en obtener los desechos de cualquier otra fuente. Parte de tales desechos proviene del material plástico que ha sido usado para cubrir las cosechas de frutas y vegetales mientras se fumigan las plantas con preparaciones químicas para controlar los insectos. Este material plástico está muy contaminado de materias tóxicas, algunas de las cuales no llegan a ser destruidas durante el reprocesamiento de este plástico a la forma de tubos. Reconociendo estos problemas que confrontaba la industria de los plásticos, y deseando cooperar en la protección de la salud pública, la Fundación decidió establecer un Programa del Sello de Aprobación de Tubos Plásticos para Sistemas de Agua Potable, el cual estaría diseñado para proporcionar controles o pautas disciplinarias dentro de la industria, lo cual garantizaría tubos sanitariamente aceptables.

La Fundación reunió al Comité Consultivo de Salud Pública sobre Plásticos con los dirigentes de la industria de los plásticos, para esbozar un programa continuo de ensayos y certificación de tubos plásticos para agua fría.

PRUEBAS Y CERTIFICACION DE PLASTICOS— EVALUACION QUIMICA

Durante las discusiones con los dirigentes de la industria de los plásticos y con el Comité Consultivo, se llegó a la conclusión de que la urgencia del problema no permitía el desarrollo de unas normas sobre plásticos antes de implantar un programa de control. El desarrollo de normas de la FNS requiere, generalmente, de

uno a tres años antes de su terminación y aceptación por el Consejo de Consultores en Salud Pública de la Fundación. Tanto la industria como los Comités de Salud Pública estuvieron de acuerdo en que no se podía esperar tanto tiempo para establecer cierta disciplina en el campo de los tubos plásticos, pues no quedaría ninguna producción efectiva de tubos plásticos, lo cual daría como resultado la eliminación del plástico como material apropiado para la conducción de agua potable.

Se determinó que debería establecerse inmediatamente un programa continuo de pruebas de plásticos, y que este programa utilizaría el procedimiento y las técnicas de evaluación esbozadas en el Informe de Investigación de la Fundación ya mencionado, sobre tubos plásticos para los abastecimientos de agua potable. Estas pruebas determinan los límites de la extracción química en el agua y los efectos sobre la apariencia, el sabor y el olor del agua. El Sello nSf patentado, fue autorizado para ser utilizado en los tubos plásticos fabricados con compuestos y resinas plásticas examinadas y aprobadas. La certificación de la Fundación aseguraría a la industria y a las entidades oficiales, que los tubos plásticos que llevaran el Sello nSf no alterarían el sabor, el olor o la apariencia del agua, y que no habría una extracción química excesiva, aun con aguas agresivas.

La industria y los Comités de Salud Pública estuvieron de acuerdo en cuanto al alcance del programa de pruebas y certificación, y la FNS estableció la política administrativa que lo regiría. Como el poco tiempo no permitía el desarrollo de una norma bajo la cual se concediera el Sello nSf, la Fundación decidió que se requeriría un contrato con cada productor de materiales básicos y con cada fabricante de tubos y accesorios. La política administrativa relativa al programa de control de los plásticos establece que cada fabricante que usa el Sello nSf en los tubos plásticos debe firmar, cada año, un contrato con el Laboratorio de Ensayos de la FNS. La política en sí forma parte del contrato, que exige a los fabricantes que utilicen sólo compues-

tos y resinas plásticas que han sido ensayadas, aprobadas y "puestas en lista" por el Laboratorio de Ensayos, para la producción de tubos, los cuales llevarán el Sello nSf a intervalos no mayores de 24 pulgadas a lo largo del tubo. Los fabricantes de tubos también se comprometen a no hacer propaganda ni recomendar para la conducción del agua potable a otros

tubos que no sean los hechos con las resinas y compuestos aprobados.

Las siguientes declaraciones de principios forman parte del contrato típico para los tubos plásticos, el cual incluye la política administrativa que rige los programas de control y la que se relaciona con la recolección y ensayo de muestras.

MODELO A

LABORATORIO DE ENSAYOS DE LA FUNDACION NACIONAL DE SANEAMIENTO

*Oficina Principal
Escuela de Salud Pública
Universidad de Michigan
Ann Arbor, Michigan
Noviembre de 1961*

Declaración de principios sobre el uso de los sellos de aprobación en tubos plásticos para agua potable y en materiales adecuados para su fabricación

Un Comité Consultivo formado por cinco ingenieros de salud pública y cinco fabricantes de tubos plásticos y de materiales para su elaboración, ha recomendado la adopción de un sistema controlado para identificar los tubos plásticos que son apropiados para ser usados en los abastecimientos de agua potable. Este Comité participó en la dirección de los estudios, examinó, ayudó a preparar y aprobó el informe final.

Actuando por recomendación del Comité Consultivo, y como un servicio al público, el Consejo de Directores del Laboratorio de Ensayos de la Fundación ofrece, a cualquier fabricante de reputación intachable de los Estados Unidos, el uso de su Sello de Aprobación en los tipos de tubos plásticos y materiales para su fabricación debidamente "puestos en lista" para ser usados en los sistemas de agua potable, sujetos a las condiciones y estipulaciones siguientes:

1. Como se indica previamente, este programa se basa en los resultados de un estudio de investigación de tres años de duración, y se aplica solamente a los tipos de materiales plásticos y tubos de dicho material que fueron incluidos en ese estudio, o que fueron probados subsecuentemente, mediante procedimientos similares, en el Laboratorio de Ensayos de la Fundación y fueron considerados adecuados para los abastecimientos de agua potable.

2. Cualquier fabricante de plásticos para tubos o de tubos plásticos, que esté convencido, como resultado de sus propias investigaciones, de que su producto es satisfactorio para el uso en abastecimientos de agua potable, puede solicitar el ensayo, inspección y "puesta en lista" de uno o más de sus productos, por el Laboratorio de Ensayos de la FNS.

3. Antes de conceder el derecho de usar el Sello de Aprobación en los materiales y tubos, se

requiere el examen de laboratorio de las muestras de materiales ofrecidos para la fabricación por expulsión (extrusión) de tubos plásticos que se pretenden utilizar en los abastecimientos de agua potable; así como también de las muestras de tubos plásticos fabricados por expulsión (extrusión), a ser usados en los abastecimientos de agua potable. Estos exámenes se repetirán posteriormente, por lo menos una vez al año.

4. Antes de conceder el derecho de usar el Sello de Aprobación, se requiere una inspección física de cada fábrica productora de tubos plásticos para acueductos.

5. No se requiere una inspección inicial o anual de las fábricas de materiales para tubos plásticos que serán usados en acueductos. Sin embargo, el Laboratorio de Ensayos de la Fundación se reserva el derecho de inspeccionar una industria productora de materiales para tubos plásticos, en relación con cualquier investigación que sobre la venta de materiales de inferior calidad efectuada por dicha fábrica pueda ser necesaria. Queda también entendido que se pueden enviar representantes a los depósitos de tales fábricas, para recolectar muestras de materiales que lleven el Sello de Aprobación del Laboratorio de Ensayos de la FNS.

6. El Consejo de Directores del Laboratorio de Ensayos de la Fundación, actuando de acuerdo con el informe del Director Ejecutivo, puede autorizar el "poner en lista", como elegibles para el Sello de Aprobación, a uno o más materiales para tubos plásticos, o a uno o más tipos de tubos plásticos. Los fabricantes de materiales y tubos plásticos serán notificados por escrito de dicha acción y "la lista" será enviada a las autoridades de salud pública y de acueductos, y debidamente publicada.

7. Cada fabricante de materiales plásticos y de tubos de los mismos incluido en la "lista" aprobada, se compromete a utilizar en la fabricación de productos en "lista" solamente ingredientes nuevos, sin usar y limpios, excepto cuando se efectúa una reelaboración de los mismos ingredientes de la propia producción del proveedor de materiales o productor de tubos. Se prestará colaboración al Laboratorio de Ensayos de la Fundación para verificar la utilización de materiales nuevos y limpios solamente.

8. Se someterá a prueba, al menos una vez al año, una muestra de cada materia prima "en lista", usada en la fabricación de tubos plásticos, y, además, tan frecuentemente como el Director Ejecutivo del Laboratorio de Ensayos de la FNS lo considere necesario, pagando cada fabricante un precio uniforme por muestra. Una muestra de cada tipo de tubos plásticos fabricado por cada industrial será sometida a pruebas cada año, corriendo los gastos por cuenta del fabricante. Las muestras de materias primas y de tubos plásticos pueden ser obtenidas por el Laboratorio de Ensayos de la Fundación, de cualquier fuente que considere conveniente. Las muestras requeridas serán suministradas por los fabricantes, sin costo alguno para el Laboratorio de Ensayos de la FNS.

9. Queda entendido que el abastecedor de materiales plásticos autorizado para utilizar el Sello de Aprobación en ciertos materiales "en lista", suministrará, cuando el Laboratorio de Ensayos lo exija, información confidencial sobre las materias primas "en lista" que son adquiridas por cualquier productor de tubos también "en lista".

10. Por lo menos una vez al año, se hará una inspección de los procedimientos de control del producto, en la fábrica de cada productor de tubos plásticos "en lista", la cual será costeadada por el fabricante. Se efectuarán inspecciones adicionales, siempre que el Director Ejecutivo del Laboratorio de Ensayos de la FNS lo crea necesario.

11. Para que este programa se autofinancie, tanto como sea posible, se cobrará por cada ensayo de muestras de tubos plásticos, de acuerdo con una tarifa básica establecida para el reensayo de muestras y según tarifas a ser fijadas por el Director Ejecutivo del Laboratorio de Ensayos de la FNS para las muestras nuevas.

12. El Consejo de Directores del Laboratorio de Ensayos se reserva el derecho de retirar de "la lista" cualquier artículo en cualquier momento. Tan pronto como se notifique el retiro de algún

equipo o producto de "la lista" del Laboratorio de Ensayos, el fabricante se abstendrá, inmediatamente, de aplicar el Sello de Aprobación en tales artículos "fuera de lista".

13. El Sello de Aprobación puede aplicársele a las cajas de cartón o a otros embalajes de materiales "en lista", a ser usados en la fabricación de tubos plásticos, en el tamaño, forma y color aprobados por el Director Ejecutivo del Laboratorio de Ensayos de la Fundación. Se aplicará el Sello a todos los tubos producidos que estén "en lista", a intervalos no mayores de 24 pulgadas a lo largo del tubo, y en el tamaño y forma aprobados por el Director Ejecutivo del Laboratorio.

14. Queda entendido que los requisitos enumerados para los materiales y tubos plásticos también serán aplicables a las conexiones y accesorios plásticos que serán usados con los tubos plásticos. Esta sección se aplicará a los que fabrican solamente conexiones y accesorios, así como también a los de tubos, conexiones y accesorios.

15. El Laboratorio de Ensayos de la Fundación hará uso de todos los medios legales a su alcance para evitar el uso, sin autorización, del Sello de Aprobación en artículos que no estén "en lista", o en artículos que, aunque están "en lista", no cumplen a cabalidad con las normas que les son aplicables.

MODELO B

LABORATORIO DE ENSAYOS DE LA FUNDACION NACIONAL DE SANEAMIENTO

*Oficina Principal
Escuela de Salud Pública
Universidad de Michigan
Ann Arbor, Michigan
Enero de 1962*

Declaración de principios sobre la recolección de muestras y ensayos

La siguiente declaración de principios fue establecida como resultado de la obligación del Laboratorio de Ensayos de la Fundación Nacional de Saneamiento con el público, con los organismos oficiales de salud pública y con la industria.

NOTA: La palabra "artículo" significará tubos plásticos, conexiones y/o accesorios. La palabra "fabricante" significará productor de tubos, conexiones y accesorios por extrusión, moldeado y/o por cualquier otro proceso de producción.

Muestras requeridas

Evaluación química

1. Se exigirá al fabricante suministrar, una vez al año, para la evaluación química, una muestra (cuyo tamaño será especificado por el Laboratorio) de cada artículo que esté incluido en la Lista del Laboratorio.

2. Si el fabricante está autorizado bajo contrato, o según un anexo a él, a "confeccionar", se le exigirá suministrar tres muestras para evaluación química, por año, de cada artículo "en lista" que esté fabricando de materiales "confeccionados" por el fabricante.

Prueba de servicio

3. Para todos aquellos artículos "en lista", para los cuales se exige según contrato una prueba

de servicio, se requerirá una muestra por año de cada Resina ASTM * de un material dado, o, en el caso de mezclas de resinas o "confecciones", se requerirá una muestra de cada mezcla de resinas o de confecciones aprobadas, de un material dado.

Las muestras serán seleccionadas y/o preparadas de la siguiente manera:

A. *Tubos plásticos de PE*: Se requiere un rollo de 100 pies de largo, de cada tipo † de tubos de polietileno "en lista" que esté produciendo el fabricante. Cuando el tubo de polietileno "en lista" se está produciendo de una mezcla(s) de resinas aprobadas, se requiere un rollo de 100 pies de largo de cada mezcla(s).

B. *Tubos plásticos ABS*: se requiere una muestra de 10 especímenes de cada Tipo I grado 1, Tipo I grado 2 y Tipo II, de tubos plásticos ABS "en lista" que está produciendo el fabricante.

Cada espécimen de tubo de diámetros nominales de $\frac{1}{8}$ a $1\frac{1}{2}$ " deberá tener 18" de largo. Para tamaños mayores, la longitud no será menor de 10 veces el diámetro nominal del tubo. El fabricante preparará cada espécimen de tubo en la siguiente forma: se taponará un extremo de cada trozo de tubo; el otro extremo se reducirá de su diámetro nominal, a un extremo roscado hembra de $\frac{3}{8}$ " de diámetro. Los accesorios y la forma de colocarlos deberán ser tales que aseguren conexiones sin escapes durante los procedimientos de la prueba de servicio.

C. *Tubos plásticos de PVC*: Se requiere una muestra de 12 especímenes de cada Tipo I y Tipo II de tubo plástico "en lista" que está produciendo el fabricante.

Cada espécimen de tubo de diámetros nominales de $\frac{1}{8}$ a $1\frac{1}{2}$ " deberá tener 18" de largo. Para tamaños mayores, la longitud no será menor de 10 veces el diámetro nominal del tubo. El fabricante preparará cada espécimen de tubo en la siguiente forma: se taponará un extremo de cada trozo de tubo; el otro extremo se reducirá de su diámetro nominal, a un extremo roscado hembra de $\frac{3}{8}$ " de diámetro. Los accesorios y la forma de colocarlos deberán ser tales que aseguren conexiones sin escapes durante los procedimientos de la prueba de servicio.

D. *Tubos de otros plásticos*: Las muestras para las pruebas de servicio de tubos plásticos "en lista", producidos por el fabricante con materiales diferentes al PE, ABS o PVC, serán preparados de conformidad con los requisitos del Laboratorio de Ensayos de la Fundación Nacional de Saneamiento.

4. Las muestras para la evaluación química y las pruebas de servicio serán recolectadas por un representante autorizado del Laboratorio de Ensayos de la Fundación.

5. Las muestras serán recolectadas al azar, de los depósitos o de instalaciones existentes, por el representante autorizado, en el proceso de producción.

6. Las muestras deberán ser debidamente identificadas por medio de un sello de identificación, en el momento de la recolección, y enviadas por el fabricante al Laboratorio, a expensas del primero.

Informe de los resultados

7. Inmediatamente después de concluida la evaluación química y/o las pruebas de servicio, el Laboratorio informará al fabricante si los resultados obtenidos fueron "satisfactorios" o "no satisfactorios". En el caso de que los resultados fuesen "no satisfactorios", el Laboratorio informará al fabricante los detalles de los resultados adversos y de todos los particulares correspondientes que son conocidos por el Laboratorio.

* *American Society for Testing Materials* (Sociedad Americana de Ensayos de Materiales).

† Tipos de polietileno: Tipo I—0,910-0,925 de densidad; Tipo II—0,926-0,940 de densidad; Tipo III—0,941-0,965 de densidad.

Resultados no satisfactorios

8. Cuando la evaluación química o la prueba de servicio se consideran "no satisfactorias" y el resultado es transmitido al fabricante, éste debe tomar medidas inmediatas para determinar la causa de tal resultado "no satisfactorio". Los hallazgos del fabricante se comunicarán al Laboratorio, junto con evidencia de las medidas correctivas tomadas, dentro de un plazo no mayor de 30 días.

9. El Laboratorio puede exigir muestras para reensayos, cuando los resultados de la muestra inicial se consideren "no satisfactorios". Cuando los resultados de los nuevos ensayos químicos y/o de servicio son "no satisfactorios", el Laboratorio retirará de su "Lista Aprobada" el artículo o artículos en cuestión y desde ese momento el fabricante deberá cesar de usar el Sello de Aprobación nSf. El artículo o artículos pueden ser reincorporados a la Lista cuando se envíen nuevas muestras al Laboratorio y se obtengan resultados "satisfactorios" al efectuar nuevas evaluaciones químicas y/o pruebas de servicio.

Laboratorio alterno

10. Un fabricante puede elegir otro laboratorio alterno para efectuar las pruebas de servicio del artículo o los artículos "en lista", para los cuales el Laboratorio de Ensayos de la Fundación requiere tales pruebas. El laboratorio seleccionado deberá ser aprobado por el Laboratorio de Ensayos de la FNS, previamente a su utilización como facilidad alterna para ensayos.

11. Los laboratorios alternos no podrán ser propiedad, total o parcial, del fabricante, y deberán, en el momento de ser aprobados y a satisfacción del Laboratorio de Ensayos de la Fundación, poseer las instalaciones, equipo y personal científico comparable a los utilizados por el Laboratorio de Ensayos de la FNS en la ejecución de los ensayos requeridos.

12. El Laboratorio de Ensayos de la Fundación llevará a cabo cada año una reevaluación de las instalaciones, equipo y personal del laboratorio alterno, para asegurarse de la capacidad constante de dicho laboratorio.

13. Los gastos en que incurra el Laboratorio de Ensayos de la Fundación, al hacer la evaluación inicial, así como también las subsiguientes reevaluaciones de dicho laboratorio alterno, serán sufragados por el fabricante y/o por el laboratorio que solicite tal aprobación.

14. Todas las muestras de los artículos "en lista" enviados al laboratorio alterno serán recolectadas y presentadas por el personal del Laboratorio de Ensayos de la Fundación, tal como se especifica en las Cláusulas 4, 5 y 6, y los gastos serán sufragados por el fabricante.

15. Al finalizar el laboratorio alterno las pruebas de servicio de una muestra dada, enviará todos los resultados de las pruebas, información pertinente a ellas, gráficas y documentación, al Laboratorio de Ensayos de la Fundación. Este, basándose en una revisión y evaluación de dichos resultados, informaciones, gráficas y documentación, determinará si son "satisfactorios" o "no satisfactorios" y notificará debidamente al fabricante.

(NOTA: Seguirá una discusión de un contrato sobre tuberías plásticas.)

El abastecedor de materiales plásticos también firma un contrato, dando al Laboratorio de Ensayos acceso a las instalaciones de producción

a fin de efectuar el muestreo de materiales, y a los registros de los materiales enviados a cualquier fabricante de tubos o accesorios, que pudiesen estar bajo investigación por la Fundación. Hay fabricantes de tubos poco escrupu-

losos, que tratan de utilizar desechos de plástico de polietileno en la producción de tubos, o que pueden, inadvertidamente, mezclar desechos con las resinas aprobadas de polietileno y vender los tubos como aprobados por la FNS; en vista de lo cual se hacía necesario que los abastecedores de los materiales colocaran un identificador innocuo en el material, el cual pudiera ser identificado espectrográficamente en el Laboratorio de Ensayos de la Fundación. Esta técnica permite al Laboratorio identificar tubos de polietileno de inferior calidad, a los que se les ha añadido desde un 5% hasta un 10% de desechos. Este programa ha eliminado el uso de desechos en la producción de tubos de polietileno que llevan el Sello nSf. Nunca ha habido problemas de desechos con los tubos de PVC o de ABS. Algunos fabricantes sostienen que el programa del identificador ha sido tan efectivo en el caso del polietileno que debería extenderse a todos los otros materiales, como una salvaguardia adicional.

A continuación se esboza el procedimiento para el "Análisis de los Plásticos de Polietileno para la Determinación de Elementos Identificadores mediante Espectroscopía de Emisión".

Generalidades: Se pesa una cantidad de la muestra, se calcina, y el residuo se analiza por espectroscopía de emisión, usando la técnica de estándar interno.

Reactivos: Se utiliza ácido cloroplatínico, como fuente de platino para el estándar interno, disolviéndolo en agua a fin de obtener una solución que contenga 200 mg de platino por litro.

Procedimiento de calcinación: Se dividen, en partes iguales, dos gramos de la muestra plástica y se colocan en sendas bandejitas de combustión de porcelana y se queman, de acuerdo con las especificaciones ASTM D1603-58T, Métodos Tentativos de Determinación de Negro de Humo en los Plásticos de Etileno.

Preparación para la espectroscopía de emisión: Se añade a cada bandejita un décimo de gramo de grafito espectrográficamente puro (malla de

100) y 0,5 ml de solución de estándar interno, y el contenido se seca en un horno de secado a 110°C. Se mezclan bien, en un recipiente de gelatina, los contenidos de cada par de bandejitas. Se llenan con las muestras electrodos con depresiones (United Carbon No. 1058, National Carbon No. 3906), y esto se hace por duplicado o triplicado. Se usa un electrodo superior puntiagudo (United Carbon No. 105U, National Carbon No. 3951).

Condiciones de la fuente de excitación: Se queman las muestras en arcos de corriente alterna, de 425 voltios a 7 amperios, usando una separación de arco de 1 mm. El arco se enciende por medio de una o dos descargas de chispa de alta tensión y los espectros quedan expuestos por 30 segundos, después de 15 segundos de prequemado.

Fotometría y calibración: Las densidades de las líneas del elemento identificador y aquéllas del estándar interno, son medidas en un densitómetro convencional y transformadas a valores de intensidad relativa, usando una curva de calibración de emulsión de la placa especial utilizada. La relación entre la intensidad de las líneas del elemento identificador y el estándar interno se llevan a un gráfico contra el logaritmo de la concentración, usando patrones preparados, para así obtener la curva para el trabajo analítico.

(NOTA: Seguirá una discusión de un contrato típico para abastecedores de materiales.)

Para proporcionar los controles adecuados para establecer una disciplina aceptable dentro de la industria plástica, fue esencial asegurar a todos los miembros que no se revelaría ninguna información recibida por el personal de la Fundación. Antes de que convinieran en firmar el contrato, fue necesario convencer a los abastecedores de materiales de que la información de las composiciones que ellos debían suministrar al Director del Laboratorio de Ensayos se mantendría confidencial. Igualmente, los fabricantes de tubos y accesorios se preocupaban por las técnicas de manufactura y los secretos de producción. Dos fabricantes de materiales se nega-

ron a firmar los contratos originales que requerían la revelación de sus fórmulas. Pero cuando se les aseguró que la información se mantendría en secreto y que se usaría solamente para determinar la extensión de las pruebas químicas requeridas, firmaron los contratos y han continuado haciéndolo durante los últimos seis años. En este tiempo se han usado las fórmulas de cientos de compañías sobre muchos tipos de plásticos, y hasta ahora no se ha revelado ninguna información que haya sido dada en forma confidencial.

Toda esta información es archivada en una caja de seguridad en un banco local, después de que ha sido revisada por el Director del Laboratorio y de que se ha hecho uso adecuado de la información en los ensayos del material.

El éxito del programa de control se debe en gran parte al método usado en recolectar las muestras para los ensayos. Las muestras de tubos plásticos, accesorios y materiales producidos por cada fabricante autorizado a usar la insignia nSf, son recolectadas en varias formas y a diferentes intervalos durante el año. Los representantes del Laboratorio de Ensayos de la Fundación hacen visitas inesperadas a las fábricas por lo menos una vez al año, y con más frecuencia cuando hay alguna duda referente a una fábrica. En todos los estados donde hay varias fábricas de tubos plásticos, los ingenieros de las oficinas de sanidad estatal y local, han acordado recolectar muestras de tubos y materiales plásticos y enviarlas al Laboratorio de Ensayos de la FNS para ser examinadas. Los fabricantes son, quizás, el mejor eslabón de la cadena de control. Cuando un fabricante distribuye propaganda engañosa o vende productos dudosos, este tipo de información llega hasta el Laboratorio de Ensayos de la Fundación, y entonces se hace una investigación completa, para determinar si existe una transgresión del contrato o un mal uso del Sello de Aprobación. De cuando en cuando, los compradores de tubos plásticos envían muestras para pruebas de control.

Hace como dos años se recibió en la Fundación una pequeña muestra de tubos de polieti-

leno, de una agencia gubernamental que había comprado 261.000 pies (80.000 m) de tubos de 1½ pulgada, y había especificado al vendedor, que deseaba que fueran aprobados por la FNS. Se efectuó una determinación del identificador, encontrándose que los tubos no habían sido fabricados con un material aprobado. Se pidió al comprador que enviara un rollo de 50 pies, elegido al azar en el lote y 10 muestras pequeñas de un pie de longitud, de diez rollos diferentes del lote. Cada una de estas muestras fue examinada y los resultados fueron los mismos para todas, o sea, que los tubos estaban fabricados con materiales no aprobados.

Se notificaron al fabricante los resultados, y él afirmó que debía haber ocurrido algún error al marcar los tubos y que él los reemplazaría. Así lo hizo, enviando el comprador otro pequeño rollo de muestra, para someterlo a prueba. Los resultados fueron idénticos a los anteriores. Se envió entonces a un representante de la Fundación para que obtuviera muestras de todos los rollos de tubos entregados al comprador, y las nuevas pruebas comprobaron que el fabricante había usado materiales no aprobados, y era evidente que él estaba tratando de ver si se le podía descubrir violando el contrato. Inmediatamente se canceló su contrato, y se notificó a todos los ingenieros sanitarios estatales, funcionarios de acueductos, agentes compradores y a la industria plástica, que dicho fabricante ya no estaba autorizado a usar el Sello nSf en los tubos plásticos. Los abogados del fabricante se pusieron en contacto con la FNS, amenazando con presentar una demanda. Después de varios días de discusiones, el fabricante pidió una audiencia en la sede principal de la Fundación, para determinar lo que sería necesario hacer para reincorporarse al programa y poder usar de nuevo el Sello nSf. Se discutieron muchas soluciones, pero finalmente se decidió que se consideraría su solicitud, si él se presentaba ante la convención anual de la industria plástica y contaba públicamente a los miembros de ésta que él había violado el contrato y había sido descubierto, esbozándoles seguidamente los pro-

cedimientos que estaba estableciendo para evitar la repetición de tales violaciones y recomendando a cada miembro que adoptara una autovigilancia similar. Después de su presentación ante la industria fue aceptado de nuevo en el programa, y no se volvió a tener ningún problema con su compañía. El resto de los industriales se dieron cuenta entonces de que el éxito de la industria de tubos plásticos dependía de unas medidas disciplinarias razonables para dicha industria, aplicadas más efectivamente por una organización imparcial como el Laboratorio de Ensayos de la Fundación.

Los límites aceptables de extracción de materiales químicos por el agua de prueba son la base para la aceptación de las composiciones plásticas. Los límites de dicha extracción química son aquéllos establecidos en las Normas para Agua Potable del Servicio de Salud Pública de los Estados Unidos. Por ejemplo, estas normas permiten la presencia en el agua de 0,01 mg/l de cadmio; 0,05 mg/l de arsénico; 1,0 mg/l de cobre, y 0,3 mg/l de hierro.

Las normas también permiten una concentración de 0,05 mg/l de plomo en el agua potable. Por recomendaciones del Comité Consultivo de Salud Pública, no se ha aceptado la presencia de plomo en las composiciones plásticas, por lo tanto, se ha excluido el uso de los estabilizadores de plomo en los compuestos de PVC para tubos plásticos que serán usados para agua potable. El mismo principio se ha seguido con relación al cadmio y a otros elementos tóxicos conocidos. Es posible que se elaboren composiciones en las cuales el plomo o el cadmio estén suficientemente fijos químicamente, de manera que no sean extraídos por el agua potable, pero hasta que ello no sea probado, mediante investigación y estudios de servicio, el Laboratorio de Ensayos de la Fundación no permitirá el uso de su Sello en tales productos, pues el Sello indica que dichos productos no ocasionarán ningún peligro a la salud.

A continuación aparece un modelo de Informe de Evaluación Química, el cual muestra las pruebas químicas y organolépticas básicas a que

se somete el agua de extracción a la que han estado expuestos los materiales, tubos y accesorios plásticos. Cuando la información sobre la composición indique la necesidad de ensayos específicos, se efectúan pruebas adicionales.

Para identificar los materiales plásticos aprobados y los productos plásticos fabricados con materiales aprobados, el Laboratorio de Ensayos de la Fundación publica anualmente una "Lista" * de todas las compañías y de sus productos que, luego de haber sido sometidos a ensayos, han demostrado llenar los requisitos necesarios para permitirles el uso del Sello de Aprobación nSf.

El Programa del Sello de Aprobación nSf en Tubos Plásticos, ha proporcionado una disciplina muy necesaria para la industria de los plásticos. En cualquier industria, comercio o profesión, siempre hay dirigentes que están interesados en el éxito a largo plazo de sus negocios, así como hay también unos cuantos que recurren a métodos poco escrupulosos para obtener una ganancia mayor con productos no satisfactorios, sin pensar en el efecto que tales prácticas tienen en el futuro de sus negocios. Es para esta minoría que son necesarias las leyes, reglamentos y controles. El Programa de Tubos Plásticos de la FNS ha proporcionado la protección necesaria para establecer una disciplina dentro de la industria de tubos plásticos, dotándola de medios para visualizar las fallas de sus productos, a fin de que puedan corregirse con más prontitud. Este enfoque, concertado en forma uniforme, es de gran valor para los posibles grupos de usuarios, ya que resultará en el desarrollo de mejores productos, fabricados bajo condiciones controladas.

Como sanción, en este Programa fue necesario cancelar los contratos solamente a cuatro fabricantes durante los últimos ocho años. Cuando se toma tal determinación, todos los ingenieros sanitarios estatales son notificados, así como también todos los participantes del Programa del Sello de Aprobación, y se envían notificaciones

* Están a la disposición de los interesados copias de las Listas de los Plásticos de 1963.

Modelo de informe de evaluación química**LABORATORIO DE ENSAYOS DE LA FUNDACION NACIONAL DE SANEAMIENTO**

*Escuela de Salud Pública
Universidad de Michigan
Ann Arbor, Michigan*

Estimado señor:

Por medio de la presente le informamos que se obtuvieron resultados satisfactorios en el análisis químico anual de su muestra recientemente finalizado, de acuerdo con nuestro contrato, que ostenta la designación siguiente:

ANALISIS QUIMICO *

	Muestra No.	Control		Muestra No.	Control
Color	_____	_____	Cadmio	_____	_____
Turbiedad	_____	_____	Cobre	_____	_____
Residuo-Disuelto	_____	_____	Hierro	_____	_____
Alcalinidad			Plomo	_____	_____
Hidróxido como CaCO_3	_____	_____	Nitratos	_____	_____
Carbonato como CaCO_3	_____	_____	Nitritos	_____	_____
Bicarbonato como CaCO_3	_____	_____	Cloruro	_____	_____
Acidez			Sulfato	_____	_____
Total	_____	_____	Cloro		
Mineral	_____	_____	Total	_____	_____
Dureza como CaCO_3	_____	_____	Libre	_____	_____
pH	_____	_____	Combinado	_____	_____
Fenoles †	_____	_____		_____	_____

ANALISIS DE SABOR Y OLOR

Intensidad del olor:
Promedios geométricos

Sabor:

Control _____

Muestra No. _____	_____	Muestra No. _____	_____
Muestra No. _____	_____	Muestra No. _____	_____
Muestra No. _____	_____	Muestra No. _____	_____

Charles A. Farish
Director Ejecutivo
Laboratorio de Ensayos de la FNS

* Todos los resultados se dan en mg/lit, salvo cuando se indica en otra forma.

† Las normas del Servicio de Salud Pública de los E.U.A. recomiendan no exceder de 0,001 mg/lit.

a una serie de agentes compradores, a entidades gubernamentales y a los funcionarios de los acueductos. Esta información es probablemente diseminada aún más extensamente por algunos de los grupos mencionados. Para que una compañía pueda ser reincorporada al Programa, el fabricante debe, antes que nada, corregir la condición que causó la cancelación de su contrato. Esto puede significar el tener que reemplazar varias millas de tuberías, el devolver a la fábrica miles de pies de tubos para eliminar el Sello nSf y entonces establecer controles adicionales en la producción y demostrar, a satisfacción del Laboratorio de Ensayos de la FNS, que no ocurrirán en el futuro nuevas violaciones del contrato. De las cuatro compañías cuyos contratos fueron cancelados, solamente una está ahora produciendo plásticos aprobados por la Fundación.

El Sello nSf en los tubos plásticos de todos los tipos, significa que el tubo puede ser usado, sin peligro, en abastecimientos de agua potable, basándose en las pruebas de extracción químicas y organolépticas, y que se ciñe a las especificaciones físicas de la norma comercial aplicable al material en cuestión, o en los casos no incluidos en las normas, se ensayan los tubos con respecto a los esfuerzos de trabajo recomendados y probados por el fabricante del material y utilizando la fórmula de ISO para determinar las presiones de prueba. Los detalles de las pruebas de servicio para determinar las propiedades físicas del tubo plástico, se presentarán en otro capítulo.

El Programa de Pruebas de la Fundación Nacional de Saneamiento no es estático; es revisado constantemente por los Comités Consultivos de Salud Pública e Industrial. A medida que se desarrollan normas mejores, se les evalúa y utiliza cuando son aplicables.

Las resinas plásticas y los compuestos existentes están siendo constantemente mejorados, y hay nuevas resinas en proceso de desarrollo que serán de gran significación en materia de acueductos. He aquí un ejemplo de las mejoras

introducidas, como consecuencia de las pruebas físicas efectuadas en tubos plásticos: durante el primer año en que se llevaron a cabo tales pruebas en tubos de polietileno, comparándolos a la norma comercial, hubo un 38,8% de fallas. Un análisis de los resultados reveló que más del 60% de las fallas ocurrieron en tubos hechos con cinco diferentes materiales de polietileno. Esta información fue presentada a los abastecedores de materiales a quienes les concernía, y como resultado de su reevaluación de los materiales dos de estas composiciones fueron retiradas del mercado para la producción de tubos y las otras tres fueron rediseñadas para mejorar sus propiedades físicas. El porcentaje de fallas debido a los materiales es prácticamente nulo hoy en día. La industria ha establecido procedimientos para la adecuada clasificación del esfuerzo de diseño de los materiales plásticos, y se requiere que cada fabricante de materiales suministre evidencia del desarrollo de los datos de esfuerzos de diseño correctos, en cada formulación que se ofrece para producir tubos plásticos para sistemas de agua potable.

El Programa de la Fundación Nacional de Saneamiento continuará dirigiendo una mirada crítica a los materiales ofrecidos para ser usados en el campo del agua potable. El interés que existe radica en que los productos plásticos que se usen en contacto con el agua potable sean inocuos a la salud pública y que sus propiedades físicas estén en conformidad con normas justas.

El control de los plásticos o programa disciplinario ha llegado a un punto tal de crecimiento y desarrollo, que se considera que ya es apropiado establecer una Norma para Plásticos de la FNS.

Se ha notificado a la industria de plásticos el deseo de transformar el presente programa de plásticos, que funciona bajo un contrato, en una norma bajo la cual pueda ser concedido el Sello nSf. Se ha formado un Comité Conjunto sobre Plásticos, compuesto por representantes de los siguientes organismos:

Conference of State Sanitary Engineers
(Agrupación de Ingenieros Sanitarios Estatales)

Conference of Municipal Public Health Engineers (Agrupación de Ingenieros Sanitarios Municipales)

American Water Works Association (Asociación Americana de Obras de Abastecimiento de Agua)

Federal Housing Administration (Administración Federal de la Vivienda)

Armed Forces—Army, Navy (Fuerzas Armadas—Terrestres y Navales)

U.S. Public Health Service (Servicio de Salud Pública, E.U.A.)

Western Plumbing Officials Association
(Asociación de Funcionarios de Obras de Plomería del Oeste de los E.U.A.)

NSF Council of Public Health Consultants
(Consejo de Consultores en Salud Pública de la FNS)

Materials Manufacturers Advisory Committee
(Comité Asesor de Fabricantes de Materiales)

Pipe and Fittings Manufacturers Advisory Committee
(Comité Asesor de Fabricantes de Tubos y Accesorios)

Se han celebrado reuniones preliminares del Comité Conjunto sobre Plásticos y se está desarrollando una Norma sobre Plásticos propuesta por la FNS. Al adoptarse la Norma sobre Plásticos de la Fundación, por el Consejo de Consultores en Salud Pública, será posible para el Laboratorio de Ensayos simplificar los contratos bajo los cuales opera actualmente el programa de plásticos, y expedir el Sello de Aprobación para plásticos basándose en esa Norma.

La metodología utilizada por la Fundación

Nacional de Saneamiento para reunir a la industria, a las entidades oficiales, al ambiente académico y al público, a fin de considerar los problemas que tienen significación para la salud pública, ha sido exitosa. Este sistema estimula la expresión de los intereses de cada sector y, a pesar de esto, ningún grupo controla a los otros, o controla la operación de los programas que son desarrollados conjuntamente. Los intereses de todos los grupos deben ser enfocados convenientemente y dirigidos hacia la importante meta de la protección de la salud del público. La industria en general no está directamente interesada en promover la salud pública; ellos no son profesionales de salud pública, ni especialistas en la purificación del agua. Mantienen sus negocios para ganar dinero y están interesados en programas previamente planeados que alcanzarán su objetivo principal. La Fundación ha encontrado que los industriales y comerciantes cooperan gustosamente con las entidades oficiales en el logro de metas mutuas si los programas pueden ser desarrollados en una base uniforme. Este enfoque permite a la industria y al comercio llevar a cabo un trabajo educacional en masa, a través de sus medios de comunicación, pero el programa debe mantener buenas relaciones públicas con la industria o ésta no se mostrará interesada. El Programa de Ensayos y Control de Tubos Plásticos de la Fundación cumple con este criterio. Podemos resumirlo diciendo que su secreto consiste en planear con anticipación, con todos los grupos interesados, un programa de control, en lugar de esperar a que se presenten los problemas para entonces tratar de solucionarlos.

CAPITULO 4

Necesidad de mantener control sobre las composiciones plásticas para asegurar una producción uniforme con materiales plásticos básicos

Al comenzar el programa continuo de pruebas de los plásticos, el Laboratorio de Ensayos de la Fundación Nacional de Saneamiento tenía dos alternativas en lo que se refiere a las composiciones plásticas que serían sometidas a prueba, para determinar la conveniencia de su uso para la conducción de agua potable. La primera, la más costosa y larga, era la de realizar, con cada fórmula, estudios toxicológicos de alimentación animal, tal como había sido hecho en las investigaciones básicas sobre los plásticos. Debido a la excesiva cantidad de tiempo y dinero necesarios para realizar estudios toxicológicos completos, esta alternativa hubiera sido un serio obstáculo al progreso del desarrollo de los tubos plásticos. Como segunda alternativa, se decidió entonces que si cada fabricante de material enviaba al Director del Laboratorio de Ensayos la composición completa de cada resina o compuesto que iba a ser examinado, las pruebas y extracción química podrían estar dirigidas directamente hacia los productos químicos específicos contenidos en la composición y hacia los que pudieran desarrollarse a través de reacciones químicas o del contacto con el agua.

Estas alternativas fueron cuidadosamente consideradas por los consultores toxicológicos y químicos de la Fundación, los que se decidieron por la segunda, considerándola más práctica y mucho menos costosa para la industria, al mismo tiempo que facilitaría la aprobación de nuevas

composiciones. Se convino en que las técnicas de extracción desarrolladas durante el estudio de investigación de plásticos serían utilizadas en el programa continuo de pruebas, y que a los fabricantes de materiales se les exigiría que enviaran al Director del Laboratorio de Ensayos la fórmula completa de cada material que iba a ser sometido a prueba. La información sobre las composiciones sería considerada secreta y se mantendría en forma confidencial por el Laboratorio.

Las composiciones que fueron incluidas en la investigación original fueron aceptadas por el Laboratorio de Ensayos, para la fabricación de tubos plásticos para la conducción del agua potable. Estos incluían cuatro tipos de materiales, a saber: poliestireno modificado al caucho, polietileno, cloruro de polivinilo y butirato de acetato de celulosa, representados en 10 ó 12 composiciones independientes que fueron incluidas en el estudio original. Esto sirvió a la industria de punto de partida sobre el cual podría basarse la certificación de la Fundación Nacional de Saneamiento.

Los contratos fueron desarrollados basándose en las pautas establecidas por el Laboratorio de Ensayos para regir el uso del Sello de Aprobación en los plásticos. Los abastecedores de material que desearon someter composiciones a análisis y pruebas, firmaron los contratos y el

Laboratorio comenzó las pruebas de los materiales en 1956.

Al principio, había dos fabricantes de materiales que se negaron inicialmente a firmar los contratos, declarando que no suministrarían los datos de sus composiciones a nadie, y que tampoco permitirían al personal del Laboratorio de Ensayos de la Fundación examinar sus libros y determinar las cantidades de resinas o composiciones vendidas a ninguno de sus clientes. Como estos requisitos estaban incluidos en los contratos y otros fabricantes estaban de acuerdo con ellos y habían firmado aquéllos, se notificó a las dos compañías en cuestión que no podían modificar los contratos y por lo tanto no podrían usar el Sello nSf. Después de que ellos examinaron el Laboratorio y se reunieron con los funcionarios de la Fundación ambas compañías firmaron los contratos y todos los años, desde que se inauguró el programa, han cumplido a cabalidad los requisitos especificados en éstos.

EL PROBLEMA DE LOS DESECHOS EN EL POLIETILENO

Después que comenzó el programa de pruebas, se notó inmediatamente que algunos fabricantes de tubos estaban usando desechos y resinas de baja calidad en la producción de tubos de polietileno. Muchos de los pioneros en la fabricación de tubos de plásticos comenzaron sus actividades produciendo tubos de polietileno con forros de cables y de películas de polietileno de desperdicio, para ser utilizados en el drenaje de los desechos de las minas de carbón. Durante muchos años, los desechos corrosivos de las minas habían constituido un gran problema cuando se usaban tubos de metal y el tubo de polietileno ofrecía muchas ventajas. A éste no le afectaba la acción corrosiva de los desperdicios y a la vez podía ser instalado fácilmente. En pocos minutos podían instalarse en una mina rollos de 300 a 1.000 pies de longitud, de tubos de polietileno; mientras que el tubo de metal, a más de ser más costoso, requería muchas horas para ser instalado. Los tubos de polietileno

manufacturados con desechos plásticos, para ser utilizados en el drenaje de las minas, no presentaban problema alguno, ya que no se ejercían altas presiones continuas, ni existía el problema de la toxicidad.

Todas las composiciones de polietileno aprobadas, ofrecidas para la manufactura de tubos para la conducción de agua potable, contienen negro de humo como protección contra la degradación causada por rayos ultravioleta y algunos fabricantes de tubos, poco escrupulosos, pensaron que podrían añadir negro de humo a los desechos de polietileno y producir así un tubo que podían vender como tubería de agua potable y nadie se daría cuenta de la diferencia. Cuando el Laboratorio de Ensayos comenzó a ensayar tubos de polietileno, obteniéndose resultados no comparables con los de los compuestos que se "alegaba" que habían sido usados en la producción de dichos tubos, se notó enseguida la tendencia de algunos fabricantes a "engañar", añadiendo desechos plásticos a la producción de tubos de polietileno.

Fue entonces cuando el Laboratorio decidió exigir a los productores de materiales que añadieran a sus compuestos aprobados de polietileno un elemento inocuo de identificación, en pequeñas cantidades. Los elementos seleccionados son básicamente iones de metales pesados, tales como aluminio, manganeso, cobre, potasio y elementos similares. Estos y otros elementos, usados como identificadores, se descubren fácilmente espectrográficamente, pudiéndose determinar cualquiera adición de materiales de mala calidad, aunque tan sólo se añadan en un 5 ó 10% a la composición aprobada de polietileno. A cada fabricante se le asigna un identificador diferente para ser usado en sus composiciones de polietileno, y esta información se mantiene en secreto, lo mismo que el método para añadirlo y la cantidad que se usará.

Con esta nueva técnica, se está en condición de eliminar rápidamente el problema causado por el uso de desechos de polietileno en la producción de tubos sellados con el Sello nSf. Con este control de las composiciones básicas

de polietileno se pudo asegurar una producción uniforme de tubos e igualmente identificar los tubos hechos con cualquiera resina o compuesto de polietileno, previamente aprobados. Con este tipo de programa de control no queda duda alguna sobre la aceptabilidad de un tubo de polietileno, para fines de agua potable y el Sello nSF en dicho tubo es un símbolo de calidad.

PROBLEMAS EN LA CONFECCION DEL POLIETILENO

Otra razón importante por la cual se deben controlar las composiciones de polietileno que van a ser empleadas en la producción de tubos para la conducción de agua potable, se puso de manifiesto cuando varios fabricantes de tubos decidieron producir sus propias composiciones de polietileno. Ellos creyeron que comprando resinas naturales de polietileno aprobadas, y teniendo un lote matriz que contenía negro de humo y un elemento de identificación, podrían hacer su propia mezcla y ser capaces de producir un compuesto a un costo menor que el del productor de material básico. Se firmaron contratos con varios productores de estos tubos, de lo que pronto hubo que arrepentirse.

Algunos de los confeccionadores de materiales para tubos añadían resinas de baja calidad a sus mezclas y de nuevo se obtuvieron resultados erráticos en los ensayos de tubos de polietileno producidos con dichos compuestos. Al investigar cuidadosamente el problema, se encontró que estos "confeccionadores" estaban comprando lotes matrices de material que contenía un identificador aprobado, al cual ellos añadían resinas de baja calidad, que los abastecedores de materiales básicos no usaban en las composiciones para tubos. No había uniformidad en las características físicas de las composiciones producidas por esos fabricantes de materiales para sus propios tubos.

Cuando comenzaron los ensayos físicos de los tubos plásticos, al compararlos con los requisitos de las Normas Comerciales del Departamento de Comercio de los Estados Unidos, se encontró

que la mayoría de los tubos producidos con estas mezclas no cumplía con las normas.

Se modificaron de nuevo los contratos con los productores de tubos, a fin de eliminar la producción de compuestos de polietileno para tubos fabricados por el mismo productor. Estos no sólo carecen del equipo apropiado para mezclar debidamente los compuestos, sino lo que es peor aún, existía una tendencia a usar materiales de calidad inferior. Las resinas que se usaban eran aceptables bajo el punto de vista de la toxicidad, pero no había uniformidad en las propiedades físicas y, por lo tanto, el tubo producido con tales compuestos no podía "contener el agua".

Habiendo observado los problemas ocasionados por los desechos de polietileno y a la vez las experiencias con los fabricantes de materiales y tubos, hubo que convencerse de que la política de controlar las composiciones a nivel de los productores primarios de resinas y composiciones básicas era acertada. Se ha continuado exigiendo a cada fabricante de materiales, que archive, en el Laboratorio de Ensayos, la composición plástica completa antes de ser probada. Cualquier cambio en una composición aprobada requiere una nueva prueba de la fórmula, a la cual le es asignado un número diferente para la identificación correcta.

CONFECCION DE PVC POR LOS FABRICANTES DE TUBOS

En los Estados Unidos, la fabricación de tubos de PVC por expulsión se ha hecho, casi en su totalidad, con composiciones de PVC, en forma granulada, preparadas por los productores de materiales básicos. El mismo proceso simple usado en la producción por expulsión de tubos de polietileno con granulados fue utilizado en la de tubos de PVC. En algunos países europeos, la producción por expulsión de tubos de PVC se ha hecho, durante varios años, directamente con la composición en polvo. Este procedimiento elimina una o dos operaciones en la elaboración del material y, por consiguiente, hace posible la fabricación de tubos de PVC a un costo menor que cuando se emplea el compuesto granulado.

Los contratos que rigen la producción de tubos de PVC habían exigido que el tubo fuese producido con composiciones aprobadas, preparadas por los fabricantes de materiales. Estos compuestos eran siempre entregados en forma de granulado a los fabricantes de tubos.

Hace alrededor de dos años, varios fabricantes de tubos solicitaron permiso para usar el Sello nSf en los tubos hechos de compuestos PVC, en polvo, formulados por ellos. Se investigó detenidamente el problema y se discutió esta proposición con los Comités Consultivos de Salud Pública e Industrial de la FNS, conviniéndose en que se elaboraría un contrato especial, que permitiría a los fabricantes de tubos producir compuestos de PVC aprobados con el Sello nSf, ya que con los tubos de PVC y de ABS no existen problemas con el uso de desechos. Se decidió permitir la confección de PVC a los fabricantes de tubos. A los productores de estos materiales se les ha exigido que presenten información completa sobre la fórmula, y que la resina básica de PVC usada en la confección sea aprobada por la Fundación Nacional de Saneamiento al nivel del fabricante de la resina, bien sea en la forma de un compuesto para el cual el fabricante de la resina ha pedido la aprobación o como una fórmula independiente que contenga la resina básica.

También se ha exigido al fabricante de tubos o "confeccionador" que la preparación de PVC que él produce sea sometida a ensayos, al menos dos veces al año, a fin de mantener un control sobre la uniformidad de la composición. Este procedimiento sitúa al fabricante de tubos como elaborador de materiales y como tal es tratado, aparte de los ensayos adicionales que se le exigen cada año. Los tubos fabricados con compuestos de PVC mezclados "en seco" o "en polvo", han llenado los requisitos físicos y químicos necesarios para obtener autorización para usar el Sello nSf.

PROBLEMAS QUE SURGEN AL MEZCLAR COMPUESTOS DE PE DE DIFERENTES DENSIDADES

Durante los últimos dos o tres años, algunos fabricantes de tubos han tratado de mezclar una

resina de polietileno Tipo I ASTM, de una densidad de 0,910 a 0,925, con una resina Tipo III ASTM, de una densidad entre 0,941 y 0,965. El propósito de esta operación era producir un tubo de densidad intermedia, el cual sería más flexible que con la resina del Tipo III y necesitaría paredes de menor espesor que el requerido con la resina del Tipo I. Las proporciones de la mezcla variaban desde un 60% del Tipo I y un 40% del Tipo III hasta un 40% del Tipo I y un 60% del Tipo III. El Laboratorio de Ensayos exigió que el tubo fabricado con una de estas mezclas fuera clasificado como perteneciente al tipo más bajo, debiendo además ser ensayado de acuerdo con los requisitos de la norma comercial aplicable al tipo inferior. Gracias a este requisito, se eliminó el problema, ya que los productores de tubos no obtuvieron las ventajas imaginadas y pronto descontinuaron la práctica de mezclar dos tipos diferentes de resinas de polietileno.

ESFUERZOS DE DISEÑO PARA TIPOS ESPECIFICOS ASTM DE PE, PVC, Y ABS

En 1963, el Instituto de Tubos Plásticos presentó un "Método tentativo para estimar el esfuerzo hidrostático a largo plazo y el esfuerzo hidrostático de diseño en tubos termoplásticos". Este método describe un procedimiento para estimar el esfuerzo hidrostático a largo plazo en tubos termoplásticos, cuando se les somete a una presión hidrostática interna, y otro para calcular esfuerzos hidrostáticos de diseño, a partir de estos valores del esfuerzo hidrostático a largo plazo. El método se aplica en todos los tipos conocidos de tubos termoplásticos y a cualquier temperatura práctica. En este método hay varias definiciones y declaraciones que son de gran interés.

Las siguientes definiciones se aplican sólo cuando se refieren a tubos y a este método en particular:

a) *Esfuerzo*: La fuerza por unidad de área en la pared del tubo, en sentido circunferencial, debida a las presiones hidrostáticas internas.

b) *Presión*: La fuerza por unidad de área ejercida por el "medio" en el tubo.

c) *Esfuerzo hidrostático de diseño*: La tensión máxima estimada en la pared del tubo, en sentido circunferencial, debida a la presión hidrostática interna que puede ser aplicada en forma continua durante 100.000 horas (11,43 años) con un alto grado de certeza de que el tubo no fallará.

d) *Presión de calibración*: La presión máxima que se calcula que "el medio" en el tubo puede ejercer continuamente durante 100.000 horas con un alto grado de certeza de que el tubo no fallará.

e) *La siguiente fórmula se usará para relacionar el esfuerzo y la presión*:

$$S = \frac{P(d - e)}{2e} \quad \text{y} \quad S_w = \frac{P_w(d - e)}{2e}$$

donde: S = esfuerzo

S_w = esfuerzo hidrostático de diseño

P = presión

P_w = presión de calibración

d = diámetro externo

e = espesor mínimo de la pared

f) *Resistencia hidrostática a largo plazo*: El esfuerzo de tensión, calculado en la pared del tubo en sentido circunferencial, que al ser aplicado continuamente causará la falla del tubo a las 100.000 horas.

g) *Falla*: Rotura, agrietamiento, rajadura, o goteo (percolación del líquido) del tubo durante la prueba.

La importancia del método puede expresarse así:

1) El procedimiento para calcular la resistencia hidrostática a largo plazo es esencialmente una extrapolación, con respecto al tiempo, de ensayos hechos de acuerdo con la Descripción de Procedimiento de la ASTM D1598-58T. Se preparan gráficos de esfuerzo-tiempo de falla, para la temperatura seleccionada, y la extrapolación se hace en tal forma que se obtiene la resistencia hidrostática a largo plazo para esta temperatura.

2) El esfuerzo hidrostático de diseño está dado por el menor de los siguientes valores: a) una fracción de la resistencia hidrostática a largo plazo; b) por medio de extrapolación del gráfico del esfuerzo-tiempo de

falla, o c) determinando el esfuerzo que producirá un 5% de aumento de la circunferencia en 100.000 horas. La intención es dejar un margen para las características de temperatura-esfuerzos-deformaciones en el material; variaciones normales en el material, fabricación, dimensiones; desviaciones de las técnicas óptimas de manipulación e instalación, y variaciones en los procedimientos de evaluación establecidos en este método y en el D1598. El esfuerzo hidrostático de diseño obtenido proporciona una vida útil indefinida, posterior a la duración real de la prueba. Los valores del esfuerzo hidrostático de diseño determinados por este método, no son apropiados para el cálculo de sistemas de tuberías en condiciones especiales o poco comunes, ni para predecir la vida útil o el comportamiento del tubo que esté en contacto con elementos que puedan serle adversos.

3) No es probable que los valores de la resistencia hidrostática a largo plazo y del esfuerzo hidrostático de diseño de un plástico específico sean los mismos que los de otros plásticos. Los resultados obtenidos a una temperatura no pueden ser usados para determinar los correspondientes valores a otra temperatura, particularmente a temperaturas mayores. Por lo tanto, es esencial que los valores de la resistencia hidrostática a largo plazo y el esfuerzo hidrostático de diseño, sean determinados para cada tipo y clase específicos de plástico y a cada temperatura. Estos procedimientos no están basados en mecanismos de falla, ya que estos mecanismos no se conocen detalladamente, pero son aproximaciones empíricas conservadoras.

4) La presión de calibración para tubos de diferentes dimensiones, puede ser calculada a partir del valor del esfuerzo hidrostático de diseño, para el material específico usado en la fabricación del tubo.

El procedimiento para obtener la resistencia hidrostática a largo plazo, específica que para cada temperatura seleccionada deberán tenerse 18 fallas, anotándose los esfuerzos y tiempos correspondientes al ocurrir la falla. Los valores

de los esfuerzos para la prueba se seleccionarán como sigue:

<i>Horas</i>	<i>Puntos de Falla</i>
10— 100	No menos de 3
100—1.000	No menos de 2
1.000—5.000	No menos de 2
Después de 5.000	No menos de 3
Después de 10.000	No menos de 1
<hr/>	
Total:	No menos de 18

El método incluye fórmulas para ser utilizadas en la aplicación de los datos obtenidos durante el mínimo de 10.000 horas de prueba, a 2 ó más temperaturas.

El Instituto de Tubos Plásticos ha establecido las siguientes categorías de esfuerzos hidrostáticos de diseño para materiales termoplásticos para tubos:

el nuevo material. Sólo entonces podrá usarse el nuevo material en la fabricación de tubos plásticos que llevarán el Sello nSf.

El uso del "Método para determinar el esfuerzo hidrostático de diseño a largo plazo de tubos termoplásticos", ha reforzado el control de las composiciones plásticas, asegurando así uniformidad en la producción de tubos plásticos hechos con estos materiales. Cada fabricante de compuestos y tubos de PVC que esté produciendo su propio compuesto, debe llevar a cabo pruebas de esfuerzo a largo plazo, debiendo señalársele un esfuerzo de diseño para la composición que él ha desarrollado, antes de que pueda usar el Sello nSf en los tubos fabricados con ella.

PVC

- Tipo I, Grado 1—2.000 psi, esfuerzo de diseño para agua a 23°C
 - Tipo I, Grado 2—2.000 psi, esfuerzo de diseño para agua a 23°C
 - Tipo II, Grado 1—1.000 psi, esfuerzo de diseño para agua a 23°C
 - Tipo IV, Grado 1—1.600 psi, esfuerzo de diseño para agua a 23°C
- NOTA: También 1.250 y 1.600 psi, a más de 100 psi, según el compuesto

ABS

- Tipo I, Grado 1— 800 psi, esfuerzo de diseño para agua a 23°C
- Tipo I, Grado 2—1.000 psi, esfuerzo de diseño para agua a 23°C
- Tipo II, Grado 1—1.250 psi, esfuerzo de diseño para agua a 23°C
- Tipo I, Grado 3—1.600 psi, esfuerzo de diseño para agua a 23°C

PE

- Tipo I, Grado 1— 400 psi, esfuerzo de diseño para agua a 23°C
- Tipo II, Grado 3— 500 psi, esfuerzo de diseño para agua a 23°C
- Tipo II, Grado 3— 630 psi, esfuerzo de diseño para agua a 23°C
- Tipo III, Grado 3— 630 psi, esfuerzo de diseño para agua a 23°C

Según el contrato de la Fundación Nacional de Saneamiento, a cada fabricante se le exige desarrollar datos del esfuerzo de diseño para cada material nuevo que desee someter a la consideración del Laboratorio, a fin de obtener la aprobación nSf. Antes de autorizar finalmente el uso del Sello nSf en relación con una nueva composición, deberá habérsele señalado al fabricante un esfuerzo hidrostático de diseño apropiado para

EXTRACCION DE PLOMO DE LOS TUBOS DE PVC

Una razón muy importante para mantener un control sobre las composiciones plásticas a fin de establecer uniformidad y seguridad en los tubos plásticos para abastecimientos de agua, es el problema de los estabilizadores tóxicos que pudieran ser usados en los compuestos de PVC. Algunos fabricantes sostienen que pueden fabri-

carse tubos de PVC de mejores propiedades físicas usando estabilizadores de plomo en los compuestos de PVC. Es bien sabido que los estabilizadores de plomo son más económicos que los de estaño. Tomando en cuenta la excesiva extracción de plomo y cadmio de las muestras preparadas especialmente de tubos de PVC, sometidas a prueba durante la Investigación de Tubos Plásticos, el Comité Consultivo de Salud Pública recomendó a la FNS no permitir el uso del Sello nSf en los tubos plásticos que contengan plomo, cadmio u otras sustancias químicas tóxicas, extraíbles.

El Laboratorio de Ensayos de la Fundación no ha llevado a cabo estudios extensos sobre la extracción de las sustancias químicas tóxicas, tales como el plomo, el bario, el cadmio, etc., de composiciones plásticas, debido a las recomendaciones de sus asesores en salud pública en contra del uso de tales materiales. Se han probado unas cuantas muestras de tubos de PVC con estabilizadores de plomo producidos tanto en los Estados Unidos como en otros países, y en todos los casos se ha extraído del tubo una cantidad excesiva de plomo. El límite permisible de plomo en el agua potable, fijado por las Normas de Agua Potable del Servicio de Salud Pública de los Estados Unidos, es de 0,05 mg/l.

Los siguientes son algunos ejemplos de extracción de plomo de tubos de PVC:

Muestra A: Una serie de seis extracciones, repetidas en el mismo tubo, dieron los siguientes resultados:

Primera extracción—2,0 mg/l de plomo

Segunda extracción—1,1 mg/l de plomo

Tercera extracción—0,7 mg/l de plomo

Cuarta extracción—0,4 mg/l de plomo

Quinta extracción—0,3 mg/l de plomo

Sexta extracción—0,3 mg/l de plomo

Muestra B: Una sola extracción—1,7 mg/l de plomo.

Muestra C: Una sola extracción—0,2 mg/l de plomo.

Se han hecho pruebas a pH altos y bajos. Se notó que a pH más bajos las cantidades de plomo extraídas serán mayores. Se ha podido demostrar que con un pH de 9,0, la cantidad de plomo extraído de un tubo de PVC sobrepasa los límites establecidos en las Normas de Agua Potable mencionadas. La cantidad de plomo de tales extracciones varía de 0,65 a 2,5 mg/l en tubos de una misma producción.

En los Estados Unidos, el Instituto del Plomo ha mostrado interés en patrocinar estudios que determinarían los límites apropiados de plomo que podrían añadirse a los compuestos de PVC, sin ocasionar daños a la salud. Hasta tanto no se disponga de datos precisos al respecto, la política de la FNS será la de no permitir el uso del Sello nSf en los tubos plásticos que contienen plomo, cadmio o cualquier otro elemento tóxico.

De la discusión de los problemas que han surgido en la aplicación del Programa del Sello de Aprobación de la Fundación para los plásticos, es evidente la necesidad de mantener un control sobre las composiciones plásticas, para asegurar así una producción uniforme de tubos plásticos seguros desde el punto de vista sanitario.

CAPITULO 5

Control de la calidad

Fabricante, Usuario, Laboratorio de Ensayos de la Fundación Nacional de Saneamiento

NECESIDADES

El mantenimiento de la uniformidad en los productos es esencial en cualquier campo de la industria en que se trabaje. Desde el punto de vista del fabricante, es muy importante por la aceptación y uso continuo del producto por parte del comprador. Aun más, si el producto tiene implicaciones o potencialidades para la salud y la seguridad pública, el control de su calidad se convierte entonces en un factor que es de la competencia de los departamentos correspondientes del gobierno. Muchos productos, incluyendo algunos relacionados con la salud y la seguridad pública, son de tal naturaleza que hacen que el control de su calidad sea algo relativamente sencillo. Los productos que requieren solamente una verificación de sus dimensiones caen en esta categoría. Otros productos, tales como las tuberías plásticas y sus conexiones, requieren un control de la calidad más complicado, ya que las características que se desea verificar no pueden ser fácilmente percibidas visualmente o por medio de una evaluación física. No se puede evaluar en forma superficial o por inspección visual la no toxicidad, el comportamiento o la resistencia física o química de un producto. Aun más, una vez que dichos productos han sido usados (instalados), no pueden ser fácilmente reevaluados

periódicamente; así, no pueden realizarse investigaciones cuando se presentan indicios de fallas potenciales.

Como sucede con otros productos, hay varios grupos interesados en el control de la calidad de las tuberías plásticas y de sus accesorios. Los fabricantes de los compuestos básicos o resinas usados en la manufactura de tubos plásticos y accesorios, están interesados directamente en el control de la calidad, al igual que los fabricantes de tubos y accesorios, los usuarios y los compradores y, en este caso específico, el Laboratorio de Ensayos de la FNS tiene también un interés directo y marcado en el control de la calidad. La función del Laboratorio de Ensayos es la de representar el interés del gobierno, de los organismos de salud pública y de otras organizaciones similares, así como también, la conciencia de la industria.

OBJETIVOS

Los objetivos de un programa de control de la calidad de tuberías plásticas y sus accesorios, utilizados en la conducción de agua potable, son múltiples. La primera preocupación y, por lo tanto, el objetivo básico, es que el producto final no constituya un peligro para la salud pública. Así como el interés manifestado por el gobierno y los organismos de salud pública radica en la

salud y seguridad pública, el interés de las industrias se pone igualmente en evidencia a través de sus esfuerzos y actividades en este aspecto.

En segundo lugar se encuentra la necesidad de obtener uniformidad en los tubos y en sus accesorios, a fin de posibilitar el intercambio entre los productos de las diferentes compañías productoras, así como también el efectuar un reemplazo, aumento o extensión en los sistemas de agua potable existentes, sin dificultades. La industria tiene otros intereses de mayor alcance en lo que concierne a la responsabilidad de la empresa en sí y en relación con sus productos, factores económicos y el establecimiento y mantenimiento de un mercado competitivo y de libre empresa.

El Laboratorio de Ensayos de la FNS, en su capacidad de evaluador de las tuberías plásticas y sus conexiones para ser usadas en los sistemas de agua potable, permite satisfacer, en su mayor parte, las necesidades anteriormente mencionadas. Esencialmente, garantiza al gobierno y a los organismos encargados de velar por la salud pública, que los tubos plásticos y sus conexiones, para el abastecimiento de agua potable aprobados por la Fundación, no constituyen realmente ningún peligro para la salud pública, desde el punto de vista toxicológico, organoléptico y del funcionamiento. El papel del Laboratorio de Ensayos, así definido, requiere una amplia esfera de acción e interés en tuberías plásticas y sus conexiones para la conducción de agua potable. Como se explicará más adelante, los usuarios, así como los fabricantes de los materiales componentes de las tuberías y sus accesorios, tienen intereses específicos en el sistema de control de la calidad del Laboratorio de Ensayos. Al fabricante de las tuberías no le interesan todas las propiedades físicas del material, pero, en cambio, debe depender del abastecedor del material para la obtención de un compuesto o resina uniforme. Por otra parte, el proveedor del material no está interesado en la calidad de los tubos o de los accesorios de cada fabricante, o en que ellos cumplan o se

ajusten a los requisitos de dimensiones y tolerancias. Sin embargo, es de la competencia del Laboratorio de Ensayos el abarcar todos éstos, a más de otros aspectos o factores que son de interés para el usuario, las autoridades sanitarias y similares. Actualmente, el campo de interés del Laboratorio de Ensayos abarca tanto el material básico como el producto final, en lo que respecta a sus propiedades físicas, resistencia química, aspectos organolépticos, funcionamiento o servicio y requisitos de dimensiones y tolerancias.

EL FABRICANTE DEL MATERIAL

Una revisión de las necesidades básicas de las cuatro partes interesadas en el control de calidad, en lo que se refiere a las tuberías plásticas y a sus accesorios para aplicaciones a la conducción de agua potable, servirá para señalar los intereses respectivos. El fabricante del material, que se ocupa de producir los compuestos y resinas básicos que van a ser utilizados por el productor de tubos plásticos y piezas accesorias, está interesado, básicamente, en proporcionar un producto o material uniforme, en forma continua, para así permitir a aquél producir y vender un producto uniforme, sin interrupciones. Inicialmente, él se interesa en desarrollar un compuesto o resina que bien tenga o llegue a conseguir aceptación general del productor y el usuario. A este fin han sido establecidas clasificaciones básicas para los materiales, a través de la ASTM. De cuando en cuando, ha habido necesidad de establecer nuevos tipos de materiales y de clasificaciones. Estos progresos son, por lo general, el resultado de la investigación y de los adelantos realizados por los abastecedores del material. Estas clasificaciones de materiales, como la establecida por la ASTM, incluyen consideraciones de la densidad de la resina base, resistencia química, resistencia al impacto, esfuerzo hidrostático de diseño, etc.

Aunque a veces resultan un poco complejas y confusas, las clasificaciones de la ASTM para los materiales plásticos son esenciales y de in-

terés, al estipular una uniformidad para los materiales plásticos. El interés de los fabricantes de material en cuanto a las propiedades toxicológicas y organolépticas de los materiales básicos es muy amplio. La aceptación y el vasto uso de sus materiales, al menos en lo que respecta a las aplicaciones para la conducción de agua potable, están directamente relacionadas con estos factores. Muchos abastecedores de material llevan a cabo evaluaciones toxicológicas y organolépticas extensas y de larga duración, incluyendo alimentación animal y actividades de investigación similares.

El esfuerzo hidrostático de diseño es un factor de gran importancia para los abastecedores del material, ya que sus productos deben competir favorablemente tanto desde el punto de vista del funcionamiento o servicio como del económico. Las investigaciones de larga duración, en cuanto a los esfuerzos hidrostáticos con relación al tiempo, se basan en los procedimientos industriales recomendados, que estipulan una duración del ensayo de no menos de 10.000 horas. Muchas veces se prescriben duraciones mucho mayores, para así permitir el establecimiento de esfuerzos hidrostáticos prácticos y razonables, con relación al tiempo, para cada material individualmente.

Una vez que el fabricante del material ha desarrollado un producto que reúne los requisitos anteriormente mencionados, tiene que hacerle frente al problema del control de la producción, para poder asegurar la uniformidad del producto en una base continua. Una vez más, los requisitos de la ASTM son de valor, ya que en ellos están establecidos los requisitos mínimos para cada tipo y categoría de material. El fabricante del material ensaya y anota los resultados de cada lote o cantidad de materiales básicos producidos; identifica cuidadosamente cada saco, barril, envase o lotes de material que es despachado, a fin de que, si en el futuro surgen dificultades en la producción o en la utilización de los materiales, se disponga de un registro de los resultados de las pruebas de control de la calidad, practicadas con el material en investigación.

PRODUCTOR DE TUBOS Y ACCESORIOS

Al examinar el papel del productor (por expulsión o moldeado) de tubos plásticos y sus accesorios en el control de la calidad, se deben reconocer, desde el principio, ciertos factores básicos que condicionan el tipo y grado de control de la calidad necesario a este nivel. Se debe reconocer que la producción de tubos plásticos y sus accesorios se hace con un material básico controlado y altamente uniforme, del cual cada lote, o producto de un período de operaciones, ha sido cuidadosamente evaluado por el abastecedor del material antes de ser despachado. En segundo lugar, el productor de tubos es relativamente pequeño en comparación con el abastecedor del material, y generalmente no puede sufragar los gastos de las costosas instalaciones de laboratorio de que dispone el abastecedor para su programa de control de la calidad. En tercer lugar, el control de la calidad mantenido por el productor es, en realidad, un control de la producción, y se relaciona más favorablemente con el tipo de control efectuado por el abastecedor de material, una vez desarrollado y "estandarizado" el compuesto o materia básica. Fundamentalmente, el productor está más interesado en la uniformidad de la fabricación y en el control de las dimensiones y tolerancias, mientras que el interés del abastecedor del material abarca las propiedades físicas, químicas, toxicológicas y organolépticas del material, al igual que el control de los índices de fusión y propiedades similares. Mientras que el tipo de control de la calidad proporcionado por el productor puede variar mucho (desde la ausencia de control hasta la disposición de un amplio laboratorio), debe destacarse que se considera básico y fundamental el disponer de cierto control de la calidad en la producción de tubos y sus accesorios, que serán usados en el suministro de agua potable. Tal como se ha puntualizado anteriormente, el tener un control de la calidad en la fabricación, y de las dimensiones y tolerancias de los tubos y sus accesorios, son factores esenciales. Cualesquiera que sean los procedimientos de control de la calidad

llevados a cabo por el productor, deben ser llevados a la práctica sobre una base planeada y, aún más importante, este control debe ser aplicado en forma continua. El sistema de "tipo escopeta" (*shotgun approach*) para la aplicación de sistemas de control de la calidad es inefectivo.

Como se dijo previamente, las pruebas llevadas a cabo por el productor pueden variar ampliamente. Sin embargo, hay un método de control especialmente significativo que debería usarse en todos los casos. Es esencial la verificación continua de las dimensiones y tolerancias, dándole atención específica al diámetro exterior (D.E.), y al espesor de las paredes. La excentricidad deberá ser también determinada, como está previsto en la mayoría de las normas comerciales de la actualidad. La ASTM ha desarrollado un procedimiento que es sumamente efectivo en relación con lo anterior: la ASTM D 2122-62T. El documento se titula "Determinación de las dimensiones de tubos termoplásticos", y en él se presentan procedimientos para determinar el D.E., el espesor de las paredes, el diámetro interior (D.I.), la falta de redondez y la rectitud de los tubos. Se recomienda la aplicación de los procedimientos para pruebas establecidos en esta norma de la ASTM, aun cuando sea necesario introducir algunas modificaciones en el número de muestras que van a ser examinadas.

Los ensayos y procedimientos utilizados para el control de la calidad, además de las determinaciones de dimensiones y tolerancias, pueden variar ampliamente. Aún más, los métodos y pruebas pueden variar con los tipos de tubos que están siendo producidos. La prueba que sigue en importancia, por lo mucho que se usa, es la denominada de "ruptura rápida", o más apropiadamente, la de "Determinación de la resistencia a la ruptura a corto plazo". El procedimiento de la prueba está indicado en las especificaciones ASTM D1599-58T tituladas "Resistencia a la ruptura a corto plazo de tubos, tuberías y accesorios termoplásticos". Para permitir mayor facilidad y rapidez, se pueden efectuar pequeñas modificaciones en los métodos

de prueba. El procedimiento de la prueba requiere, esencialmente, la preparación de muestras 10 veces mayores que el tamaño nominal de los tubos (con una longitud máxima de la muestra de 3 pies) con sellos o cabezales apropiados para los extremos; el llenado de las mismas con agua, y una fuente de presión.

Habiéndose determinado el espesor mínimo de la pared de la muestra de prueba y el diámetro exterior promedio, se hace estallar la muestra dentro de un lapso reducido, anotándose la presión en el momento de la ruptura. Los procedimientos de la prueba presentan un método para obtener el esfuerzo tangencial de la muestra, el cual, al ser calculado, debe correlacionarse favorablemente con los esfuerzos hidrostáticos de diseño que se asignen al material.

Además de los dos anteriormente delineados, otros ensayos que pueden utilizarse incluyen pruebas de impacto, pruebas de acetona o de ácido acético, aplastamiento y otras. Los métodos y las pruebas varían con el tipo de tubería que se produce. La prueba de inmersión en acetona-anhidro (ASTM) es esencial para el control apropiado de la calidad de extrusión de la tubería de PVC. Algunos de los productores mayores pueden efectuar análisis de esfuerzos a largo plazo, de 1.000 ó 2.000 horas de duración y, en algunos casos, hasta de 10.000 horas y más. Estos procedimientos, sin embargo, están generalmente relacionados con proyectos de investigación y perfeccionamiento y no con el control de la calidad.

Repetimos que mientras los procedimientos de control de la calidad son esenciales, el mantenimiento de registros de control de la calidad juega un papel cada vez más importante en este nivel del control de la calidad. Los productos, a este nivel, son vendidos y usados, sin necesitar de otros procesos. Es esencial la codificación adecuada de los tubos y sus accesorios, en lo relativo a la fecha exacta (día y mes) de producción, así como también a los materiales utilizados en la fabricación, bien sea por expulsión (extrusión) o en moldes. (A este

efecto, hay una estipulación incluida en el Contrato del Laboratorio de Ensayos con los productores de tubos y accesorios plásticos usados para la conducción de agua potable.) Durante cierto número de años, deben mantenerse registros del control de la calidad de tubos y accesorios, ya que pueden ocurrir fallas a largo plazo. Una simplificación de estos registros es también esencial, ya que el número de pruebas llevadas a cabo por un productor en gran escala puede requerir muchos volúmenes de registros. De nuevo se debe recalcar que es indispensable la codificación de los datos de los tubos y accesorios producidos, al igual que las referencias al control de la calidad entre una y otra parte del registro.

EL USUARIO Y EL COMPRADOR

El papel del comprador o del usuario, en la aceptación de un tipo especial de tubos o accesorios para la conducción del agua potable, también es, por supuesto, esencial en el panorama general del control de la calidad. El grado de interés del comprador o usuario, si conoce al productor de tubos y accesorios, es similar, en cierta forma, a la relación entre el abastecedor de material y el productor. Fundamentalmente, aquél se interesa en que el producto que obtiene o que el vendedor le suministra, llene los requisitos establecidos por las normas comerciales o sus especificaciones individuales. Por lo tanto, su interés principal consiste en que posteriormente sea posible obtener artículos que sean intercambiables con aquéllos que esté obteniendo en el presente. Aún más, en el futuro pueden requerirse reemplazos, reparaciones o modificaciones en los sistemas, en los cuales es esencial el poder intercambiar piezas.

El usuario/comprador, por supuesto, se encuentra ante la necesidad de disponer de pruebas que puedan llevarse a cabo fácilmente en el campo, o en el momento de aceptarse los materiales. Se sugiere, como mínimo, efectuar un muestreo al azar, planificado, para determinar lo siguiente:

1. Si hay marcas adecuadas en el tubo (lo que permitirá su identificación en el caso de fallas, y establece un control, con el productor, para determinar si la falla es debida a un error del productor o a un problema de los materiales).

2. Las dimensiones y tolerancias de los tubos, en cuanto a su diámetro exterior y espesor de sus paredes.

El también puede decidir, al recibir su mercancía, pesar cada trozo individual o cada rollo de tubos para así determinar los pesos. Estos pueden ser reconfirmados con los establecidos por las especificaciones publicadas por el fabricante y ser usados como comprobantes de la calidad del material y del mantenimiento de paredes mínimas. Algunos compradores también realizan pruebas rápidas de ruptura hidrostática o de impacto de aplastamiento; sin embargo, generalmente éstas no se efectúan en el sitio de uso. Otros compradores prefieren escoger muestras al azar de los pedidos grandes, y enviarlas a sus propios laboratorios o a laboratorios particulares, para una evaluación completa, de acuerdo con pruebas establecidas.

En ciertos casos especiales, el Gobierno de los Estados Unidos envía este tipo de muestras al Laboratorio de Ensayos de la Fundación, para el control de calidad.

LABORATORIO DE ENSAYOS DE LA FNS

El papel que desempeña el Laboratorio de Ensayos en el control de la calidad abarca al abastecedor del material, al productor, y al comprador/usuario.

El Laboratorio de Ensayos se interesa en los aspectos toxicológicos y organolépticos para garantizar al usuario/comprador un producto no tóxico ni nocivo a la salud pública. El Laboratorio, en este caso, exige información completa de la composición de los materiales, suministrada por su fabricante y, además, que el productor de tubos y accesorios plásticos aprobados utilice solamente materiales aprobados según el Sello nSf. Por supuesto, no es suficiente disponer solamente de la información correspondiente a

la composición del material, pues también será necesario efectuar extensas evaluaciones toxicológicas y organolépticas, las cuales serán discutidas más adelante. El Laboratorio de Ensayos está también interesado en las características físicas, resistencia química, resistencia al impacto, y en aquellos aspectos de la tubería en prueba que hayan sido establecidos por la ASTM o en las normas comerciales que sean aplicables.

También son de interés para el Laboratorio de Ensayos, la uniformidad del producto final en relación a los diámetros exteriores e interiores, el espesor de las paredes y, en algunos casos, las dimensiones longitudinales. Las muestras son evaluadas según el punto de vista del servicio, verificándose pruebas hidrostáticas de larga duración, pruebas de ruptura a corto plazo, al igual que pruebas de aplastamiento y de impacto y aspectos ambientales del producto. Estas pruebas, al igual que las anteriores, se realizan de acuerdo con los procedimientos de la ASTM y/o son comparadas con lo establecido en las normas comerciales.

El Laboratorio de Ensayos, al efectuar las pruebas brevemente mencionadas anteriormente,* proporciona, en esencia, una medida disciplinaria para el fabricante del material y para el productor, y una salvaguardia para el comprador/usuario. Aún más, el programa de certificación del Laboratorio da al gobierno y, en especial, a los organismos de salud pública, la seguridad y los controles esenciales para la aceptación de los materiales plásticos que van a ser usados en sistemas de agua potable.

La necesidad de simplificar el control de la calidad condujo al Laboratorio de Ensayos al establecimiento de un programa de trazadores o identificadores inocuos, que ahora se exige a los fabricantes del material. Esta técnica dispone que el abastecedor del material ha de introducir en el material aprobado según el Sello nSf, un identificador inocuo de un tipo y en una cantidad especificados, conocidos solamente por dicho fabricante y el Laboratorio, lo cual permite la identificación espectrográfica de su

material. Esta técnica se aplica en particular a los tubos de polietileno, para así excluir el uso de materiales de desecho en los cuales pueden estar incluidas sustancias tóxicas.

La aplicación de esta técnica permite evaluar una pequeña muestra de tubería, procedente de una instalación, depósito o de la misma producción, para determinar si ha sido efectivamente fabricada con materiales aprobados por la Fundación, o, en caso de no haber sido totalmente producida con dicho material, para determinar qué porcentaje corresponde a las materias extrañas. Este procedimiento ha sido particularmente efectivo en la protección del usuario/comprador contra prácticas poco escrupulosas de una pequeña parte de la industria de tubos plásticos.

Lo anterior nos muestra solamente una parte de los procedimientos de control de la calidad provistos por el Laboratorio de Ensayos. El programa total proporciona un sistema continuo de muestreo al azar de los artículos aprobados, de pruebas de servicio, de evaluaciones químicas, toxicológicas y organolépticas y de inspecciones rutinarias de las fábricas. El programa de inspección de fábricas y de muestreo es llevado a cabo por el personal del Laboratorio de Ensayos y sus representantes autorizados. Las inspecciones de plantas sin previo aviso, y el muestreo de los productos al azar, tanto de la propia producción, como de las existencias en depósitos e instalaciones, proporcionan un procedimiento singular de control para la industria y para el consumidor. Las muestras recolectadas son enviadas para su evaluación al Laboratorio de Ensayos en Ann Arbor, Michigan.

Los procedimientos para la evaluación química, toxicológica y organoléptica fueron desarrollados a través de un programa de evaluación a largo plazo, como se indica en la publicación "Estudio de tuberías plásticas para abastecimientos de agua potable", de la Fundación Nacional de Saneamiento.

En el capítulo 6 de esta obra se ofrece una síntesis de estos procedimientos y referencias

* Los procedimientos serán tratados en el capítulo 6.

relacionadas con los métodos usados. En resumen, son los siguientes:

Alcalinidad
 Acidez
 pH
 Dureza
 Color
 Espectrográfico
 Infrarrojo
 Pruebas Organolépticas
 Residuos disueltos—Método Gravimétrico
 Nitratos—Método del Acido Fenoldisulfónico
 Nitritos—Método de Diazotización
 Cloruros—Método de Mohr
 Sulfatos—Método Titulométrico
 Cloro—Método de la Ortotolidina
 Turbidez—Turbidímetro de Jackson
 Fenoles—Tamizado: Método 4 Aminoantipirina

Además de los procedimientos delineados anteriormente, cada muestra de tubería es evaluada, en comparación con los requisitos de las normas comerciales establecidas para dichos tubos y accesorios, debiendo la evaluación estar en conformidad con las especificaciones de pruebas de la ASTM. Brevemente, las normas comerciales * aplicables son las siguientes:

Copolímero de acrilonitrilo-butadieno-estireno (ABS): CS 218, CS 219, † CS 220, † CS 254-63.

Polietileno (PE): CS 197-60 y CS 255-63.

Cloruro de polivinilo (PVC): CS 207 y CS 256-63.

También se presta atención a las clasificaciones y marcas requeridas en los tubos y/o accesorios, de acuerdo con lo exigido por la norma comercial o por el Laboratorio de Ensayos. Estas marcas sirven para identificar al fabricante, la fecha de producción y el número del lote de material del cual se fabricó el tubo. También debe ponerse atención a los folletos de venta del fabricante y a los datos técnicos para verificar que se está en conformidad con las prácticas aceptadas. El contrato del Laboratorio de En-

sayos de la Fundación Nacional de Saneamiento contiene una cláusula sobre este aspecto, y prohíbe la propaganda o datos técnicos falsos o engañosos.

A continuación se ofrece un esbozo de dos de las pruebas significativas de control de la calidad a las que se hace mención en este capítulo.

Prueba de ruptura rápida

La especificación ASTM 1599-58T es el procedimiento aceptado para ejecutar esta prueba. El equipo para llevar a cabo el ensayo es relativamente sencillo. Cualquier medio adecuado de desarrollar la presión necesaria para reventar el tubo en el tiempo especificado, es aceptable. El Laboratorio de Ensayos emplea una bomba hidráulica a la cual se le puede aplicar presión por medio de un cilindro de nitrógeno comprimido. La preparación de los especímenes para el ensayo puede hacerse de la siguiente forma:

1. Se escogen seis muestras al azar. Cada sección tendrá una longitud 10 veces mayor que el diámetro del tubo, pero no debe exceder de tres pies. Se taponará un extremo del tubo y el otro extremo se conectará a una fuente de presión por medio de un accesorio apropiado.

2. Cada espécimen será marcado debidamente, indicando la clasificación del material, el número del espécimen y cualquiera otra información requerida para su identificación correcta.

3. Se medirán y anotarán el espesor mínimo de la pared y el diámetro externo máximo y mínimo de los extremos del espécimen. Se calculará el diámetro exterior promedio de la muestra, tomando el promedio entre las medidas máxima y mínima obtenidas. Para calcular el esfuerzo en la fibra se usa el espesor mínimo de la pared.

Entonces puede llevarse a cabo la prueba de ruptura rápida. Se llenan las muestras de agua y se les extrae el aire que puedan contener, y se mantienen, por lo menos una hora, a la temperatura de prueba. Se conectan entonces los especímenes de tubos al aparato de prueba, y se aplica la presión, de acuerdo con las especificaciones para la prueba de la ASTM. Un examen cuidadoso de la muestra de prueba ya rota su-

* Copias de estas normas comerciales pueden adquirirse del *Government Printing Office*, Washington, D.C.

† Ha sido derogada.

ministrará considerable información respecto a la calidad del tubo, porque las debilidades escondidas son puestas de manifiesto. Se considera que la muestra ha fallado cuando se presenta un escape o rotura. Se calcula el esfuerzo en la fibra, a la presión de ruptura, utilizando la fórmula de Barlow:

$$S = \frac{PD}{2t}$$

donde: P = presión interna en el tubo (psi)
 D = diámetro exterior promedio del tubo, en pulgadas
 S = esfuerzo tangencial o circunferencial en psi
 t = espesor mínimo de la pared del tubo, en pulgadas

NOTA: En lugar de la fórmula de Barlow, ahora se utiliza la fórmula de ISO.

La hoja de información debe incluir lo siguiente:

1. Número de la muestra, su clave y cualquiera otra identificación.
2. Diámetro exterior, máximo y mínimo, en cada extremo de la muestra, y diámetro exterior promedio, basado en estas dimensiones.
3. Espesor mínimo de la pared en cada extremo del tubo.
4. Tiempo de falla en cada muestra probada.
5. Esfuerzo en la fibra, calculado como se indicó anteriormente.
6. Temperatura de la prueba.
7. Presión en el momento de ocurrir la falla, indicada en el manómetro.

8. Comentarios basados en las observaciones hechas durante y después de la prueba.

9. Cualquiera otra información necesaria, tal como el nombre del operador, la fecha de la prueba, y otras.

Prueba de ruptura de larga duración

Una adaptación de la prueba ASTM 1598-58T se utiliza como norma para los tiempos de falla de los tubos plásticos bajo presiones hidrostáticas de larga duración. Las pruebas de larga duración (comúnmente llamadas pruebas de 1.000 horas de presión continua), a veces pueden ser extendidas hasta las 10.000 horas, para así aumentar su validez. El equipo para pruebas de larga duración es más completo que el necesario para la prueba de ruptura rápida. Se debe aplicar una presión interna continua, a través de reguladores o de controles que permitan mantener una presión constante. Es necesario disponer de medios para mantener una temperatura constante. Las muestras que van a ser ensayadas se preparan en forma muy similar a la usada para la prueba de ruptura rápida. De acuerdo con las instrucciones de las normas comerciales, debe mantenerse un registro diario de las presiones, la temperatura, pérdidas por escapes y de cualquiera falla que ocurra.

Tal como se ha dicho, en el capítulo siguiente, que trata sobre las facilidades para el control de calidad, se darán más detalles sobre las pruebas.

CAPITULO 6

Las facilidades para el control de calidad

La necesidad de mantener actividades para el control de la calidad al nivel del productor de materias primas, del fabricante del producto acabado y del usuario ha sido ya previamente mencionada, así como también los intereses de cada uno de estos tres grupos. La variación en cuanto al alcance de sus intereses también ha sido indicada, y se han discutido las razones para esta diferencia. De lo ya mencionado, con respecto a los objetivos y al alcance del control de la calidad a los diferentes niveles, se puede deducir que las facilidades requeridas varían ampliamente, dependiendo principalmente de si son las del fabricante de las materias primas, las del productor de tubos, o las del usuario/comprador. También se señalaron los amplios objetivos y el campo de actividad del Laboratorio de Ensayos de la FNS, ya que sus facilidades abarcan una variedad más amplia de pruebas que las de cualquier otro de los grupos mencionados.

Por razones de claridad, y para darle énfasis, la mayor parte de esta exposición estará relacionada con las facilidades de control de que dispone el Laboratorio de Ensayos de la FNS, y con aquéllas que puede proporcionar el usuario/consumidor. Se cree que basta realizar actividades de control similares a las llevadas a cabo por el Laboratorio de Ensayos en relación con el abastecedor del material y el productor de los tubos plásticos y sus accesorios, para asegurar

que estos dos grupos mantendrán un control efectivo de la calidad.

El usuario/comprador puede ser desde un individuo que hace una pequeña compra para su uso personal, hasta una firma que hace un pedido regular para la extensión de las líneas de abastecimiento de agua potable o de las tuberías dentro de la planta, ó hasta una gran compañía, o el gobierno, que hace un pedido grande para la extensión de tuberías matrices o para la instalación de un sistema completo de acueducto. La extensión del control de la calidad que lógicamente puede efectuar el usuario/comprador, depende del volumen de la compra y de las facilidades que tenga a su disposición.

EL USUARIO/COMPRADOR

Para establecer el tipo y la calidad de las facilidades y el programa del control de la calidad que el usuario/comprador debería efectuar, consideremos, primero que nada, lo mínimo que se requiere. El usuario/comprador, como mínimo, debe asegurarse de que los tubos han sido producidos por un fabricante responsable y de que están claramente marcados con sus presiones de trabajo, y certificados por un laboratorio reconocido, en lo relativo al cumplimiento de los requisitos nacionales establecidos. En los Estados Unidos, el sello de la FNS en un tubo garantiza su calidad desde el punto de vista sanitario y de su funcionamiento. Las dimen-

siones del tubo y su tolerancia deben ser verificadas, siempre que haya facilidades disponibles y el volumen del pedido lo amerite. También se verificará el diámetro exterior y el espesor de la pared del tubo, con una aproximación de 0,001 de pulgada. Si el tubo ha sido marcado de acuerdo con las normas comerciales, sus dimensiones y tolerancias se confrontarán entonces con las establecidas por dichas normas comerciales. En términos generales, para determinar las dimensiones y tolerancias sólo se necesita un calibrador exterior o calibrador de cinta y un micrómetro, que permitan una exactitud de $\pm 0,001$ de pulgada. Si se requieren referencias para un procedimiento especial, se recomienda el uso de las especificaciones de la ASTM (D2122-62T). Además de los espesores de las paredes y diámetros exteriores, en éstas también se establecen procedimientos para determinar la redondez y rectitud de los tubos.

Es posible que algunos compradores deseen llevar a cabo un control de calidad más exhaustivo, sobre todo si la cantidad de tubos y accesorios que se va a adquirir es bastante grande. El otro procedimiento de prueba más factible a seguir, consiste en determinar la resistencia a la rotura, a corto plazo, de las tuberías y accesorios. El procedimiento de esta prueba requiere un sistema de presión capaz de aumentar, en forma continua, la presión hidráulica en la muestra a prueba; un instrumento para medir el tiempo, tal como un cronómetro apropiado, un manómetro que tenga una exactitud no menor del 1% sobre la escala del calibrado y que esté equipado con una manecilla que indique el máximo, y cualquier otro tipo apropiado de cabezal o sello para tapan las bocas de las muestras, que permita una montura libre a un extremo y que no permita filtraciones durante las presiones máximas que puedan encontrarse. (Los sellos o cabezales deben estar diseñados en tal forma que no provoquen fallas en las muestras.) Las muestras de prueba serán seleccionadas al azar y su longitud no será menor de 10 veces el diámetro exterior del tubo (un

máximo de 3 pies para un tubo de 6 pulgadas de diámetro). Aún más, se recomienda probar no menos de cinco muestras individualmente, aunque una muestra sea suficiente para una selección inicial. El micrómetro y el calibrador exterior antes mencionados, con las precisiones indicadas, también deberán estar disponibles.

Antes de ensamblar las muestras con los cabezales bien sellados, debe determinarse el diámetro exterior y el espesor de las paredes de acuerdo con la disposición ASTM D2122.

El procedimiento para el ensayo de ruptura a corto plazo es el siguiente:

a) Coloque los sellos o tapones a las muestras, sin causar daños a la sección en prueba. Llene por completo la muestra con el fluido de prueba. El tipo de sello escogido determinará la mejor forma de hacer el llenado. Los cabezales o dispositivos de sellado de los extremos no deben ni reforzar ni debilitar la junta de la conexión o accesorio en prueba más de lo que ocurre en una instalación corriente de tuberías.

b) Empalme la muestra al distribuidor antes de la prueba, elimine todo el aire que pueda haber en el sistema y mantenga la muestra completamente sumergida en el fluido de prueba.

c) Aumente la presión continuamente, hasta que el tubo falle, tomando el tiempo con un cronómetro. Si la falla ocurre en menos de un minuto, reduzca la velocidad de carga y repita la prueba. Se incluirá un tiempo máximo de prueba, para cada tamaño en particular, en las especificaciones relativas al producto fabricado con cada material.

d) Anote la presión máxima y el tiempo en que ocurrió la falla. Se considera que la muestra de prueba ha fallado cuando ocurre una filtración o roturas; no se considerará como falla de la muestra las filtraciones en las conexiones o accesorios.

e) Cuando las conexiones y accesorios se someten a prueba individualmente, y no conectados con tubos de muestra, podrán ser ensayados con ambos extremos taponados. Deben seguirse todos los demás detalles del procedimiento.

La presión en el momento de ocurrir la falla debe estar de acuerdo con los requisitos mínimos de las normas comerciales aplicables, o en el caso de un tubo de diseño especial en el que el esfuerzo

hidrostático de diseño o esfuerzo tangencial ha sido establecido, el esfuerzo desarrollado en la muestra se calculará usando la fórmula siguiente:

$$S = \frac{P(D-t)}{2t}$$

donde: S = esfuerzo tangencial en libras por pulgada cuadrada

P = presión interna en libras (psi)

D = diámetro exterior promedio en pulgadas

t = espesor mínimo de la pared en pulgadas

NOTA: Esta fórmula es una aproximación que resulta adecuada para los tamaños más corrientes de tubos. Para un tubo de pared gruesa, se requiere una fórmula más exacta.

Otros tipos de pruebas, que han sido aplicadas de cuando en cuando por el usuario/comprador, incluyen la prueba de resistencia al impacto, por medio de la caída de una bola, y algunas pruebas de inmersión química, tales como en ácido acético y acetona. Estas últimas han sido estandarizadas por los procedimientos de la ASTM D2152-63T y D1939-62T, respectivamente. Es esencial para el control de la calidad de las tuberías de PVC que éstas pasen la prueba de inmersión en acetona.

En algunos casos, debido al gran volumen de material, tubos y accesorios adquiridos, el usuario/comprador desea contratar los servicios de un laboratorio particular, para así poder llevar a cabo procedimientos de control de calidad más extensos. Tales pruebas podrían incluir ensayos hidrostáticos de larga duración, de acuerdo con las normas comerciales que sean aplicables; pruebas de impacto; pruebas de resistencia química y otras evaluaciones ambientales o físicas especificadas o en los contratos individuales o en las normas comerciales pertinentes. Cada vez que sea posible deberán usarse los procedimientos de la ASTM.

LABORATORIO DE ENSAYOS DE LA FNS

Debido a su interés en el control de la calidad en todos los aspectos relacionados con los materiales, tubos, conexiones y accesorios termo-

plásticos a ser utilizados en sistemas de agua potable, el Laboratorio de Ensayos de la Fundación lleva a cabo un programa muy amplio de evaluación. Estos procedimientos de evaluación abarcan aspectos toxicológicos, consideraciones organolépticas (sabor y olor), resistencia química, propiedades físicas y servicio. A continuación aparece un resumen de las varias pruebas o procedimientos de evaluación llevados a cabo, junto con una breve descripción o referencia para cada uno de ellos.

PROCEDIMIENTOS QUIMICOS, TOXICOLOGICOS, ORGANOLEPTICOS Y ESPECTROGRAFICOS

Métodos de extracción

Agua agresiva

Extensos estudios de las aguas naturalmente agresivas, indicaron que "el agua de Ann Arbor, la cual es tratada y clorada, es tan agresiva como cualquiera de las aguas naturales de un grupo que fue seleccionado por características tales como pH alto o bajo, alto contenido de cloruros, alto contenido de fluoruros naturales, dureza, alto contenido mineral y de sulfatos y bicarbonatos. Se encontró que el agua de Ann Arbor podía hacerse más agresiva en la extracción de metales pesados de los plásticos bajando el pH mediante la adición de dióxido carbónico gaseoso al agua. Fue usado un pH de 5,0, porque se supuso que un agua con un pH más bajo no se usaría en abastecimientos de agua potable sin efectuar correcciones".*

Cantidades relativas de la muestra y del agua de extracción

"La forma y la cantidad del material plástico de prueba están limitadas por el hecho de que, para uniformidad de criterio, es preferible establecer una proporción arbitraria fija entre la superficie plástica y el volumen del agua de extracción. La proporción escogida es aproximadamente la existente entre el volumen de agua contenido en un tubo de 12" de largo y de 1" de

* *A Study of Plastic Pipe for Potable Water Supplies*, publicado por la FNS.

diámetro interior, y el área interior correspondiente a tal tubo que estaría en contacto con el agua. Se usa una relación aproximada, ya que las dimensiones exactas varían, basándose en los segmentos cortados que exponen aproximadamente 600 cm² de superficie total a la acción de 400 ml de agua de prueba. Un simple cálculo nos indicará el peso de plástico en segmentos necesario para guardar esta relación".*

Métodos

1. Coloque la cantidad calculada de plástico en segmentos a ensayar, en recipientes, vierta en éstos el volumen aproximado del agua de prueba requerida, cerrándolos muy bien para evitar escapes o pérdidas por evaporación.

2. Como patrón, prepare un recipiente que contenga el agua de prueba, pero no el plástico, y sométalo a idéntico tratamiento.

3. Coloque los recipientes en un ambiente a 37,8°C (100°F) e incúbelos durante 72 horas, agitándolos por inversión, con 10 inversiones cada ocho horas.

4. Al final del período de incubación, separe el agua del plástico por decantación.

NOTA: Las pruebas confirmativas deben seguir procedimientos idénticos, a excepción de la temperatura que será de 98,9°C (210°F).

Pruebas químicas y visuales

Métodos

Alcalinidad

Se utiliza *Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water*, 11ª edición, 1960, publicado por la Asociación Americana de Salud Pública.

El método ha sido desarrollado y aprobado por la Asociación Americana de Salud Pública, la *American Water Works Association* (Asociación Americana de Obras de Abastecimiento de Agua) y la *Water Pollution Control Federation* (Federación para el Control de la Contaminación del Agua).

El mismo manual es obra de referencia para los siguientes análisis:

* *Ibid.*

Acidez

pH

Dureza

Color

Residuos Disueltos—Método Gravimétrico

Nitratos—Método del Acido Fenoldisulfónico

Nitritos—Método de Diazotización

Cloruros—Método de Mohr

Sulfatos—Método Titulométrico

Cloro—Método de la Ortotolidina

Fenoles—Preliminar: Método 4 Aminoantipirina

Confirmativo: Método de Gibbs

Turbidez—Turbidímetro de Jackson

Métodos espectrográficos

Preparación de las muestras

Añádase 5 ml de HNO₃ a 500 ml del agua de extracción decantada. Redúzcase el volumen hasta 10-15 ml por baño de vapor. Llévase este volumen a 50 ml, añadiendo agua bidestilada.

Equipo espectrográfico

Espectrógrafo con retícula (2 metros) de Bausch and Lomb.

Unidad de Origen del Laboratorio Espectrográfico Nacional (E.U.A.).

Densitómetro del Laboratorio Espectrográfico Nacional (E.U.A.).

Procedimiento

Añada 1,1 gramos de NaCl químicamente puro y 1 ml de solución estándar de platino a 10 ml del agua de extracción concentrada. Coloque una gota de la solución resultante sobre electrodos de grafito de grado espectroscópico de ¼ de pulgada. Se queman los electrodos así cubiertos, usando un Uniarc a 7 amperes. El espectro se anota y se lee.

Métodos infrarrojos

Preparación de la muestra

1. Los materiales usados en la fabricación del plástico serán extraídos con agua o disueltos en ella.

2. Tanto el agua obtenida por el proceso descrito en el punto 1 (arriba), como el agua de prueba se tratan con una variedad de solventes a fin de extraer los compuestos orgánicos. La naturaleza de los solventes usados dependerá de la composición de los materiales que forman el plástico.

Equipo infrarrojo

Espectrofotómetro Infrarrojo "Perkin-Elmer 221".

Espectrofotómetro Infrarrojo "Beckman IR-5".

Procedimiento

Los diferentes solventes, con sus materias extraídas, serán examinados por espectroscopía infrarroja. Los espectros obtenidos del agua de prueba y de los extractos de los varios materiales componentes, se comparan a fin de detectar la presencia de componentes no curados que pueden ser tóxicos.

Método de ensayo organoléptico

Sabor y olor

Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water, 11ª edición, 1960.

NOTA: El estudio y la experiencia han permitido la reducción de los números de diluciones a las siguientes: 1:1, 1:4, 1:10, 1:20, 1:40, 1:80 y 1:200.

Resultados: Los resultados se determinan con base en el método del promedio geométrico.

PROCEDIMIENTOS PARA PRUEBAS FÍSICAS Y DE SERVICIO, PARA TUBOS Y ACCESORIOS

Dimensiones y tolerancias

Método: ASTM D2122-62T

Equipo

Espesor de la pared: Micrómetro cilíndrico de tope, con una exactitud de $\pm 0,001$ pulgada.

Diámetro interno de tubos redondeables: Se usarán los siguientes aparatos, según los requisitos de cada caso:

1. Un calibrador ahusado macho, para verificar la compatibilidad con la tolerancia del diámetro interno promedio, teniendo un ahusamiento uniforme de 0,025 cm (0,010 pulgadas) de diámetro por cada 2,5 cm (1 pulgada) de longitud y una precisión dentro del 1% de su ahusamiento y de $\pm 0,0025$ cms ($\pm 0,001$ pulgada) de su diámetro. Para cada tamaño de tubo y especificación de su tolerancia dados, se trazarán marcas en los diámetros que corresponden al máximo y al mínimo del diámetro interior permisible. A fin de mejorar el redondeado se proveerá en la parte más angosta del calibrador un bisel de 45° y de 0,3 cms ($\frac{1}{8}$ de pulgada).

2. Una regla de metal, si se desea determinar el diámetro interior promedio real, graduada por lo menos hasta 0,025 cm. (0,01 pulgada).

Diámetro externo de tubos redondeables: Se necesitarán los siguientes aparatos, de acuerdo con los requisitos:

1. Un calibrador ahusado de manguito, para verificar el cumplimiento de la tolerancia con respecto al diámetro exterior promedio de un tubo redondeable, con una precisión de $\pm 1\%$ de su ahusamiento y de $\pm 0,0025$ cm ($\pm 0,001$ pulgadas) de su diámetro. Para un tamaño de tubo y una norma de tolerancia dadas, el diámetro de entrada será el máximo diámetro exterior promedio permisible del tubo, mientras que el diámetro interior al otro extremo debe corresponder al mínimo diámetro exterior promedio permisible del tubo. A fin de mejorar el redondeado, se proveerá en la parte anterior del calibrador un bisel de 45° y de 0,3 cm ($\frac{1}{8}$ de pulgada).

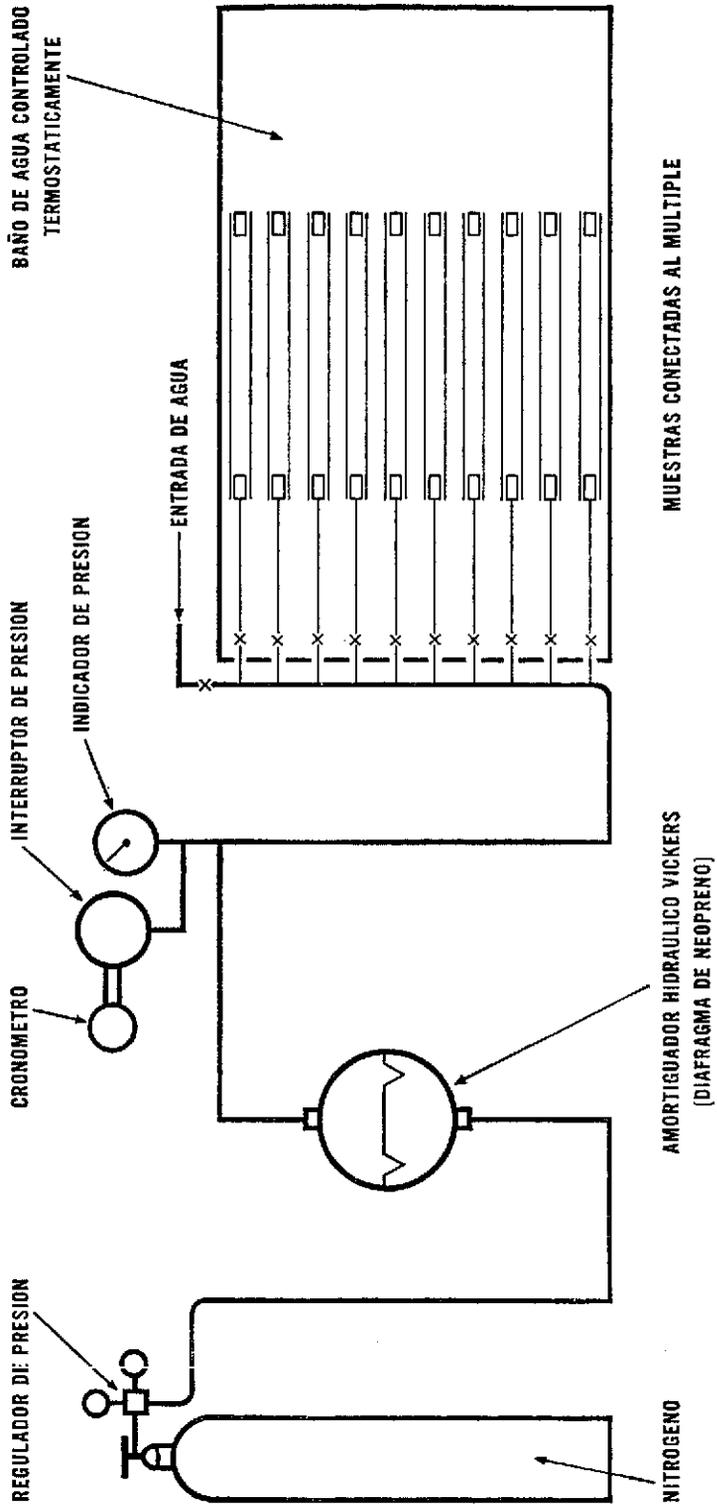
2. Cinta circunferencial de medir, si es que se desea el valor real del diámetro exterior, calibrada en términos del diámetro del tubo con graduaciones de 0,025 cm (0,01 pulgadas).

NOTA: Aunque este dispositivo no proporciona suficiente precisión como para determinar la conformidad con las tolerancias, es suficiente para calcular los esfuerzos tangenciales. Las cintas dotadas de nonio, pueden ser usadas cuando se requiera mayor precisión.

Medición de tubos deformados y de tubos no redondeables: Micrómetro o calibrador de nonio con una precisión de $\pm 0,001$ de pulgada. Longitud: Cinta de acero con graduaciones de $\frac{1}{8}$ de pulgada.

DIAGRAMA DEL EQUIPO PARA ESFUERZO DE RUPTURA DE TUBOS

FIGURA 1



Esfuerzo de ruptura

Método: ASTM D1599-58T

Equipo

a) Baño de temperatura constante: Usese agua o cualquier otro líquido, para el baño, que esté equipado con calentadores, sistema de enfriamiento, agitador y un dispositivo para colocar muestras, con válvulas individuales para cada una, o un horno de temperatura controlada, equipado con un tubo múltiple para muestras, con válvulas individuales para ellas.

b) Sistema de aplicar presión: Un dispositivo capaz de aplicar continuamente o incrementar progresivamente las presiones hidráulicas internas en las muestras de prueba. El equipo recomendado para esta prueba incluye:

1) Un cilindro hidráulico de capacidad suficiente para reventar las muestras, con una sola carrera del émbolo o golpe del martinete. El émbolo o martinete deberá ser manejado en tal forma que la tasa de descarga no baje más del 5% de la tasa de descarga a presión cero; o

2) Un suministro de nitrógeno (cilindro de gas) con un regulador de presión y un amortiguador hidráulico.

c) Indicador de presión: Un indicador de presión con una exactitud de no menos del 1% de la deflexión total, con una manilla indicadora del máximo.

d) Medidor de tiempo: Un cronómetro.

e) Sellos o cabezales de los extremos de las muestras: Cualquier sello apropiado que permita una montura de "extremo libre" y que no tenga escapes a la presión máxima. Los sellos serán diseñados en tal forma que no ocasionen la falla de la muestra.

f) Accesorios (para probar los accesorios separadamente): Los cabezales y tapones para accesorios no deben sobresalir de la rosca de fondo o de la base del enchufe.

Presión hidrostática de larga duración

Método: ASTM D1598-58T.

Equipo:

El aparato, como puede verse en la figura 1, debe consistir de lo siguiente:

a) Baño de temperatura constante: Usese un baño de María, o de cualquier otro fluido, equipado con calentadores, agitador, y un tubo múltiple para muestras con válvulas individuales para ellas.

b) Sistema de aplicar presión: Un dispositivo consistente en un abastecimiento de nitrógeno (cilindro de gas), con un regulador de presión y un amortiguador hidráulico, capaz de aplicar una presión interna, constante y continua, a las muestras de prueba.

c) Indicador de presión: Un indicador de presión con una precisión de no menos del 1% de la deflexión total.

d) Medidor de tiempo: Un reloj conectado al sistema, del lado donde se halla el líquido a presión, por medio de un interruptor de presión.

e) Accesorios para las muestras: Puede usarse cualquier cierre o sello apropiado, que permita un montaje de "extremo libre", que no presente filtraciones y que no contribuya a fallas en los extremos.

f) Apoyos de las muestras: Se apoyarán las muestras de manera que se eviten torcimientos o deflexiones debidas al peso del tubo mientras está a prueba. Este apoyo no deberá constreñir la muestra ni circunferencial ni longitudinalmente.

Calidad de la fabricación (por expulsión o "extrusión")

Tubos de ABS solamente

Método: ASTM D1939-62T

Equipo:

a) Envase de tamaño suficiente para permitir la inmersión de la muestra.

b) Acido acético glacial, 99,7% de pureza.

Tubos de PVC solamente

Método: Norma Comercial CS256-63, referencias ASTM D 2152-63T.

Equipo

a) Acetona, químicamente pura, según la Sociedad Americana de Química, y que tenga una

densidad máxima de 0,7857 gr/ml a los 25°C. Deberá secarse antes de usarla, agitándola con CaSO_4 anhidro o un agente secador de tipo comercial, que luego se le extrae por filtración.

b) Envases individuales sellados para cada muestra de tubo.

Ensayo de desintegración en el ambiente

Para tubos de PE solamente

Método: Norma Comercial CS 255-63

Equipo

a) Sistema de aplicar presión: Un dispositivo que consiste de un abastecimiento de nitrógeno (cilindro de gas) con un regulador de presión, y un amortiguador hidráulico, que sea capaz de aplicar continuamente una presión interna constante a las muestras en prueba.

b) Indicador de presión: Un medidor de presión que tenga una precisión de no menos del 1% de la deflexión total.

c) Accesorios para las muestras: Puede usarse cualquier cierre o sello apropiado que permita un montaje de "extremo libre", que no presente escapes, y que no contribuya a provocar fallas en los extremos.

d) Válvula de cierre entre la fuente de presión y la muestra.

e) IGEPAL C0630-General Dyestuff Corporation.

Negro de humo

Para tubos de PE solamente

Método: ASTM D1603-58T

Equipo:

a) Un horno eléctrico, que tenga por lo menos 8 pulgadas (20 cms) de largo, apropiado para usarse con los tubos descritos en el aparte b).

b) Tubos que tengan un diámetro de $1\frac{1}{8}$ de pulgada y aproximadamente 4 pulgadas más largos que el horno descrito en el aparte a).

c) Tapones: dos tapones de goma o de

neopreno, que se ajusten a los tubos descritos en el aparte b).

d) Tubos de vidrio de 10 mm, en suficiente cantidad, y tuberías plásticas o de goma, adecuadas para conexiones.

e) Artesa de combustión, de $3\frac{1}{2}$ pulgadas por $\frac{3}{4}$ pulgadas por $\frac{1}{2}$ pulgada aproximadamente. La porcelana o el platino son adecuados.

f) Una termocupla *Iron-Constantan*, y un potenciómetro o milivoltímetro adecuado para determinar temperaturas de 300°C a 550°C.

g) Un contador de gasto, apropiado para medir el caudal de gas, de 1 a 10 litros por minuto.

h) Trampas: tres trampas de vidrio con piezas de conexión removibles, de vidrio esmerilado, y tubos internos y de conexión de 10 mm de diámetro.

i) Tubo secador, un tubo secador en forma de U, que tenga un diámetro interno de 20 mm o más, con tapones adecuados de vidrio esmerilado o de neopreno.

j) Lana de vidrio.

k) Desecador.

l) Un mechero Bunsen.

m) Balanza: una balanza analítica con una sensibilidad de 0,0001 g.

n) Pesas: un juego de pesas Clase S, para ser usadas con la balanza.

Densidad

Para tubos de PE solamente

Método: ASTM D1505-60T

Equipo:

a) Tubo de vidrio para gradientes de densidad y agitador. Cilindro graduado adecuado, con tapón de vidrio esmerilado.

b) Baño de temperatura constante: Un baño apropiado para mantener una temperatura constante de $23 \pm 0,1^\circ\text{C}$. Un tubo de doble pared o una "camisa de agua" alrededor del tubo pueden servir de baño de temperatura constante.

c) Flotadores de vidrio: Varios flotadores de vidrio, calibrados y abarcando los límites de las densidades que van a ser estudiadas, y distribuidos más o menos uniformemente dentro de estos límites.

d) Picnómetro: Un picnómetro para determinar las densidades de los flotadores de vidrio (ver aparte c).

e) Líquidos: Líquidos apropiados para la preparación de un gradiente de densidad.

f) Hidrómetros: Un juego de hidrómetros apropiados para cubrir el límite de las densidades a ser medidas. Los hidrómetros deben tener graduaciones de densidad en milésimos (0,001).

g) Balanza analítica: Una balanza analítica con una sensibilidad de un décimo de milígramo.

h) Sifón o pipeta: Un sistema de sifón o pipeta para llenar el tubo gradiente. Esta parte del equipo debe ser construida de manera que la velocidad de flujo del líquido pueda ser regulada a 10 ± 5 ml por minuto.

REQUISITOS DE MATERIALES Y PROCEDIMIENTOS DE EVALUACION

ABS: ASTM D1788-60T

PE: ASTM D1248-60T

PVC: ASTM D1784-60T

El método y la calidad del muestreo llevado a cabo es esencial en cualquier programa de control de la calidad. Ya se ha hecho referencia a ésto anteriormente; sin embargo, su importancia debe volverse a recalcar aquí, a fin de asegurar una consideración cuidadosa de este aspecto del trabajo de control de la calidad. Cuando se consideran los procedimientos de muestreo que van a ser establecidos, uno debe mantenerse informado de otras circunstancias, condiciones y controles que tienen efecto sobre el cuadro general del control de la calidad, incluyendo algunas como la disciplina interindustrial y las provisiones gubernamentales. El programa de muestreo del Laboratorio de Ensayos de la FNS ha sido acondicionado y diseñado para atender a estos controles complementarios y suplementarios. El Laboratorio ha establecido el muestreo al azar, pero sobre una base planificada, el cual es suplementado periódicamente por los esfuerzos de varios organismos sanitarios, de los compradores y por la competencia industrial. A continuación se esbozan los procedimientos de muestreo rela-

cionados con los proveedores del material y con los productores de tubos y accesorios.

Proveedores del material

Se recolectan muestras del material utilizado por todos y cada uno de los productores de tubos y accesorios incluidos en la Lista Aprobada del Laboratorio de Ensayos. Lógicamente, se recolectarán muestras por duplicado, sin embargo, estas muestras son combinadas por el Laboratorio de Ensayos, para las evaluaciones.

Este procedimiento proporciona un muestreo mayor de aquellos materiales que son usados más extensamente, y provee un muestreo al azar, basado en los volúmenes producidos. Una combinación cuidadosa de las muestras a evaluar, asegura que todas las muestras se consideran en cierto grado. Además, el Laboratorio de Ensayos exige el envío, o recolecta muestras, directamente del proveedor del material. Este procedimiento alivia, en gran parte, la necesidad de visitar las instalaciones del abastecedor del material, lo que resulta de gran economía en cualquier programa de control de calidad.

Productores de tubos y accesorios

Las disposiciones del Laboratorio de Ensayos de la FNS proveen un programa continuo de muestreo al azar, de tubos y accesorios aprobados. Este programa lo lleva a cabo el personal del Laboratorio de Ensayos o sus representantes autorizados, que están estratégicamente distribuidos en todo el país. Como se dijo anteriormente, se hacen visitas periódicas, sin previo aviso, a las fábricas, en las cuales se toman muestras, tanto de productos en el proceso de producción como de las existencias en los depósitos. Las muestras tomadas son enviadas al Laboratorio de Ensayos, donde se les somete a pruebas toxicológicas, organolépticas, físicas, químicas y de servicio, bien sean muestras individuales o combinaciones de ellas. Para suplementar aún más el muestreo en el sitio de producción y en los depósitos, de vez en cuando, el personal de campo del Laboratorio de Ensayos, y/o los

representantes de los departamentos de sanidad locales y estatales, toman muestras en las instalaciones existentes.

Consideraciones generales

Complementando los procedimientos específicos del muestreo mencionado, se encuentran las actividades y el interés de las autoridades sanitarias en todo el país. Aún más, los que compiten en el suministro del material y/o los productores de tubos y accesorios, mantienen un comité de vigilancia que está constantemente alerta para evitar la competencia ilícita o prácticas fraudulentas. Así, para suplementar sus procedimientos de muestreo, el Laboratorio de Ensayos ha reconocido el significado de estos grupos interesados y con frecuencia realiza investigaciones para aclarar reclamos presentados por éstos.

El grado de muestreo y el método a ser establecido por el usuario/comprador, debe, por supuesto, considerar aquellos procedimientos que ya estén en efecto y que tienden a garantizarle tubos y accesorios plásticos sanitariamente

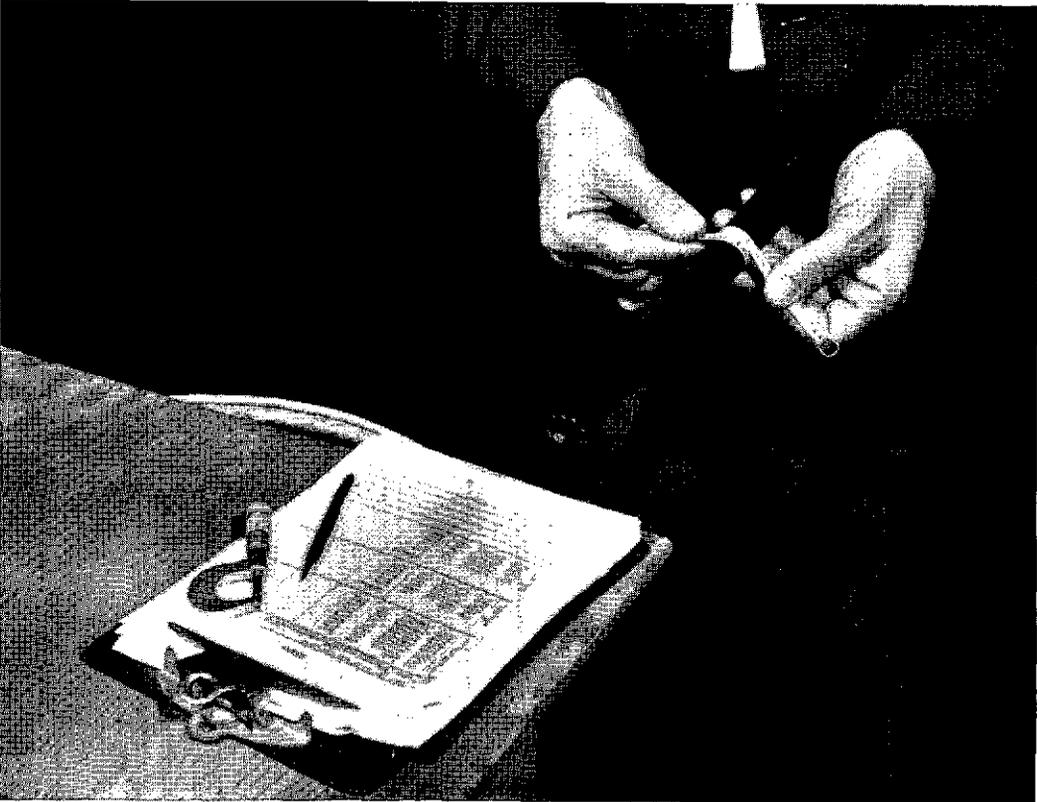
aceptables. Como no hay una forma establecida que recomendar, se debe considerar la validez estadística de los procedimientos de muestreo, debiendo practicarse un muestreo representativo y al azar del volumen de compra.

RESUMEN

El control de la calidad es esencial para asegurar la producción continua y la disponibilidad de tubos y accesorios termoplásticos, sanitariamente aceptables, en los sistemas de agua potable. Las exposiciones anteriores, que delinearon y describieron las facilidades para pruebas realizadas en el Laboratorio de Ensayos de la FNS, y las recomendadas para el control por parte de los posibles usuarios/compradores, proporcionará una guía general en lo que respecta a los tipos de facilidades necesarias en tales programas de control de calidad. Esto debería proporcionar una base para el desarrollo de programas adecuados de control de la calidad para tubos y accesorios termoplásticos que van a ser utilizados en sistemas de agua potable.



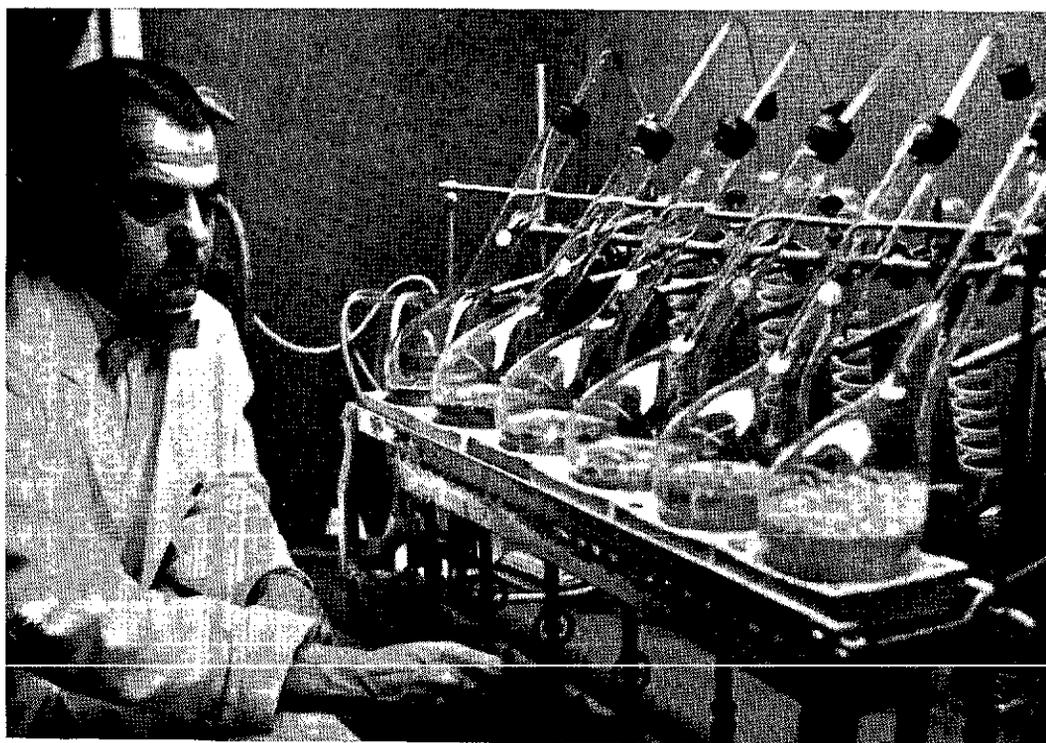
Sñales de identificación en un tubo mostrando el Sello de Aprobación nSf



Control de dimensiones y tolerancias



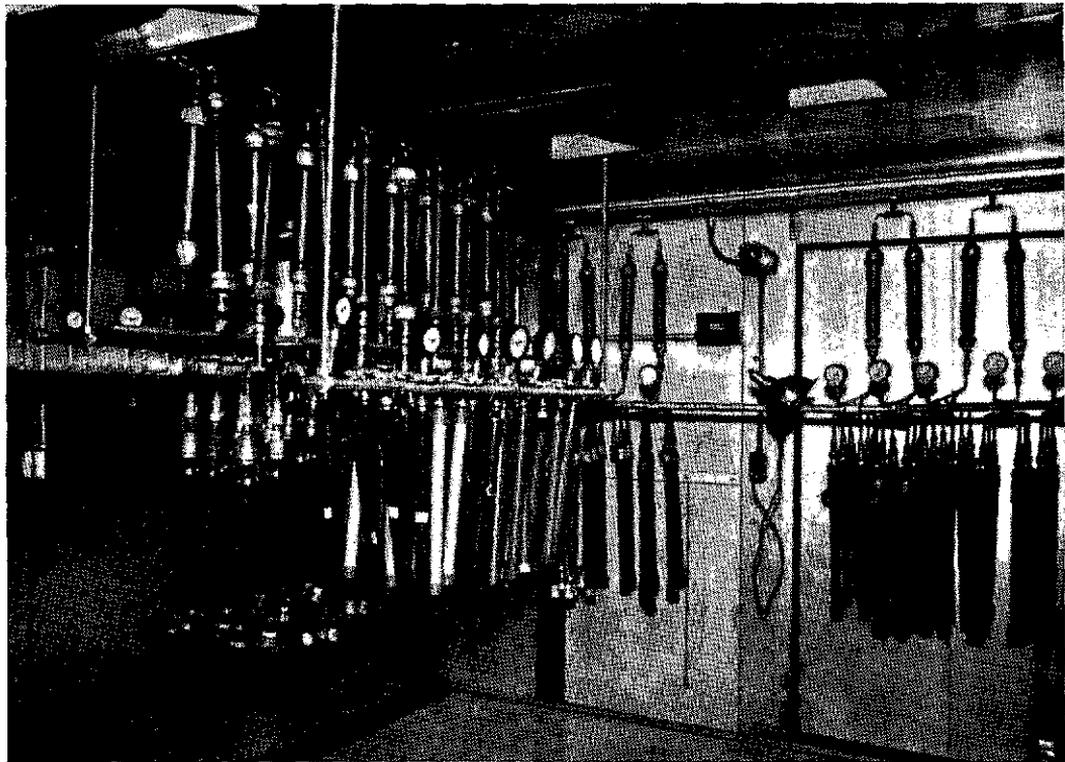
Equipos de prueba para "falla instantánea"



Reducción de las aguas de extracción para los análisis químicos



Incineración de un tubo de polietileno para la determinación de negro de humo



Ensayos de larga duración



Muestreo de la producción por el Laboratorio de Ensayos de la FNS



Muestreo de la materia prima en una fábrica de tubos y accesorios

CAPITULO 7

Consideraciones sobre el uso de tubos plásticos y conexiones para conducción de agua potable

Mucho se ha dicho acerca de las ventajas y desventajas de los tubos plásticos y sus accesorios para aplicaciones en agua potable y para otros usos. El hecho de que de la aplicación de tubos termoplásticos en sistemas de agua potable se hayan derivado tanto éxitos como fracasos, es una conclusión indiscutible; el hecho de que el tubo termoplástico es utilizable en aplicaciones de conducción de agua potable, también es de aceptación general. Pero lo más significativo es el hecho de que los éxitos y los fracasos son los resultados directos de los factores: en el caso de los éxitos, la cuidadosa aplicación de la técnica y principios de la resistencia de materiales, y en el caso de los fracasos, la falta de esa técnica y del conocimiento de los materiales. Al escoger el tubo termoplástico y los accesorios apropiados, así como también al considerar sus aplicaciones y las condiciones de su instalación, es importantísimo tener en cuenta la técnica de la resistencia de los materiales que han sido preseleccionados para un fin. Por ejemplo, no seleccionaríamos la madera como un componente refractario al fuego o como estructura amortiguadora de incendios, aun cuando la madera tenga su valor específico como material estructural. Asimismo, no sería razonable escoger el tubo termoplástico, por lo menos por ahora, para la conducción de agua a altas temperaturas. Es esencial poseer un conocimiento completo o por

lo menos suficiente, de las características físicas, químicas y operacionales del tubo termoplástico, de las conexiones y accesorios a utilizar.

También es necesario considerar la clase de líquidos que los tubos transportarán. Actualmente, los tubos termoplásticos y los accesorios, excepto aquéllos de carácter experimental, no están diseñados para transportar agua caliente a más de 51°-60°C. Sin embargo, constantemente se introducen nuevos materiales en el mercado. Actualmente, el bicloruro de polivinilo (PVDC o PVC 4116) se está estudiando con relación a su posible uso en la distribución de agua caliente. Otros materiales también están siendo considerados y desarrollados para éstas y otras aplicaciones especiales.

Es esencial la selección correcta de tubos termoplásticos y sus accesorios para las presiones de trabajo a que se vayan a destinar. Es importante seleccionar tubos y conexiones que resistan a la "verdadera" presión operacional máxima. Se debe considerar especialmente los efectos de los golpes de ariete, sin subestimar los problemas cíclicos y otros factores similares. Algunos dirán que el tubo en cuestión tal vez haya sido sometido a pruebas de resistencia de una presión operacional tres o cuatro veces más alta que la presión para la cual fue diseñado, pero se debe recordar que tales pruebas son de laboratorio, y por lo tanto son pruebas de corta

duración realizadas solamente una vez. Los golpes de ariete y cambios cíclicos son condiciones repetidas, que se experimentan en forma rutinaria llegando en realidad a producir la presión máxima. Por lo tanto, es necesario elegir el tipo y la resistencia de los tubos plásticos que soportarán las condiciones operacionales *máximas* que se produzcan en la instalación.

Deberán hacerse consideraciones cuidadosas acerca de si el tubo estará o no expuesto a la luz solar, a cambios climáticos, a cambios extremos de temperatura y a otras condiciones del medio ambiente que puedan ser adversas a todos o a alguno de los materiales termoplásticos.

Las condiciones del suelo deben analizarse cuidadosamente para determinar cual de los tubos termoplásticos y accesorios se aplican mejor a los fines deseados; además, se debe tomar en cuenta la posibilidad de que existan otros materiales más convenientes y económicos. Los métodos de excavación, los de relleno y el sistema de apoyo de la tubería quedan condicionados a las características mismas del suelo.

Los tubos termoplásticos pueden adquirirse en varias Relaciones de Dimensiones Normales (SDR, *Standard Dimension Ratios*). SDR es la relación del diámetro del tubo al espesor de las paredes. El SDR permite la elaboración de un tubo que resista la presión operacional específica y que soporte otras fuerzas físicas externas durante su manipulación, transporte e instalación, considerando sus características de presión de trabajo. Por lo tanto, estos factores también deben ser considerados al seleccionar los tubos y las conexiones apropiados.

El coeficiente de expansión térmica del tubo termoplástico que va a utilizarse debe también ser cuidadosamente considerado, y en la instalación deben tomarse precauciones ante las expansiones y las contracciones que se presenten (un factor que también se toma en cuenta en tuberías metálicas).

En el caso de que se exponga parte o toda la instalación al aire, se debe considerar la provisión de soportes a intervalos convenientes.

También son importantes los tipos de con-

xiones y de accesorios que se van a utilizar, no solamente desde el punto de vista económico, sino también por las condiciones de instalación. La clase de mano de obra disponible para realizar la instalación, las condiciones climáticas a las cuales serán sometidos los tubos y las conexiones, y la magnitud del mismo sistema de abastecimiento de agua, son los factores que pueden condicionar la selección de un tubo termoplástico y sus accesorios.

En casi todas las instalaciones, el problema de costos es también un factor de primordial importancia y, por lo tanto, debe estudiarse cuidadosamente la selección de tubos termoplásticos y de conexiones que ofrezcan tanto seguridad técnica como las ventajas económicas de un bajo costo inicial de instalación y reparación.

Todos estos factores son importantes, y cada uno de ellos debe evaluarse y estudiarse cuidadosamente para permitir una decisión apropiada en cuanto a la selección de un tubo dado. Sin embargo, en términos generales, uno de estos factores supeditará a los demás al efectuar la selección particular del tubo y accesorios que van a usarse. En otras palabras, generalmente, un factor poco común en o de la instalación, indicará la selección de un tubo o de unas conexiones particulares.

Con el fin de completar la información sobre los tres tubos termoplásticos más corrientemente usados en aplicaciones de agua potable, presentamos a continuación una breve discusión de las ventajas y desventajas del polietileno, del acrilonitrilo-butadieno-estireno y del cloruro de polivinilo.

Algunas de las ventajas de estos tipos de tubos termoplásticos son su alta resistencia química y su resistencia a la corrosión electrolítica. Además, estos tubos son muy poco afectados por sustancias orgánicas y corrosivas, y son livianos, siendo sus gravedades específicas del orden del 0,9 al 1,4 (la gravedad específica del hierro y del acero es de 7,8 y la del concreto y del asbesto de 2,2 a 2,4).

El tubo plástico tiene una superficie lisa, con un coeficiente Hazen-Williams de 150 ó más.

Los tubos conservan esta característica debido a la superficie hidrofóbica del material y a que éste no tolera incrustaciones. Esta propiedad, evidentemente, tiene sus ventajas y desventajas. Su habilidad natural de aislamiento eléctrico impide el uso de la electricidad para deshelar tubos congelados. Además, el tubo plástico es de fácil manipulación, y se moldea, fabrica e instala con facilidad.

Hablando en términos generales, el tubo plástico compite con el acero al carbono y es mucho más barato que las aleaciones resistentes a la corrosión. Los bajos costos de instalación y de mantenimiento incrementan la economía de su uso.

Una de las desventajas principales del tubo termoplástico es su baja resistencia mecánica. En los termoplásticos más corrientes, el alcance de las tensiones hidrostáticas teóricamente admisibles es de 400-2.000 psi a la temperatura media del ambiente. Estos valores disminuyen al aumentar la temperatura. El módulo de flexión puede alcanzar hasta 400.000 psi.

La mayoría de los plásticos son sensibles a cambios de temperatura; a 1°C, se vuelven resquebrajadizos y se manipulan con dificultad. A 60°C, pierden gran parte de su resistencia. El coeficiente térmico de expansión varía generalmente alrededor de $5-15 \times 10^{-5}$ por grado centígrado.

Estas consideraciones generales sobre las ventajas y desventajas de los tubos termoplásticos tienen cierto significado; sin embargo, creemos que sería más útil considerar cuidadosamente las ventajas y las desventajas de cada uno de los tres tipos básicos, o sea, el polietileno, el cloruro de polivinilo y el copolímero de acrilonitrilo-butadieno-estireno.

POLIETILENO (PE)

El tubo de polietileno se fabrica generalmente según los requisitos del Instituto Nacional de Patrones y Medidas (*National Bureau of Standards*), Norma Comercial CS 197-60 o CS 255-63. Cada clase de resina establecida en la Norma

posee sus características específicas. Actualmente, las clases de resina que se usan incluyen PE 2305, PE 2306, PE 3306. En esta denominación, que se usa para todos los materiales de tubos termoplásticos, los primeros dos dígitos indican el tipo y grado de especificación ASTM, mientras que los dos últimos señalan el esfuerzo de diseño del material en el agua, a 73°F, en cientos de libras.

Desde el punto de vista del usuario, al cumplir el tubo comprado los requisitos CS 197-60 o CS 255-63, las resistencias mecánicas de las diferentes clasificaciones materiales del polietileno pueden pasarse por alto, pues la Norma Comercial exige que la producción del tubo de polietileno sea sometida a requisitos específicos en cuanto a su dimensión y a su tolerancia. La Norma Comercial estipula una variación en el espesor de las paredes, como compensación por las características para los tipos específicos de resina. Por lo tanto, diferentes tubos fabricados en conformidad con la norma comercial, cualquiera que sea el tipo de resina usado, serán comparables entre sí en cuanto a presión operacional; la única variación entre ellos será la flexibilidad u otras características físicas.

Veamos ahora cuales son las ventajas y las desventajas del tubo de polietileno. Tal vez la ventaja más importante sea su bajo costo, pues el tubo de polietileno compite con el acero al carbono. Comercialmente, es disponible en longitudes que varían entre 30 y 600 metros, lo que facilita su instalación con un mínimo de accesorios. El tubo es flexible, y por lo tanto permite cambios moderados de dirección sin peligro de torcimiento. El tubo se mantiene semiflexible a temperaturas inferiores a cero, y al congelarse, no se raja tan rápidamente como los otros tipos. Generalmente, se instala con conexiones de inserción y abrazaderas de acero inoxidable, aunque también sea factible la soldadura por fusión. Sus desventajas son la baja resistencia mecánica y una rigidez relativamente limitada, lo que es una desventaja común a todos los tubos plásticos. Su resistencia al calor es

limitada, pues el Tipo I se ablanda y el Tipo III se resquebraja a temperaturas de 65,5°-93,3°C.

Además, el tubo de polietileno es sensible a la luz, cuya acción lo resquebraja. Sin embargo, esta desventaja se hace menor al añadir negro de humo durante su fabricación.

COPOLIMERO DE
ACRILONITRILLO-BUTADIENO-ESTIRENO
(ABS)

Los tubos de ABS se fabrican según toda una serie de normas comerciales. Actualmente, éstas incluyen las CS218-59, CS219-59, CS220-59 y CS254-63. Los tubos de ABS pueden componerse de tres clases de resina: El Tipo I-Grado I (ABS 1106), Tipo I-Grado II (ABS 1201), y Tipo II-Grado I (ABS 2112). En este caso, los tipos de resina indican solamente las variaciones en resistencia mecánica. Repetimos una vez más que los tubos manufacturados, de acuerdo con las especificaciones de las normas comerciales en cuanto a dimensiones y requisitos de tolerancia, son de resistencia igual, cualquiera que sea la clase de resina utilizada.

Una de las ventajas del tubo ABS es su alta resistencia a las sustancias químicas no oxidantes. Posee alta resistencia al calor y una resistencia mecánica relativamente alta. Es duro y resistente al impacto. Puede ser empastado fácilmente usando solventes o cuando el espesor de las paredes lo permite, se le puede unir con roscas normales para tubos. Es de peso liviano y relativamente fácil de manipular. Se suministra en tamaños iguales a los de las tuberías de hierro para agua.

Algunas de las desventajas son las siguientes: longitud relativamente corta (comercialmente, el tubo de ABS se consigue en pedazos de 6 metros), sensibilidad a solventes orgánicos, menor flexibilidad que la del tubo de polietileno y, como éste, al exponérsele a la luz disminuye marcadamente su resistencia al impacto y sus propiedades de elongación. Aunque el ABS sea un termoplástico, su elasticidad es marcadamente inferior a la del polietileno, y

al congelarse el agua dentro del tubo, es posible que se produzcan fallas.

CLORURO DE POLIVINILO (PVC)

Los tubos de cloruro de polivinilo se manufacturan bajo los requisitos de las Normas Comerciales CS 207-60 y CS 256-63. Estas dos normas especifican dos tipos de resina: Tipo I, resina con alta resistencia a las sustancias químicas, y Tipo II, resina con alta resistencia al impacto.

El tubo de PVC es muy resistente a sustancias químicas, tales como los aceites, posee excelente rigidez y resistencia mecánica (es el más rígido de los tubos presentados aquí), y no es afectado sustancialmente por los cambios meteorológicos. Es autoextinguible y extremadamente resistente al calor. El tubo de PVC puede unirse por calor, soldadura por fusión, soldadura por disolvente, o puede ser conectado con roscas si lo permite el espesor de las paredes.

Algunas de las desventajas son su longitud relativamente corta (secciones de 6 metros); al igual que otros termoplásticos, se ablanda fácilmente al contacto del éter, de las acetonas y de hidrocarburos clorados, y es algo más pesado que el ABS y el polietileno.

También es necesario considerar cuidadosamente el método de instalación de los tubos termoplásticos y de las conexiones. La excavación, el método de disposición y de colocación del tubo, el relleno, las pruebas a las que se somete el sistema instalado, etc., merecen especial cuidado. A este respecto, se ofrecen las siguientes recomendaciones generales de instalación:

1) *Juntas*

1.1) *Copolímero de acrilonitrilo-butadieno-estireno y cloruro de polivinilo:* El tubo puede unirse mediante conexiones de roscas o del tipo soldadura por solvente. Ninguna unión con roscas deberá ser hecha en tubos del Catálogo 40 o tubos de paredes más delgadas.

1.2) *Polietileno:* Los tubos de polietileno pueden unirse por fusión o con conexiones de inser-

ción dentadas de material plástico, que se aprietan con una banda abrazadera y tornillo con tuerca, hechos de acero inoxidable.

2) Instalación y precauciones de manipulación

2.1) Tubo de polietileno:

2.11) El tubo debe cortarse con cuchillo o serrucho. Los bordes del extremo cortado se pulirán con cuchillo o lima.

2.12) *Expansión y contracción:* El coeficiente de expansión lineal del polietileno es de $8,3 \times 10^{-5}$ por grado Fahrenheit. Por cada 10°F de diferencia de temperatura, se deberá tomar en cuenta una contracción o expansión de 1 pulgada por cada 100 pies de tubería. Esto se puede lograr durante la colocación del tubo en la zanja, "culebreando" el tubo, o tirándolo de uno de sus extremos. Esta operación debe ser uniforme a todo lo largo de la zanja.

2.13) *Lubricantes para polietileno:* Solamente el agua debe usarse para lubricar el tubo y las conexiones que habrán de unirse. Se prohíbe el uso de pastas lubricantes de tubería, aceites, detergentes u otras sustancias químicas.

2.14) *Unión con otros materiales:* Para las conexiones entre las tuberías plásticas y los sistemas metálicos se recomienda usar un adaptador de inserción. Este se conecta al tubo plástico de la misma manera que otras conexiones plásticas de inserción. Sólo el extremo roscado del adaptador se cubre con un producto pegante plástico y se aprieta a las conexiones hembra. No debe usarse este producto sobre la superficie misma del tubo plástico.

2.15) *Profundidad máxima del tubo de PE bajo la superficie del terreno:*

Coefficiente de presión del tubo	Profundidad
75 psi	2,35 m
100 psi	3,87 m

2.16) *Excavación:* La zanja se excavará hasta obtener un fondo liso, sin rocas u otras materias duras, debiendo ser lo bastante ancha como para permitir un tendido "sinuoso" o un movimiento de arrastre moderado del tubo, para lograr una compensación de la expansión y contracción que introducirán los cambios periódicos de temperatura del agua y de la tierra. El relleno consistirá de materiales sin roca o terrones, hasta 15 cms por encima del lomo del tubo; después

de lo cual podrá usarse equipo mecanizado para completar el relleno. La tubería deberá enterrarse por debajo del nivel límite de las heladas. Al atravesar carreteras, el tubo será colocado dentro de una envoltura de acero, de mayor tamaño, o de otro material tubular de construcción.

2.17) *Técnicas de instalación para conexiones de inserción dentadas:* No se utilizarán productos de unión sobre conexiones de inserción dentadas, a menos que los extremos roscados de tales conexiones engranen en tubos metálicos. En esos puntos se utilizará un sellador de juntas que no se endurezca. Las abrazaderas serán colocadas sobre el tubo antes de que la conexión de inserción se enganche, y la abrazadera se apretará firmemente sobre la parte cilíndrica de la conexión, entre la parte saliente y las endentaduras moldeadas.

2.2) Tubos de acrilonitrilo-butadieno-estireno

2.21) *Expansión y contracción:* El coeficiente de expansión lineal de los tubos ABS es de 10×10^{-5} por grado Centígrado, o sea, $5,6 \times 10^{-5}$ por grado Fahrenheit. Estos coeficientes resultan en una expansión y/o contracción lineales de 0,67 pulgadas por cada 100 pies de tubería por 10°F de variación de temperatura.

Deben determinarse la expansión y/o contracción para cada instalación de tubería separadamente, lo que debe realizarse barrenando el tubo en la zanja. En las instalaciones superiores deben usarse juntas de expansión. Los cálculos de expansión y contracción deberán efectuarse tomando como base las temperaturas máximas y mínimas previstas, tanto del interior como del exterior del tubo. Los siguientes dispositivos permiten compensar la expansión y la contracción: uniones Dresser, uniones de tipo pistón (miembro de extensión con sello anular 0), uniones en rótulas, fuelles de expansión de fluorocarbón de anillos omega y carretes.

2.22) Montaje de tubos ABS roscados:

- 1) Usese lubricante de rosca no endurecedor, o cinta teflón, en las roscas.
- 2) Apriétese la conexión con la mano, luego úsese una llave de correa para dar una media vuelta adicional.
- 3) Para tubos que deben desmontarse con frecuencia, se aconseja el uso de bridas, uniones universales o conexiones de tipo Victaulic.

2.23) *Unión con tuberías de material diferente al plástico:*

1) Tubos de acero. Existen varios métodos efectivos:

- a) Acoplamientos Victaulic.
- b) Adaptadores plásticos roscados, con roscas hembra y macho.
- c) Uniones Dresser.
- d) Abrazaderas normales para tubos, tales como Mueller, Skinner, Adams, etc.

2) Asbesto-cemento y tuberías de hierro fundido a presión para acueducto. Debe utilizarse una abrazadera de servicio equipada con una capa de goma o de neopreno, que actúe como material sellante entre el cuerpo de la abrazadera y el tubo.

Las abrazaderas de servicio son:

- a) Abrazadera de servicio Mueller de doble cubrejunta.
- b) Silla de derivación, obturadora modelo SS Skinner.
- c) Abrazaderas de tubería Adams.

2.24) *Excavación:* La zanja se excavará hasta obtener un fondo liso, sin rocas u otras materias duras. El relleno consistirá de materiales sin rocas o terrones, hasta 15 cms por encima del lomo del tubo, después de lo cual podrá usarse equipo mecanizado para completar el relleno. La tubería deberá enterrarse por debajo del nivel límite de las heladas. Al atravesar carreteras, el tubo será colocado dentro de una envoltura de acero de mayor tamaño o de otro material tubular de construcción.

2.3) *Tubo de cloruro de polivinilo*

2.31) *Expansión y contracción:* El coeficiente de expansión lineal para los tubos PVC es de 2,9 a $4,6 \times 10^{-5}$ por grado Fahrenheit para el Tipo I y de 4,5 a $5,6 \times 10^{-5}$ por grado Fahrenheit para el Tipo II. Estos coeficientes resultan en una expansión lineal y/o contracción de 0,55 para el Tipo I PVC y de 0,67 para el Tipo II PVC pulgadas por cada 100 pies de tubería por 10°F de variación de temperatura.

Deben determinarse la expansión y/o contracción separadamente para cada instalación de tubería, lo que debe realizarse barrenando el tubo en la zanja. En las instalaciones superiores deben

usarse juntas de expansión. Los cálculos de expansión y contracción deberán efectuarse tomando como base las temperaturas máximas y mínimas previstas, tanto del interior como del exterior del tubo. Los siguientes dispositivos permiten compensar la expansión y la contracción: uniones Dresser, uniones de tipo pistón (miembro de extensión con sello anular 0), uniones en rótulas, fuelles de expansión de fluorocarbón de anillos omega y carretes.

2.32) *Lubricantes y compuestos para juntas:*

Se recomienda el uso de lubricantes y de compuestos para juntas que no endurezcan y que tengan una resistencia química apropiada. Debido a que las conexiones roscadas tienden a pegarse con el tiempo, se aconseja el uso de juntas de brida o uniones universales para los tubos que se desmonten a menudo. Las juntas deben apretarse a mano, y usar luego una llave de correa para dar de media vuelta a una vuelta adicional.

2.33) *Unión con tuberías de material diferente al plástico:*

1) Tubos de acero. Existen varios métodos efectivos:

- a) Acoplamientos Victaulic.
- b) Adaptadores plásticos roscados, con roscas hembra y macho.
- c) Uniones Dresser.
- d) Abrazaderas normales para tubos, tales como Mueller, Skinner, Adams, etc.

2) Asbesto-cemento y tuberías de hierro fundido a presión para acueducto. Debe utilizarse una abrazadera de servicio equipada con una capa de goma o de neopreno, que actúe como material sellante entre el cuerpo de la abrazadera y el tubo.

Las abrazaderas de servicio son:

- a) Abrazadera de servicio Mueller de doble cubrejunta.
- b) Silla de derivación, obturadora modelo SS Skinner.
- c) Abrazaderas de tubería Adams.

2.34) *Excavación:* La zanja se excavará hasta obtener un fondo liso, sin rocas u otras materias duras. El relleno consistirá de materiales sin rocas o terrones, hasta 15 cms por encima del lomo del tubo; después de lo cual podrá usarse equipo mecanizado para completar el relleno. La tubería

deberá enterrarse por debajo del nivel límite de las heladas. Al atravesar carreteras, el tubo será colocado dentro de una envoltura de acero de mayor tamaño o de otro material tubular de construcción.

En resumen, el éxito del uso de los tubos y de las conexiones termoplásticos para sistemas de agua potable depende de:

1) La selección apropiada del tubo termoplástico y de sus accesorios, basada en los requisitos físicos de la instalación y en el rendimiento esperado.

2) La instalación apropiada del tubo termoplástico y de las conexiones.

Esencialmente, estas condiciones se cumplen si se escogen los materiales adecuados y se siguen los principios fundamentales de la ingeniería.

Los tubos y accesorios termoplásticos no constituyen una panacea ni están libres de deficiencias, por lo tanto, deben seguirse los principios técnicos y escogerse cuidadosamente los materiales, como es usual en cualquier otro trabajo de ingeniería.

También es esencial obtener productos de calidad controlada, bien sea mediante el uso de un control de la calidad por el usuario o comprador, o a través de las actividades de control de una organización objetiva, tal como la Fundación Nacional de Saneamiento.

Ciertas instalaciones de tubos termoplásticos y de sus accesorios, pueden requerir consideraciones especiales en lo que se refiere a su diseño o construcción. En tales casos, es necesario obtener asistencia adicional. Dentro de poco, el Instituto de Tuberías Plásticas publicará un Manual de Ingeniería que tratará del tema de los tubos termoplásticos y sus conexiones. Este documento, de gran valor para todo el mundo, podrá conseguirse a través de la Sociedad de la Industria de los Plásticos, en Nueva York, N.Y., Estados Unidos de América.

La mayoría de los productores de tubos y sus accesorios también proporcionan instrucciones para su instalación, y se sugiere que, en el caso de dudas o preguntas concernientes a cualquier

uso o instalación especial, se consulte con el productor del tubo y de las conexiones, pidiéndole sus recomendaciones y sus consejos.

RESUMEN

El resumen de las consideraciones sobre la utilización de tubos plásticos y sus accesorios en aplicaciones para abastecimiento de agua potable puede aplicarse también a los problemas especiales que conciernen a las tuberías plásticas en sí, en tales aplicaciones.

Recapitulemos brevemente estas consideraciones:

1) Selección de los tubos plásticos, fabricados con el mejor material, para el trabajo específico a que se destine. Actualmente, el plástico no debe ser considerado para instalaciones de agua caliente, así como tampoco una tubería de metal no debe instalarse en suelos corrosivos.

2) El tubo plástico debe ser diseñado para soportar las máximas presiones de trabajo que se esperen en el sistema.

3) Las condiciones meteorológicas son importantes. La vida útil del tubo se acorta al exponerse éste a la intemperie, aun cuando la inclusión de negro de humo durante su fabricación lo protege contra la degradación.

4) Debe seleccionarse el tipo y el diseño apropiado de las conexiones para asegurar la máxima eficiencia del sistema en operación. Tanto el tubo como las conexiones deben ser completamente homogéneas, sin rajaduras visibles, sin huecos, materias extrañas o defectos ocasionados por manipulación inadecuada.

5) Tal vez uno de los problemas más importantes a considerar sea la necesidad de una manipulación adecuada durante la instalación del tubo. El uso del cemento disolvente adecuado para el tipo de tubo que se instale, la preparación correcta de la zanja para prevenir daños que puedan ocasionarse al rellenar, la prevención de rasgaduras y de cortes que pueden ocurrir al arrastrar el tubo sobre rocas u otras superficies duras, y otras consideraciones similares,

deben hacerse para lograr un mejor rendimiento de las tuberías plásticas.

6) El almacenamiento y la manipulación del tubo plástico antes de su uso también es importante. El tubo no debe ser puesto en contacto con materias tales como gasolina, ácido

muriático, disolvente de pintura o sustancias químicas similares.

7) Deben usarse principios sólidos de ingeniería al tratarse de tuberías plásticas, tal como suele hacerse cuando se trata de tuberías metálicas o de cualquier otro tipo de material.

CAPÍTULO 8

Tipos de materiales plásticos y algunas de sus propiedades básicas

Un plástico es un material que posee como ingrediente esencial una sustancia orgánica de alto peso molecular. Es sólido en su estado acabado, pero puede ser moldeado por flujo durante alguna etapa de su fabricación o elaboración. Un plástico no es necesariamente sintético, siendo un ejemplo la goma natural que todos conocemos; sin embargo, aquí nos referiremos sólo a los plásticos sintéticos.

El primer plástico comercial fue el nitrato de celulosa, conocido más generalmente como celuloide, elaborado en 1860 como sustituto del marfil. Ha sido usado extensamente en la producción de teclas para piano y otros artículos similares. El celuloide se clasifica como un polímero natural modificado y un termoplástico.

Los tipos de plásticos que consideraremos aquí se dividen en dos clases generales: termoplásticos y plásticos termoestables. El *termoplástico* puede ser ablandado repetidamente por aumento de temperatura, y ser endurecido por disminución de la misma. El *plástico termoestable* es aquel que puede convertirse en producto infusible al ser curado por la acción del calor o de una sustancia química. En otras palabras, puede ser moldeado solamente una vez.

Los termoplásticos son los que en la actualidad presentan mayor interés para los sistemas de agua potable. En otro capítulo se harán algunos comentarios sobre los plásticos termoestables.

TUBOS TERMOPLÁSTICOS

La Lucite y el Plexiglass fueron unos de los primeros materiales utilizados en la fabricación de tubos plásticos. Ambos materiales son acrílicos y transparentes como el vidrio, pero débiles y resquebrajadizos y generalmente de baja resistencia química.

Hay varios termoplásticos que se emplean en sistemas de agua potable, hasta cierto límite, tales como el butirato de acetato de celulosa, el polipropileno, el Saran, el estireno modificado al caucho, el delrino, el nilón y quizás otros, pero no se incluirán en estas consideraciones generales. Existen tres termoplásticos principales que han sido utilizados en aplicaciones generales de agua, los cuales se comentarán más detalladamente.

En general, el tubo plástico tiene buena resistencia química, no está sujeto a la corrosión electrolítica y es normalmente poco afectado por materiales corrosivos inorgánicos, es liviano, con gravedades específicas que varían entre 0,9 y 1,4, en comparación con las del hierro y el acero que son de 7,8 y la del concreto, de 2,2 a 2,4. Tiene una superficie lisa, con un coeficiente Hazen-Williams de 150 o más; mantiene su característica de lisura debido a que no desarrolla escamas y tiene una superficie hidrofóbica. El plástico actúa como aislador térmico y eléctrico. Esta propiedad implica tanto ventajas como desventajas, pues al ser un aislador eléctrico natural

impide el uso de la electricidad para deshelar los tubos congelados.

Por lo común, el tubo plástico compite con el acero al carbono y es mucho más barato que las aleaciones resistentes a la corrosión. Los bajos costos de instalación y de mantenimiento lo hacen todavía económico.

Una desventaja importante del tubo plástico

PE-2305, Tipo II, Grado 3—	con un esfuerzo hidrostático de diseño de 500 psi.
PE-2306, Tipo II, Grado 3—	“ “ “ “ “ “ 630 psi.
PE-3306, Tipo III, Grado 3—	“ “ “ “ “ “ 630 psi.

es su baja resistencia mecánica. Los esfuerzos de trabajo admisibles de los termoplásticos más corrientes, a temperatura ambiente, varían entre 400 y 2.000 psi. Estos valores disminuyen al aumentar la temperatura. Casi todos los termoplásticos son sensibles a la temperatura, y a 1°C se vuelven resquebrajadizos y difíciles de manipular. A unos 60°C pierden gran parte de su resistencia.

Los tres termoplásticos de mayor importancia para abastecimientos de agua son: el polietileno (PE), el cloruro de polivinilo (PVC) y el acrilonitrilo-butadieno-estireno (ABS).

POLIETILENO (PE)

El polietileno fue usado por primera vez para tubos plásticos en 1948. Es un derivado del gas etileno, que es un componente del gas natural. También puede ser un derivado de la refinación del petróleo. Existen tres tipos ASTM de polietileno, definidos en la Norma Comercial CS197-60. El Tipo I tiene una densidad que varía entre 0,910 y 0,925; la del Tipo II varía entre 0,926 y 0,940, y la del Tipo III entre 0,941 y 0,965. Estos tipos son generalmente conocidos como polietilenos de densidad baja, mediana o alta, respectivamente. El Tipo I produce el tubo más flexible y tiene una resistencia mecánica relativamente baja. El Tipo II, el polietileno de densidad mediana, tiene una resistencia mecánica más alta pero es menos flexible. El Tipo III, o polietileno de alta densidad, tiene la más alta resistencia mecánica y la más baja flexibilidad.

Originalmente, el polietileno fue desarrollado en Inglaterra hacia 1940, en forma experimental. Los ingleses usaban el material en equipos de radar. Otros usos incluían artículos tales como artefactos domésticos y frascos flexibles.

Según la Norma Comercial CS-255-63, relativa al tubo de polietileno, los materiales se clasifican como sigue:

El material de Tipo I está incluido en la edición actual de CS-255-63, con un esfuerzo de diseño de 400 psi, según la especificación CS-197-60, con la denominación PE 1404.

Debido a sus características de fluir en frío y a ser químicamente inerte, el polietileno no puede ser roscado ni soldado con disolvente; se empalma con conexiones de inserción a presión o por fundición al calor. Al usar las conexiones de inserción, es importante usar abrazaderas de acero inoxidable que resistan la acción corrosiva del suelo de muchas regiones.

El tubo de polietileno puede utilizarse a temperaturas que varíen entre -54°C y $+50^{\circ}\text{C}$, limitándose a presiones relativamente bajas.

El polietileno está sujeto a degradación ocasionada por los rayos ultravioleta, y la Norma Comercial CS-255-63 exige que en su preparación para la producción de tuberías se añada un mínimo de 2% de negro de humo, a fin de protegerlo de la acción del sol.

Una de las ventajas del tubo de polietileno es que su flexibilidad permite hacer rollos hasta de 300 m, para tubos de pequeños diámetros, siendo común los rollos de 100 m a 150 m, para diámetros hasta de $1\frac{1}{2}$ ". Los tubos de mayor diámetro se enrollan generalmente en trozos de 30 a 100 metros, lo que permite más facilidad de manipulación.

El polietileno se usa mucho más para la conducción del agua que para cualquier otro uso específico de tuberías. Tal uso se recomienda para presiones y temperaturas moderadas. Hasta ahora, por longitud y peso, está a la cabeza entre todos los tipos de tubos plásticos.

La *Modern Plastic Encyclopedia** (Enciclopedia Moderna de los Plásticos) describe la producción del polietileno en la forma siguiente:

La resina de polietileno se sintetiza por la polimerización del etileno a altas temperaturas y presiones, en presencia de un catalizador adecuado. Para sintetizarse, el polietileno de baja densidad exige presiones muy altas, entre 15.000 y 30.000 psi, y catalizadores de radical libre, tales como los peróxidos. Los polietilenos rígidos de alta densidad se fabrican a presiones de síntesis más bajas, utilizándose catalizadores de coordinación. Las resinas de polietileno de densidad mediana se producen bien por modificación del proceso de alta presión o bien mezclando resinas de alta y baja densidad en proporciones apropiadas.

Los compuestos aprobados por la FNS para tubos de polietileno contienen: resina natural de polietileno de una densidad específica, antioxidantes, negro de humo, el elemento identificador de la FNS y, en algunos casos, caucho butílico.

Algunas de las propiedades del polietileno son: flexibilidad, resistencia química a la humedad y a los solventes, buena resistencia a la tensión, resistencia al calor y a la abrasión, tenacidad, baja absorción de agua, excelentes propiedades eléctricas y resistencia a la fisuración por esfuerzos.

Desde el punto de vista de su diseño, es liviano, presentando su superficie un acabado liso. Es inerte a la acción de la mayoría de los ácidos y sustancias químicas, tiene una baja permeabilidad y buena durabilidad. El tubo de polietileno puede esterilizarse y tiene una versatilidad mecánica razonable. Su resistencia al impacto, a temperaturas inferiores a cero, es muy buena. Es resistente a la humedad y a sus efectos.

ACRILONITRILO-BUTADIENO-ESTIRENO (ABS)

El ABS es considerado como un termoplástico que resiste temperaturas mayores, posee exce-

lente rigidez, buena resistencia al impacto, estabilidad dimensional y excelentes propiedades eléctricas. El tubo rígido de plástico de ABS se caracteriza por su poco peso, buena resistencia química y alta resistencia al impacto y a la presión. El tubo plástico de ABS es cerca de 80 a 87% más liviano que los tubos de hierro fundido del mismo diámetro. Un hombre puede transportar varias secciones de 6 metros, de tubos de 2" a 4" de diámetro, y podría manipular fácilmente una sección de tubo de 6" u 8", de paredes gruesas, de 6 metros. A continuación presentamos los pesos comparativos, por pie de tubería, de tubos de 150 psi y de 4", fabricados con distintos materiales:

Tubo de ABS de 150 psi.	1,8 lbs. por pie.
Tubo de asbesto-cemento de 150 psi	7,8 lbs. por pie.
Tubo de acero de 1.000 psi.	10,8 lbs. por pie.
Tubo de hierro fundido de 150 psi	16,5 lbs. por pie.

El tubo de ABS se clasifica en: Tipo I, Grado 1, con un esfuerzo hidrostático de diseño de 630 psi; Tipo I, Grado 2, con un esfuerzo de diseño de 1.000 psi; Tipo II, Grado 1, con un esfuerzo de diseño de 1.250 psi, y Tipo I, Grado 3, con un esfuerzo de diseño de 1.600 psi.

El tubo de ABS puede unirse mediante conexiones convencionales roscadas o ser soldado por solventes con manguitos deslizantes. El ABS está sujeto, como el polietileno, a degradación por los rayos ultravioleta, disminuyendo su resistencia al impacto y sus propiedades de elongación al estar expuesto al sol. Como el tubo ABS tiene menos elongación que el polietileno, la congelación del agua dentro del tubo puede ocasionar roturas. Se considera que el ABS tiene una resistencia al calor casi igual a la del PVC.

Los materiales de ABS pueden utilizarse para toda una variedad de aplicaciones de tubos, tales como conducción de sustancias químicas, de gas natural, líneas de distribución del petróleo, disposición de agua salada, así como también conducción de agua potable.

El tubo de ABS posee una excelente resistencia a los siguientes líquidos y sustancias

* Publicada por la Modern Plastic Incorporated, 525 Madison Avenue, Nueva York 22, N.Y., E.U.A.

químicas: agua destilada, ácido clorhídrico del 10% al 38%, ácido sulfúrico del 10% al 43%, ácido fosfórico al 85%, cloro, gasolina, alcohol, ácido nítrico al 10%, hidróxido de sodio del 10% al 50%, hidróxido de amonio al 28%, carbonato de sodio al 10% y sulfato férrico al 10%.

Además, el tubo de ABS puede ser expuesto, sin perjuicio, a muchas otras sustancias químicas.

Algunos fabricantes han informado que la instalación del tubo de ABS es mucho más económica que la de los tubos metálicos. Se dice que se han logrado economías hasta de un 30 a 50% en relación con tubos metálicos de diámetros comparables. Esto se debe, principalmente, al costo de manipulación y al tiempo economizado durante la instalación. No se necesitan herramientas especiales. El tubo puede cortarse con sierra de cinta o con cortador de tubos, sin necesitarse máquinas de roscado o de soldadura. Las juntas se sueldan por solvente, rápida y fácilmente. Las juntas de rosca pueden emplearse en el caso de que el tubo necesite ser desmontado. Los costos de instalación se reducen por la utilización de secciones de 30' de largo, en lugar de las de 20' (6 m) y hasta 10' (3 m) de algunos diámetros de tubos de acero.

La velocidad de flujo del tubo de ABS es mayor que la del tubo metálico, en condiciones equivalentes, y las pérdidas por fricción son menores. La superficie interior del tubo de ABS es muy lisa, ofreciendo una resistencia mínima al flujo. En el tubo metálico, como se sabe, se reduce su capacidad con el servicio, debido a lo rugoso de su superficie interna y a la acumulación de productos de corrosión y tuberculación. El ABS, como otros plásticos, conserva la lisura de su superficie interna debido a que no está sujeto a la tuberculación y es menos propenso a la acumulación de depósitos dentro del tubo.

Las pérdidas por fricción relativas, observadas en materiales para tubos, pueden explicarse más claramente, por comparación de los coeficientes de retardo usados en la Fórmula de Hazen-Williams para calcular las pérdidas de carga por fricción en las tuberías.

Los valores de C, para diferentes tipos de tubos son los siguientes:

C=140 para tubos extremadamente lisos, rectos, con un interior continuo, tales como los de tubos plásticos, de bronce nuevo, de cobre, de hierro fundido nuevo, de acero inoxidable soldado, de concreto liso, de hierro o acero colado forrado con cemento y de asbesto cemento.

C=130 para tubos muy lisos, tales como los de acero con o sin costura, con superficie interior continua y en condiciones satisfactorias; valor usual para los de hierro fundido nuevos, bronce y cobre viejos.

C=120 para tubos lisos, tales como los ordinarios de concreto.

C=110 para hierro fundido viejo.

C=60 para tubos de hierro o acero muy tuberculizados.

El tubo de ABS no es afectado por los suelos alcalinos o ácidos en que pueda ser instalado. No se pudre, oxida ni escama, interna o externamente, eliminándose, por lo tanto, las restricciones del flujo causadas por la acumulación en su interior y haciendo mínimo el ataque en su exterior. Así, la vida útil del tubo es prolongada.

Muchos factores afectan la tasa de fisuración por esfuerzos del tubo de ABS, incluyendo el nivel de esfuerzo, la temperatura de servicio, la presión y temperatura del líquido que transporta y el tiempo de exposición. El tubo que se encuentra sometido a un esfuerzo se comporta en forma diferente al tubo que no está bajo esfuerzo o presión. El tubo de ABS, como los otros termoplásticos, debe usarse con cautela cuando se espera una exposición continua a temperaturas elevadas.

Todas las composiciones estándar de ABS, aprobadas por la FNS, que se utilizan en los sistemas de agua, son inodoras, insípidas, no tóxicas y no contribuyen a adulterar el agua potable. El ABS no es poroso, lo cual es ventajoso al eliminar las pérdidas de agua por filtraciones. Puede conectarse a tubos metálicos, mediante conexiones de rosca o con acoplamiento de compresión.

Las presiones de clasificación de todos los tubos de ABS se basan en una temperatura de

servicio de 23°C, pudiendo esperarse mayores presiones para temperaturas menores, pero la clasificación deberá disminuir para temperaturas mayores.

La siguiente tabla muestra las presiones de clasificación frente a las temperaturas, para tubos de ABS Tipo I, Grado 2.

Temperatura, en °C	Porcentaje de la presión de clasificación a 23°C
15,5	105
23,0	100
26,7	97
32,2	91
37,8	84
43,4	79
48,9	72
54,4	67
60,0	60
65,5	55
71,1	48

La expansión termal del ABS es varias veces mayor que la del acero. Este factor debe compensarse en el diseño del sistema y en la instalación. Las recomendaciones del fabricante de los materiales serán de gran ayuda para tipos específicos de ABS, así como también para otros tipos de termoplásticos.

Debido a su naturaleza termoplástica, al tubo de ABS puede dársele distintas formas, para ajustarlo a las necesidades de la instalación. Por ejemplo, el tubo se dobla fácilmente, permitiendo efectuar cualquier cambio de dirección necesario por la presencia de árboles u otros obstáculos, o bien para elevar una tubería desde la profundidad de la zanja de la línea de servicio. Esta facilidad para ser doblado proporciona una economía en juntas y otras conexiones. Además, los cambios de dirección lisos y sin obstrucciones en los tubos de ABS, evitan las pérdidas de presión que generalmente resultan por las pérdidas por fricción creadas por una serie de codos.

La propiedad termal de los tubos de ABS es importante si consideramos el uso de dichos tubos para las cañerías de aguas negras y de

ventilación cloacal. Las características de lenta transferencia del calor tienen la ventaja de que el agua caliente evacuada al colector cloacal conserva más el calor y, por lo tanto, hay menos oportunidad de que los residuos grasosos se solidifiquen en el tubo causando un taponamiento y finalmente la obstrucción del mismo.

Tal vez se pregunte lo que puede ocurrir al instalar un tubo de ABS en climas donde el suelo se congela por debajo del nivel de la instalación. Si la instalación es apropiada, el tubo no será afectado en forma adversa. El procedimiento adecuado de instalación, para aprovechar las propiedades de contracción y expansión del tubo de ABS, es el de "culebrear" las tuberías en el fondo de la zanja, para absorber la contracción y expansión. Este procedimiento no es absolutamente necesario, pues, si el tubo se conecta debidamente la contracción a bajas temperaturas ocurrirá más en el diámetro que en la longitud. Por lo tanto, en regiones donde el relleno está muy consolidado, esta última propiedad de contracción proporciona la protección o factor de seguridad para condiciones de congelación.

El tubo de ABS se estira por presión a temperaturas que varían entre 204,4°C y 260°C.

La *Modern Plastics Encyclopedia* describe la producción del material de ABS de la manera siguiente: "El acrilonitrilo y estireno líquidos y el gas de butadieno se polimerizan conjuntamente, en una diversidad de proporciones, para producir la familia de las resinas de ABS. La polimerización puede realizarse por medio de diferentes técnicas, siendo dos de las más comunes la emulsión y la solución".

Los productos de ABS utilizados en la fabricación de tubos y conexiones aprobados por la FNS, contienen resina acrilonitrilo-estireno, polibutadieno, lubricantes y colorantes.

CLORURO DE POLIVINILO (PVC)

La *Modern Plastics Encyclopedia* esboza la producción del material de PVC en la siguiente forma: "Un material termoplástico compuesto

de polímeros de cloruro de vinilo; un sólido incoloro con alta resistencia al agua, a los alcoholes y a los ácidos y álcalis concentrados. Se obtiene en forma de gránulos, soluciones, líquidos y pastas. Acondicionado con plastificantes produce un material flexible cuyas propiedades de durabilidad son superiores a las del caucho. Se usa extensamente como recubrimiento de cables, en plantas químicas, en tuberías para la conducción de agua, y para la fabricación de vestimentas protectoras".

Los compuestos para tubos de PVC contienen resinas de PVC aprobadas, estabilizadores de estaño, lubricantes, colorantes y antioxidantes.

El tubo de PVC se produce de acuerdo con los requisitos de la norma comercial CS-207-60, y de la nueva norma CS-256-63, que considera la clasificación de presión. Los nuevos esfuerzos de diseño de clasificación de compuestos para tubos de PVC, son los siguientes:

Tipo I, Grado 1—con un esfuerzo	hidrostático de diseño de 2.000 psi.
Tipo I, Grado 2— " " "	" " " " 2.000 psi.
Tipo II, Grado 1— " " "	" " " " 1.000 psi.
Tipo IV, Grado 1— " " "	" " " " 1.600 psi.

Se considera que las resinas del Tipo I poseen una alta resistencia a las sustancias químicas y las del Tipo II tienen altas características de impacto.

El tubo de PVC es extremadamente resistente a las sustancias químicas, tales como aceites, tiene una resistencia mecánica y una rigidez excelentes (es el más rígido de los tres plásticos mencionados), y básicamente no es afectado por las condiciones meteorológicas. Es autoextinguible y extremadamente resistente al calor. Puede ser juntado por soldadura por fusión, soldadura por solventes y fácilmente roscado si lo permite el espesor de las paredes. Es el más rígido de los tres tipos de termoplásticos. Su color es gris claro u oscuro, y trabaja a temperaturas que varían entre 4,4°C y más de 71°C. Sus usos principales son los mismos de los tubos de ABS, pero tal vez se ha usado más extensamente en las industrias químicas y de elaboración de alimentos.

Entre los tubos termoplásticos, el tubo de

PVC tiene una de las más altas resistencias a la tensión. Es conocido por su buena estabilidad dimensional y sus sobresalientes propiedades para soportar los ataques meteorológicos. Tiene excelente resistencia a la corrosión, resistencia química y tenacidad.

Ha sido desarrollado un producto de dicloruro de polivinilo para tubos, que tiene más resistencia térmica y es indicado para posibles usos en la conducción de agua y de otros líquidos, a temperaturas superiores a 93°C. Este nuevo producto aumentará sobremanera el potencial de los plásticos para las plomerías domésticas, incluyendo su uso para agua caliente.

El tubo de PVC pesa más o menos $\frac{1}{8}$ de lo que pesa el de acero. Puede ser unido por soldadura por solventes, fusión por calor o por medio de juntas de rosca en caso de tubos de paredes gruesas. Con este material resultan promedios de presiones más altos que con los

productos de polietileno y de ABS diseñados para paredes del mismo espesor y diámetro.

No es afectado por las condiciones atmosféricas, la humedad o la luz solar. Es uno de los termoplásticos que mejor resisten el envejecimiento a la intemperie, y no se oxida ni deteriora en suelos de condiciones de acidez o alcalinidad muy severas. Tampoco le afecta la acción de los hongos o bacterias. Es autoextinguible y no favorece a la combustión. No es magnético ni produce chispas. Tiene excelentes propiedades aislantes. Su baja conductividad de calor disminuye la tendencia a la condensación de la humedad sobre las superficies exteriores, cuando el agua o líquidos fríos fluyen a través del tubo. Las superficies interiores del tubo son muy lisas, produciendo pérdidas de presión mínimas. Pueden obtenerse en tubos de PVC gastos de 20 a 25% mayores que en los tubos de metal de igual diámetro. Al igual que en los otros termoplásticos, existe muy poca o ninguna acumulación

de depósitos, lo que se traduce en mayor vida útil a mayor capacidad de conducción.

La siguiente tabla muestra las presiones de clasificación frente a las temperaturas, para tubos de PVC de impacto alto y normal.

Temperatura °C	Para sistemas soldados	
	Porcentaje de la presión de clasificación a 23°C	
	Alto impacto	Impacto normal
82,2	35	34
60,0	55	49
23,0	100	100
0,0	123	123
-17,8	139	130

Temperatura °C	Para sistemas roscados.	
	Tubos Clase 80 a 120	
	Porcentaje de la presión de clasificación a 23°C	
	Alto impacto	Impacto normal
82,2	23	21
60,0	35	30
23,0	63	63
0,0	78	78
-17,8	88	83

PREPARACION DE PLASTICOS

En la *Modern Plastics Encyclopedia* se indica que la mayoría de las resinas termoplásticas básicas, antes de ser procesadas, pueden ser combinadas y elaboradas, en proporciones variables, con toda una serie de sustancias químicas modificadoras o con diferentes materiales de refuerzo. El resultado de tal operación puede ser el aumento de la flexibilidad, su coloración integral o su protección contra la degradación.

Existen otros muchos productos plásticos que se utilizan en el campo del abastecimiento de agua, así como también para otras aplicaciones de tuberías. El nilón se usa en la producción de conexiones para el polietileno. El polipropileno, que pertenece a la categoría general de termoplásticos poliolfínicos, podrá utilizarse en el

futuro en el campo del agua, y hay muchos otros usos para las tuberías de este material. El RMP (*rubber-modified-polystyrene*), poliestireno modificado al caucho, se usa extensamente en la producción de conexiones, y tal vez pueda ser aplicado en tuberías de baja presión.

Las perspectivas futuras para los productos Delrin y Celcon, en el campo de las tuberías, son halagüeñas. Estos son termoplásticos de acetal y copolímero de acetal, que tienen una combinación de propiedades excepcionales.

Varias veces se ha hecho referencia a la *Modern Plastics Encyclopedia*, y se recomienda esta fuente de información a aquellas personas que estén interesadas en detalles de todas las resinas y productos termoplásticos y termoestables.

Como ya se ha dicho, en el campo del agua potable, los tres principales termoplásticos actualmente en uso son el PE, el ABS y el PVC. Habrá otros que encontrarán un lugar en la industria de los plásticos, en rápido crecimiento y desarrollo.

Algunas definiciones de productos o procedimientos utilizados en la elaboración o producción de productos plásticos

1) *Acelerador*: Sustancia que apresura la reacción, particularmente la que activa la vulcanización del caucho. También es conocido con el nombre de promotor.

2) *Antioxidante*: Sustancia que impide o retarda la oxidación de un material expuesto al aire.

3) *Catalizador*: Sustancia que apresura marcadamente el curado de un producto cuando se añade en una cantidad muy pequeña, en comparación con las cantidades de los reactivos primarios.

4) *Extendedor*: Sustancia que se añade a una composición plástica para reducir la cantidad de resina primaria requerida por unidad de volumen.

5) *Relleno*: Sustancia inerte que se añade al plástico para disminuir su costo. Los rellenos pue-

den añadirse para mejorar las propiedades físicas, tales como la dureza, la rigidez y la resistencia al impacto.

6) *Retardantes de llamas*: Sustancias químicas utilizadas para reducir o eliminar la tendencia de la resina a quemarse. Para el PE y las resinas similares generalmente se utilizan parafinas cloradas o trióxido de antimonio.

7) *Plastificador*: Agente químico que se añade a las composiciones plásticas para suavizarlas y darles más flexibilidad.

8) *Estabilizador*: Ingrediente usado para ayudar en el mantenimiento de las propiedades físicas y químicas de los materiales preparados, en su valor inicial, durante la elaboración y vida útil del material.

CAPITULO 9

Comportamiento del tubo plástico bajo condiciones de ataque o de servicio

El tubo plástico, como cualquier otro material para tuberías de agua potable, debe estar diseñado de acuerdo con principios adecuados de ingeniería y deberá brindar un servicio satisfactorio. En la mayoría de las aplicaciones a los sistemas de agua potable, el tubo plástico supera a otros materiales. Los plásticos no están sujetos a la corrosión, son resistentes a las sustancias químicas, pudiendo, la mayoría de los termoplásticos, ser instalados económicamente. En ciertos suelos las tuberías metálicas se corroen rápidamente, debido al ataque químico o a la destrucción electrolítica. Sin embargo, las sustancias químicas del suelo no afectan a los diferentes termoplásticos que se usan para la conducción del agua potable y, debido a su propiedad de ser aislador eléctrico, no está sujeto al ataque. Puesto que el plástico no está sujeto a tuberculación, en su interior, no existe el peligro de que el tubo se debilite al acumularse en él estas cavidades. Además, los tubos plásticos están exentos de la acumulación de depósitos dentro de los mismos, los cuales reducen las características de flujo de los conductos de otros materiales.

LIMITACIONES POR TEMPERATURA

Los tubos plásticos de cada uno de los termoplásticos de PE, de PVC y de ABS tienen una aplicación limitada en donde pueden ocurrir altas temperaturas. El bicloruro de polivinilo,

(PVDC), recientemente elaborado por la Compañía B.F. Goodrich, se recomienda para aplicaciones en la conducción de líquidos a temperaturas de 93°C o superiores. El Laboratorio de Ensayos de la Fundación Nacional de Saneamiento ha hecho ensayos con este material y lo ha encontrado adecuado para los sistemas de agua potable. Estos ensayos del PVDC han sido realizados en condiciones de exposición de 99°C. Este material, y tal vez otros plásticos actualmente en desarrollo, pueden contribuir a eliminar las limitaciones de temperatura que existen actualmente en la utilización de los plásticos para sistemas de agua caliente. La resistencia del tubo a la distorsión, a temperaturas relativamente altas, está acompañada de buenas propiedades a bajas temperaturas. Estos dos requisitos son necesarios para obtener la mínima variación posible en su funcionamiento, cuando ocurren amplios cambios de temperatura.

ENVEJECIMIENTO

Los fabricantes de materiales plásticos han realizado numerosas investigaciones en relación con las características de envejecimiento de los termoplásticos. La interpretación de los mejores datos disponibles señala que la descomposición del plástico por el envejecimiento normal carece de importancia. Las instalaciones defectuosas y hasta las formas inadecuadas de almacenamiento

pueden acarrear algunos daños a los plásticos que después podrían ser atribuidos, erróneamente, al envejecimiento.

La estabilidad de un material con el envejecimiento se mide usualmente en términos de su habilidad para resistir a las condiciones especificadas, conservando sus propiedades físicas necesarias para su funcionamiento satisfactorio. Debido al corto período en el cual los plásticos han tenido un uso general (menos de 20 años), los datos proporcionados en ensayos acelerados, que regularmente incluyen exposición al calor, a la luz y al oxígeno, deben ser extrapolados, obteniéndose, sin embargo, predicciones de funcionamiento a largo plazo bastante dignas de confianza.

Desde el punto de vista del funcionamiento a largo plazo, el envejecimiento del plástico y su meteorización son importantes. El envejecimiento al resguardo puede ser controlado más eficazmente que la meteorización a la intemperie

ya que, en el primer caso, es posible controlar la temperatura, la humedad, la alta radiación ultravioleta, la acción corrosiva del polvo, del sucio, etc.

A manera de ejemplo, se ofrece el cuadro siguiente, con informaciones de la Marbon Chemical Company, que señala los datos de exposición de los plásticos de ABS.

PROPIEDADES FISICAS

El conocer adecuadamente las propiedades físicas del plástico permite una mejor evaluación de su comportamiento, bajo condiciones de ataque o de uso.

Supongamos que, además de utilizar el tubo plástico para agua potable, lo usamos también para drenaje, evacuación de las aguas servidas y ventilación cloacal. La selección de un material de propiedades físicas convenientes, tomando en consideración su adaptabilidad a los sistemas

CUADRO A—*Datos de exposición de plásticos de ABS*

Condiciones	Control	3 meses	6 meses	9 meses	12 meses
Envejecimiento en estantes, a la temperatura de la habitación:					
Tensión, psi	4480	4580	4490	4800	5060
Impacto Izod					
(dentado), pies libras.....	6,00	—	5,25	—	5,65
Luz solar del sur de la Florida (E.U.A.):					
Tensión, psi	4480	4620	4400	3985	4925
Impacto Izod					
(dentado), pies libras.....	6,00	4,25	3,75	3,75	3,90
Enterramiento, tierra firme de la Florida:					
Tensión, psi	4480	4620	4540	4680	5090
Enterramiento, arena mojada de la Florida:					
Tensión, psi	4480	4680	4500	4770	4860
Enterramiento, greda de Indiana (E.U.A.):					
Tensión, psi	4480	4680	4490	4260	5000
Inmersión en agua salada, Florida:					
Tensión, psi	4480	4650	4550	4730 *	4950 *
Exposición a la orilla del mar, Florida:					
Tensión, psi	4480	4550	4275	—	4400

* Muestras dañadas por lapas cortantes.

de abastecimiento de agua potable (material aprobado según el Sello nSf) y el diseño apropiado del tubo, puede dar por resultado la duplicidad de su utilización. En general, las propiedades más importantes de los plásticos son: resistencia al impacto, resistencia química, relación resistencia/peso, estabilidad dimensional, facilidad de fabricación, protección de la salud pública, y costo del material. Toda una serie de termoplásticos de diferentes categorías cumplen con estos requisitos. Supongamos que escogemos material de ABS para un proyecto determinado. Encontraremos que el ABS puede reunir los requisitos generales para el material, tiene alta resistencia al impacto, alta rigidez, y excelente resistencia a la distorsión por calor a temperaturas entre bajas y moderadas sin peligro de resquebrajamiento.

La resistencia al impacto es una medida de la resistencia del plástico a la rotura cuando se le

somete muy rápidamente a un esfuerzo. El flujo en frío o escurrimiento representa el cambio dimensional cuando el esfuerzo actúa durante un tiempo prolongado.

La atención que se presta al esfuerzo de la fibra refleja la importancia de la resistencia a la tensión del tubo; aquél es una medida del esfuerzo de tensión en sentido circunferencial. Este factor es más importante para su uso a presión, tal como ocurre en la conducción de agua, pero para los ramales y colectores de aguas servidas y tuberías de ventilación cloacal, es preferible la utilización de materiales bien fuertes, a fin de reducir al mínimo la frecuencia de los soportes y la desviación entre éstos.

La Marbon Chemical Company ha suministrado información sobre las propiedades físicas de dos de sus materiales Cycloc ABS. Estos datos están registrados en el cuadro siguiente:

CUADRO B—Propiedades físicas

		CYCOLAC LL	CYCOLAC H	
MECANICAS				
Resistencia a la tensión, psi.....	160°F	2,900	2,900	
	73°F	5,100	5,100	
	-40°F	7,800	7,800	
Módulo tensional, psi.....	73°F	210,000	210,000	
Resistencia a la flexión, 160°F, 73°F.....	-40°F	No hubo falla	No hubo falla	
Resistencia límite a la flexión, psi..... barra de 1/8" x 1" x 4".....	160°F	5,100	4,400	
	73°F	8,000	7,500	
	-40°F	11,800	11,800	
Modulo de flexión, psi.....	160°F	190,000	190,000	
	73°F	240,000	240,000	
	-40°F	260,000	260,000	
Dureza Rockwell		R86	R87	
Gravedad específica		1,04	1,02	
Indice de desgaste, Método de Taber para Pérdida de Volumen, rueda CS-17, peso 1000 g, 73°F, H.R. 50%		25,5	22,7	
Absorción de agua, incremento %, 24 horas, 73°F..		0,2-0,3	0,2-0,3	
<i>Resistencia al impacto</i>				
Resistencia al Impacto Izod, pie libra/diente de pulgada		barra de 1/8"	barra de 1/8"	
	No dentada	73°F	40,0	34,0
	Dentada	73°F	7,5-9,5	5-7
		-20°F	4,5	2,0
		-40°F	2,5	1,5

CUADRO B—Propiedades físicas (cont.)

MECANICAS (cont.)

		CYCOLAC LL	CYCOLAC H
Resistencia al Impacto Charpy, pie libra/diente de pulgada		barra de ¼"	barra de ¼"
No dentada	73°F	40,0	40,0
Dentada	73°F	7,5	4,9
	-20°F	4,0	2,3
	-40°F	3,2	2,0

TERMICAS

Temperatura de deflexión, °F.....	264 psi	196	196
barra de ½" x ½" x 5".....	66 psi	208	208
(no recocida)	carga cero	223	220
Temperatura de deflexión, °F.....	264 psi	224	220
barra de ½" x ½" x 5".....	66 psi	230	225
(recocida)	carga cero	241	231
Coefficiente de expansión térmica lineal para °C....		$10,1 \times 10^{-6}$	$10,4 \times 10^{-6}$
Conductividad térmica			
Btu/hr/pie ² /°F/pulgada		1,35	1,46
Cal/seg/cm ² /°C/cm		$4,64 \times 10^{-4}$	$5,05 \times 10^{-4}$
Inflamabilidad, pulgadas/min.			
barra gruesa de ½".....		1-1,5	1-1,5
Deformación bajo carga, % 24 hr/122°F/2000 psi..		1,60	1,38
Módulo de contracción, %.....		0,5	0,5

ELECTRICAS

Constante dieléctrica			
60 ciclos		3,20	2,87
10 ⁸ ciclos		3,12	2,86
10 ⁹ ciclos		2,90	2,76
Factor de Potencia			
60 ciclos		,005	,005
10 ⁸ ciclos		,007	,006
10 ⁹ ciclos		,014	,009
Resistividad de volumen, ohm-cm.....		$3,54 \times 10^{10}$	$3,80 \times 10^{10}$
Resistencia al arco, seg.....		50	71

Un estudio de este cuadro permite observar que el material de ABS podría ser usado, sin peligro, tanto para sistemas de agua potable como para los de aguas servidas, de lluvia y de ventilación cloacal. Para obtener un diseño apropiado, debe conocerse el esfuerzo de diseño del material.

PROPIEDADES QUIMICAS

Los termoplásticos son generalmente resistentes al ataque de sales, álcalis y ácidos acuosos.

Desde luego, algunos de los ácidos inorgánicos, tales como el sulfúrico y el nítrico, que son muy concentrados, son capaces de producir la desintegración de los plásticos. Los alcoholes, y los aceites animales, vegetales y minerales afectan muy poco a la mayoría de los termoplásticos. Los hidrocarburos aromáticos, solventes clorados, las cetonas y los ésteres, hinchan o disuelven los materiales de ABS y dañan los restantes. Los tubos termoplásticos han sido utilizados para riego, procesamiento químico, industria de petróleo y gas, así como también en instalaciones

de agua potable, sin que sean atacados en exceso. Otras áreas generales de utilización incluyen aplicaciones tales como: conducción de soluciones diluidas de ácido sulfúrico, hipoclorito de calcio y sal, aceites vegetales y ácidos muy grasos y gas cloro. El tubo plástico también se utiliza satisfactoriamente para equipos de acondicionamiento de agua, donde las salmueras y las soluciones débiles de álcalis y ácidos se utilizan sin dificultad.

En el ejemplo anterior sobre el uso de tubos de ABS para tuberías de evacuación de aguas negras y de lluvia, y de ventilación cloacal, no es probable que el tubo se vea afectado en forma

adversa por el contacto con soluciones domésticas tales como cáusticos concentrados, lejías, agua hirviendo, detergentes, jabones, aditivos para tanques sépticos, soluciones débiles de ácido, fosfato trisódico, solventes limpiadores a base de keroseno, aceites minerales, mantecas y grasas, y materiales similares que se descarguen a las cloacas.

El siguiente cuadro reproduce los datos obtenidos por la Marbon Chemical Company, relativos a las características de resistencia química del tubo de ABS. Se puede obtener una información similar sobre otros termoplásticos, pero no se incluye en esta sección.

CUADRO C—Datos sobre resistencia química

I. AGUA

Período de inmersión	Variación de peso (%)	Cambio de apariencia
1 día a temperatura de la habitación.....	+0,28	Ninguno
7 días a temperatura de la habitación.....	+0,47	Ninguno
1 mes a temperatura de la habitación.....	+0,62	Ninguno
12 meses a temperatura de la habitación.....	+0,91	Ninguno
7 días a 160°F.....	+0,88	Ninguno
1 mes a 160°F.....	+1,08	Ninguno
12 meses a 160°F.....	+2,12	Ninguno
Efectos de la tensión		Tensión, psi
Control		4480
6 meses		4330
12 meses		4435

II. ACIDOS

Sustancia	Período de inmersión	Variación de peso (%)	Cambio de apariencia
Acido sulfúrico concentrado.....	2 semanas	—	Superficie carbonizada
Acido sulfúrico al 30%.....	2 semanas	+ 0,35	Ninguno
Acido sulfúrico diluido	2 semanas	+ 0,62	Ninguno
Acido de acumulador (sulfúrico, gravedad específica 1,30)	4 semanas a 150°F	+ 0,22	Ninguno
Acido nítrico concentrado	2 semanas	—	Parcialmente desintegrado
Acido nítrico al 10%.....	2 semanas	+ 0,59	Tono amarilloso
Acido clorhídrico concentrado.....	2 semanas	+ 1,52	Sombra gris
Acido clorhídrico al 10%.....	2 semanas	+ 0,40	Ninguno
Acido fosfórico concentrado.....	2 semanas	— 0,11	Ninguno
Acido fosfórico al 10%.....	2 semanas	— 0,54	Ninguno
Acido acético concentrado.....	2 semanas	+23,70	Ablandado
Acido acético al 5%.....	2 semanas	+ 0,60	Ninguno
Acido acético al 12%.....	12 meses	+ 0,75	Ninguno
Acido láctico al 25%.....	2 semanas	+ 0,47	Ninguno
Acido oleico	2 semanas	+ 0,17	Ninguno
Acido cítrico al 10%.....	12 meses	+ 0,74	Ninguno
Acido crómico al 6%.....	12 meses	+ 0,71	Sombra parduzca

CUADRO C—Datos sobre resistencia química (cont.)

II. ACIDOS (cont.)

Sustancia	Período de inmersión	Variación de peso (%)	Cambio de apariencia
<i>Efectos en la apariencia</i>			
Acido salicílico	2 semanas		No hubo efectos
Acido oleico	2 semanas		No hubo efectos
Acido cítrico	2 semanas		No hubo efectos
Acido palmítico	2 semanas		No hubo efectos
Acido mirístico	2 semanas		No hubo efectos
Acido esteárico	2 semanas		No hubo efectos
Acido benzoico	2 semanas		No hubo efectos

Efectos de la tensión

Sustancia	Período de inmersión	Tensión, psi
Acido sulfúrico al 10%	Control	4480
Acido sulfúrico al 10%	6 meses	4350
Acido sulfúrico al 10%	12 meses	4516
Acido nítrico al 10%	Control	4480
Acido nítrico al 10%	6 meses	4290
Acido nítrico al 10%	12 meses	4650

III. ALCALIS

Sustancia	Período de inmersión	Variación de peso (%)	Cambio de apariencia
Hidróxido de sodio al 50%	2 semanas	— 0,12	Ninguno
Hidróxido de sodio al 10%	2 semanas	+ 0,43	Ninguno
Hidróxido de sodio al 1%	2 semanas	+ 0,59	Ninguno
Hidróxido de amonio concentrado	2 semanas	+ 1,46	Ninguno
Hidróxido de amonio al 10%	2 semanas	+ 1,22	Ninguno
Hidróxido de potasio al 40%	4 semanas a 150°F	+ 0,11	Ninguno

Efectos de la tensión

Sustancia	Período de inmersión	Tensión, psi
Hidróxido de sodio al 10%	Control	4480
Hidróxido de sodio al 10%	6 meses	4360
Hidróxido de sodio al 10%	12 meses	4650
Hidróxido de amonio al 10%	Control	4480
Hidróxido de amonio al 10%	6 meses	3890
Hidróxido de amonio al 10%	12 meses	4100

IV. SOLUCIONES SALINAS

Sustancia	Período de inmersión	Variación de peso (%)	Cambio de apariencia
Cloruro de sodio al 10%	2 semanas	+ 0,45	Ninguno
Cloruro de calcio al 2½%	12 meses	+ 0,77	Ninguno
Cloruro de amonio saturado	12 meses	+ 0,39	Ninguno
Nitrato de plata al 2½%	12 meses	+ 0,84	Laminado muy leve
Fluoruro de sodio al 4%	12 meses	+ 0,59	Ninguno
Cloruro de zinc saturado	12 meses	+ 0,003	Ninguno
Pasta de cloruro de zinc	15 meses	+ 0,01	Ninguno
Nitrato de amonio al 10%	12 meses	+ 0,57	Ninguno
Carbonato de sodio al 10%	12 meses	+ 0,65	Ninguno
Bromuro de potasio al 3%	12 meses	+ 0,78	Ninguno
Sulfato de cobre al 10%	12 meses	+ 0,76	Ninguno

CUADRO C—Datos sobre resistencia química (cont.)

V. SOLVENTES ORGANICOS

Sustancia	Período de inmersión	Variación de peso (%)	Cambio de apariencia
Alcohol etílico al 95%	2 semanas	+ 2,06	Ninguno
Alcohol etílico al 95%	2 semanas	+ 0,68	Ninguno
Alcohol isopropílico	2 semanas	— 0,08	Ninguno
Glicerina	2 semanas	— 0,14	Ninguno
Keroseno	2 semanas	+ 0,07	Ninguno
Combustible SR-6	2 semanas	+31,6	Expandido
Combustible SR-10	2 semanas	— 0,01	Ninguno
Tetracloruro de carbono	2 semanas	+183	Expandido
Cloroformo	2 semanas	—	Disuelto
Eter etílico	2 semanas	—	Ablandado
Alcohol metílico	12 meses	+27	Expandido
Glicol etilene	12 meses	+ 0,15	Ninguno
Ciclohexano	12 meses	+ 0,51	Levemente expandido
Solvente C Skelly	12 meses	+ 0,25	Ninguno
Gasolina de aviación	12 meses	+ 0,09	Ninguno
Trementina	12 meses	+ 0,31	Ninguno

VI. ACEITES Y GRASAS

Sustancia	Período de inmersión	Variación de peso (%)	Cambio de apariencia
Aceite ASTM No. 3	2 semanas	+ 0,08	Ninguno
Aceite de motor Sinclair, liviano	2 semanas	+ 0,05	Ninguno
Aceite Wesson	2 semanas	— 0,03	Ninguno
Aceite crudo sulfuroso	12 meses	+ 1,08	Color azulado
Aceite de pescado	2 semanas	—	Ninguno
Aceite de la producción de pulpa química de madera	2 semanas	—	Ninguno
Aceite de maíz	2 semanas	—	Ninguno
Aceite mineral	2 semanas	—	Ninguno
Aceite alcanforado	2 semanas	—	Ninguno
Petrolato líquido	2 semanas	—	Ninguno
Lanolina	2 semanas	—	Ninguno

Efectos de tensión

Sustancia	Período de inmersión	Tensión, psi
Detergente "All" al 5%	Control	4480
Detergente "All" al 5%	6 meses	4340
Detergente "All" al 5%	12 meses	4470
Aceite de motor Sinclair, liviano	Control	4480
Aceite de motor Sinclair, liviano	6 meses	4730
Aceite de motor Sinclair, liviano	12 meses	4900
Aceite crudo sulfuroso	Control	4480
Aceite crudo sulfuroso	6 meses	4540
Aceite crudo sulfuroso	12 meses	4875

VII. MISCELANEOS

Sustancia	Período de inmersión	Variación de peso (%)	Cambio de apariencia
Peróxido de hidrógeno al 3%	12 meses	+ 1,03	Amarillento
Lysol	12 meses	+21	Ablandado
Brea para tubos	2 semanas	—	Leve amarilleamiento
Jabón de Castilla	2 semanas	—	Ninguno
Solución de jabón de Castilla al 10%	2 semanas	—	Ninguno
Clorox	2 semanas	+ 0,39	Ninguno
Trietanolamina	2 semanas	—	Ninguno
Alcanfor en escamas	2 semanas	—	Ninguno

CUADRO C—Datos sobre resistencia química (cont.)

RESISTENCIA QUIMICA COMPARATIVA
PLASTICOS ABS Y METALES

Sustancia	ABS	Acero al carbono	Acero al cromo níquel	Cobre
Acido sulfúrico al 10%.....	Excelente	Pobre	Pobre	Pobre
Acido sulfúrico al 50%.....	Excelente	Pobre	Pobre	Pobre
Acido clorhídrico al 10%.....	Excelente	Pobre	Pobre	Pobre
Acido nítrico al 10%.....	Buena	Pobre	Excelente	Pobre
Acido acético al 10%.....	Excelente	Pobre	Buena	Mediana
Hidróxido de sodio al 10%.....	Excelente	Excelente	Excelente	Mediana
Hidróxido de sodio al 50%.....	Excelente	Excelente	Excelente	Mediana
Hidróxido de amonio.....	Excelente	Excelente	Excelente	Pobre
Cloruro de sodio.....	Excelente	Mediana	Buena	Buena
Cloruro férrico.....	Excelente	Pobre	Pobre	Pobre
Sulfato de cobre.....	Excelente	Pobre	Excelente	Pobre
Nitrato de amonio.....	Excelente	Mediana	Excelente	Pobre
Sulfuro de hidrógeno hidratado.....	Excelente	Mediana	Buena	Pobre
Cloro hidratado.....	Excelente	Pobre	Pobre	Pobre
Dióxido de azufre hidratado.....	Excelente	Pobre	Mediana	Buena
Gasolina.....	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
Bencina.....	Pobre	Excelente	Excelente	Excelente
Tetracloruro de carbono.....	Pobre	Excelente	Excelente	Excelente
Acetona.....	Pobre	Excelente	Excelente	Excelente
Alcohol.....	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente

(Estas clasificaciones aparecieron en el artículo "Cómo y cuándo usar tubos plásticos", por G. Sorell, M. W. Kellogg Company, New York, N.Y., en la revista *Chemical Engineering*, 23 de marzo de 1959.)

Existen muchos informes, no confirmados, acerca de los ataques de roedores a los tubos plásticos en instalaciones. Los informes provenientes del oeste de los Estados Unidos han mencionado la destrucción de tubos plásticos por ardillas terrícolas y otros roedores. Informes procedentes de Pensilvania mencionan que los cerdos y las marmotas atacan los tubos plásticos para obtener agua, y en informes similares de la región septentrional de los Estados Unidos y del Canadá se habla de erizos y puercoespines. Nunca se ha recibido evidencia confirmada de que tales ataques sean generales o aun ocasionales. En las investigaciones sobre termoplásticos de la Fundación Nacional de Saneamiento se estudió este problema. El procedimiento seguido durante dichos estudios y los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Condicionamiento

1) En las horas del día, las ratas fueron alimentadas con raciones reducidas, calculadas para

impedir la muerte por hambre. En las horas de la noche, se les dejó sin alimento y sin agua. Esto las mantuvo en buena salud y con resistencia, pero al mismo tiempo con hambre. En los fines de semana se paralizaba temporalmente el experimento, y las ratas recibían raciones completas.

2) Cuatro ratas de la misma especie fueron colocadas en jaulas dobles, con una barrera parcial que consistía en una placa metálica con un orificio cerca del centro, de tamaño suficiente para que cupiera la rata más grande. Se colocaron alimentos y agua del lado opuesto de la barrera. Durante tres días, las ratas fueron condicionadas para pasar a través del orificio para obtener alimentos y agua. Una caja de madera para que sirviera de nido fue colocada en el compartimiento que no contenía alimentos. Con una sola excepción, todas las barreras de tubería fueron instaladas horizontalmente.

Horario del ensayo

Cada día, después del período de condicionamiento, a las 5 p.m., se removía la barrera parcial y se reemplazaba con barreras de tubos, repre-

sentando a cada grupo de tubos plásticos. A la mañana siguiente, se reemplazaba la barrera parcial y se colocaban raciones reducidas en el compartimiento para alimentos. Cada mañana se examinaban cuidadosamente los tubos y se mantenía un registro de los resultados. Los tableros de ensayo de tubos plásticos se intercambiaban a diario, a fin de que el mayor número posible de ratas tuviese oportunidad de roer. En las barreras de tubos plásticos, cada tubo estaba expuesto en dos formas, una cortada, presentando un borde roíble y otra en su forma redondeada sin presentar estos bordes.

Duración del experimento

El experimento duró tres meses o menos, pues si con la misma colonia de ratas no se obtenían resultados en ese tiempo, las ratas perdían gradualmente su eficiencia en el roer. Esta disminución se debía a que las ratas aprendían que podían esperar para obtener alimento en el día, y pararían de roer.

Las investigaciones incluyeron tanto un borde roíble como la carencia de éste, para imitar las condiciones reales de uso de los plásticos, tales como juntas, o fracturas que pueden ocurrir en el momento de la instalación o por accidente.

Al interpretar los resultados de la investigación, debe tomarse en cuenta el hecho de que existe una habilidad aparente de las ratas, para roer todo material de dureza inferior al esmalte de sus dientes, y por lo tanto muy pocos materiales pueden ser considerados absolutamente a prueba de ratas. Los roedores deben roer materias duras para contrarrestar el crecimiento de sus dientes, pues de otra manera sus dientes crecerían tanto que romperían sus mandíbulas o provocarían su muerte por hambre. Por tanto, es aparente que la mayoría de los materiales pueden ser considerados sólo relativamente a prueba de ratas.

Controles

Con fines de comparación, se prepararon dos jaulas adicionales, una con una barrera de tubos de acero galvanizado y otra con una barrera de tubos de cobre.

Resultados

Los resultados de estos experimentos aparecen en el cuadro D.*

No hubo evidencia definitiva de que el plástico fuese comido en ningún caso, como lo demostró la presencia de raspaduras o briznas. Se obtuvieron evidencias de ataques en todos los casos en que se presentaba a las ratas un borde susceptible de ser roído. Los resultados obtenidos con los tubos de PVC indican que no hay penetración cuando no presentan esos bordes, aun cuando uno de estos tubos mostró marcas de roeduras en varias partes, aunque sin penetración, con 48 noches de exposición. Por otra parte, el polietileno, posiblemente debido a su naturaleza más blanda, fue penetrado fácilmente en ocho noches, sin el borde y en una noche cuando se presentaba el borde. El poliestireno modificado al caucho mostró signos de ataque cuando se presentaba entero, pero no hubo penetración de ocho a 19 noches. El mismo tubo fue horadado completamente al exponerle a las ratas un borde que podía ser roído.

El tubo de butirato de acetato de celulosa, con el borde roíble, presentó evidencias de extensa roedura; en el mismo tubo sin el borde se observó gran cantidad de roedura, lo mismo que penetración del tubo, evidente por la presencia de un orificio de buen tamaño en la 13ª noche en un caso y en la 29ª en el otro.

Se observaron leves rasguños en el tubo de cobre expuesto sin borde roíble, y ninguno en los tubos de acero galvanizado. No se observaron efectos adversos en estos tubos metálicos.

Cuando se llenaron con agua tubos de metal y de cada clase de plásticos, tapándoles ambos extremos y colocándolos junto a las paredes de las jaulas de las ratas a las que se había dado alimentos pero negado agua, no hubo signos de ataque en ninguno de los materiales ensayados.

Aunque la variedad negra o gris de las ratas parece ser relativamente más agresiva hacia el tubo plástico, la variedad parda también demostró su habilidad para horadarlo.

Estos resultados demuestran que, bajo las condiciones de los experimentos, el tubo plástico es susceptible al ataque de las ratas. El material no fue usado como alimento, pero fue atacado para poder alcanzar alimentos y agua cuando el material constituía un obstáculo para ello y las ratas estaban privadas de comida y bebida. También debe recordarse que las ratas fueron condicionadas para atacar el tubo plástico, y que, en condiciones naturales, con una serie de factores impo-

* Cuadro 44 del Informe sobre Plásticos de la FNS.

CUADRO D—Resistencia del tubo plástico a la perforación por ratas salvajes

No. del plástico	Clase	Forma de exposición	Exposición total (noches)	Primera evidencia de ataque	Penetración y/o brechas *	Tipo de las roeduras
100	PVC	Tubo entero	27	1ª noche, algunas marcas en la pieza No. 2	Ninguna penetración, ninguna brecha	Ninguna marca después de la primera noche
140	PVC	Borde roíble	2	2ª noche	Penetración y brecha, 2ª noche	Briznas menudas
140	PVC	Entero	48	11ª noche	Roedura extensiva, sin penetración ni brecha	Briznas menudas
240	PVC	Entero	8	Ninguna	Ninguna	
320	PVC	Entero	8	Ninguna	Ninguna	
110	RMP	Entero	19	10ª noche, Nos. 2 y 3 roídas en varias partes	Sin penetración	Partículas medianas
230	RMP	Entero	30	13ª noche, pequeña área roída	Sin penetración	Partículas finas
230	RMP	Borde roíble	1	1ª noche, No. 2 roída completamente	Penetración y brecha, 1ª noche	Partículas finas
150	P	Borde roíble	6	2ª noche, leve roedura en el borde	Penetración y brecha, 6ª noche	Partículas gruesas
150	P	Entero	8	8ª noche, No. 3 casi roída en dos	Penetración y brecha, 8ª noche	Partículas gruesas
180	CAB	Entero	19	2ª noche, algunas marcas en la No. 2	Penetración en la 13ª noche, pero sin brecha	Partículas muy finas
200	CAB	Borde roíble	2	1ª noche, leve roedura; 2ª noche, roedura extensa	Sin brecha	Partículas gruesas
200	CAB	Entero	29	Extensa roedura a través de todo el período de exposición	Penetración en la 29ª noche, pero sin brecha	Partículas muy finas
Cobre		Borde roíble	15	11ª noche, finos rasguños superficiales	Idem en 15ª noche	
Acero galvanizado		Borde roíble	15	Ninguna	Ninguna	

* Penetración se refiere solamente a la rotura de la pared del tubo; brecha se refiere a la obtención de un acceso al agua y al alimento.

sibles de imitar bajo las condiciones controladas del Laboratorio, podrían haber atacado o no. Además, tal como ya se ha indicado, casi todos los materiales compuestos deben considerarse sólo relativamente a prueba de ratas.

De este estudio se concluyó que los roedores no

atacarán el tubo plástico si están en libertad, y si existe otro acceso a posibles alimentos o al agua.

Los diferentes termoplásticos pueden dar un servicio satisfactorio bajo todas las condiciones conocidas de uso en abastecimientos de agua potable.

CAPITULO 10

Los puntos de vista de la industria en relación con los plásticos, incluyendo las actividades del Instituto de Tubos Plásticos

En la actualidad, la industria de los plásticos está creciendo rápidamente en los Estados Unidos, siendo una de las pocas cuya producción alcanza miles de millones de dólares. Los plásticos representan un gran negocio para muchos pequeños fabricantes en todo el país, quienes están manufacturando casi toda clase de artículos o productos con algún tipo de plástico. El sector dedicado a los tubos plásticos, ha crecido desde una industria con un volumen de ventas de aproximadamente \$500.000 en 1948, a más de \$60.000.000 en 1961. Sin temor a exagerar, se puede predecir que el volumen de ventas de tubos plásticos y sus accesorios, sobrepasará los \$350.000.000 para 1972.

Quizás se pregunte cómo es posible que se realice este crecimiento durante un período de 10 años. Las predicciones de los hombres clave en la industria de tubos plásticos están basadas en los siguientes factores básicos, entre los muchos que pueden considerarse:

1) Normas globales que incluyan los requisitos tanto de los materiales como de servicio. Estas normas están siendo elaboradas por la industria, con la estrecha colaboración de los usuarios de los productos, organismos reguladores y entidades no oficiales, como la Fundación Nacional de Saneamiento.

2) Mayor aceptación, a través de códigos y otras disposiciones reguladoras, en todo el país, a nivel estatal y municipal. Tal aceptación está

tomando auge rápidamente y continuará haciéndolo, a medida que más organismos importantes adopten reglamentos realísticos, que permitan el uso de tubos plásticos de calidad en aplicaciones apropiadas.

3. El mercado potencial de aplicación a los sistemas de desagüe de aguas servidas y pluviales y ventilación cloacal (DWV—*Drain-Waste and Vent Piping*). Este sector de aplicación está recibiendo hoy en día un gran estímulo debido a la promulgación de las normas comerciales aplicables a los tubos DWV, fabricados con materiales de PVC y de ABS.

4) Aumento de las instalaciones de alcantarillas y cloacas de plástico. El uso de compuestos plásticos de calidad ampliará la aceptación de las cloacas y tuberías plásticas para aguas de lluvia.

5) Técnicas superiores de fabricación y mejores materiales para juntas. Constantemente se están realizando progresos en esta área, lo cual será de gran ayuda en la elaboración de productos de mejor calidad a precios más bajos.

6) Advenimiento de nuevos materiales con una mayor resistencia al impacto y a las temperaturas más elevadas. Continuamente se están desarrollando nuevos materiales que tienen cualidades más deseables, tales como los nuevos materiales de PVDC que son resistentes a temperaturas más elevadas, con los que ya se están produciendo tubos.

7) Mayores sectores de la industria, tal como los fabricantes de tubos de metal, que se están dedicando al campo de los tubos plásticos, apor-

tando sus grandes recursos técnicos a esta industria. Los grandes fabricantes de equipos muy especializados, están desarrollando un equipo especial de alta velocidad para la producción más efectiva de tubos plásticos.

8) Creciente cooperación con los sindicatos de plomeros y otras ramas de la construcción, en el entrenamiento de artesanos para la instalación adecuada de tubos y accesorios termoplásticos. Esta tendencia aumentará a medida que los dirigentes de los organismos reguladores oficiales adopten las revisiones de los códigos de instalaciones sanitarias que permitan el uso de los tubos plásticos en las viviendas.

9) La expansión natural de todos los mercados debido al crecimiento, aumentos del número de viviendas, construcciones industriales y facilidades de saneamiento. Estos factores tendrán gran influencia en el crecimiento de la industria de los plásticos en la próxima década.

10) Educación del público, arquitectos, contratistas, agentes de compra, en forma continua y creciente, sobre las diferentes clases de tubos plásticos disponibles, la forma en que pueden ser especificados y cómo deben ser usados. La aceptación, siempre en aumento, de los tubos plásticos para tuberías, descubre constantemente nuevos horizontes para el uso de éstos. El mal uso o las erradas aplicaciones durante el pasado han influenciado adversamente a muchos organismos reguladores.

Los miembros directivos de la industria plástica confían en que las nuevas normas para tubos que han de trabajar a presión, de materiales de polietileno, de PVC y de ABS, resultarán en un mayor uso de estos materiales. De acuerdo con las nuevas normas, todos los plásticos rígidos para el servicio a presión, tendrán diámetros exteriores iguales a los de las tuberías de acero. Todos los tipos más importantes mencionados anteriormente, tendrán una clasificación de presiones según las normas. Para el usuario de los tubos, las nuevas normas se traducirán en una mayor facilidad para comprar los productos y en una mayor certeza de que los tubos rendirán un servicio satisfactorio en cada una de las categorías principales y, para cumplir con las normas comerciales, el tubo deberá llevar el Sello de Aprobación nSf. Como ya se ha dicho, este Sello

significa que el tubo está en conformidad con las varias pruebas especificadas en las normas y que cumple con los requisitos toxicológicos y organolépticos de la Fundación Nacional de Saneamiento.

La industria ha reconocido que uno de sus mayores obstáculos para lograr que los tubos plásticos sean aceptados por los códigos oficiales, es el acatamiento absoluto de las normas reconocidas. Los funcionarios de los acueductos y los ingenieros sanitarios estatales han decidido que, además de las propiedades no tóxicas de los tubos plásticos aprobados, quieren tener la seguridad de que el tubo plástico satisface las normas sobre propiedades físicas; en otras palabras, quieren que el tubo retenga el agua.

La industria puede visualizar amplios usos para cada uno de los tres tipos de tubos plásticos mencionados previamente, así como también un mayor uso del polipropileno. En la actualidad, un 90% de los tubos plásticos manufacturados son de PE, de PVC y de ABS. El polietileno ha estado a la cabeza entre estos tres tipos, pero los de PVC y de ABS están ganando terreno rápidamente. El principal uso del polietileno ha sido en la producción de tuberías para sistemas de riego de jardines, tuberías para regadío de granjas y en pozos de agua. También se emplea a veces el polietileno para conducción de gas y se está considerando su uso para conductos eléctricos, tuberías para la distribución de gas natural y en campos petrolíferos. El material de PVC, rígido y no plastificado, se usa en la distribución de agua y gas, para riego y, en especial, en los procesos químicos. La aceptación del PVC para conductos eléctricos está aumentando, bajo la aprobación del *Underwriters Laboratory*. La mayor utilización de los tubos de ABS es en la conducción de agua y en la manipulación de gas. La aplicación potencial de los tubos de PVC y de ABS en los sistemas de drenajes, de evacuación de aguas servidas y de ventilación cloacal en viviendas, es muy grande. Muchas zonas permiten el uso de estos materiales en forma experimental y en algunas ciudades de los Estados Unidos, las normas de construcción han sido

modificadas para permitir el uso de los plásticos en dichas instalaciones.

De los siguientes materiales, dicloruro de polivinilo, acetal, epoxia y poliéster reforzados, poliéster clorado, epoxia fenólico y polipropileno, parece que el polipropileno tiene las mayores posibilidades de aplicación en el futuro inmediato. Se espera aumentar su producción y encontrarle mayores usos en el manejo del petróleo crudo, en la disposición de agua salada, en la distribución de gas y en el campo del agua potable. Es posible que el dicloruro de polivinilo se utilice en aplicaciones de agua caliente, aunque parece que serán necesarios más experimentos antes de que pueda utilizarse de forma general.

La industria de tubos plásticos ha hecho grandes progresos durante la década pasada y seguramente sus dirigentes reconocen que el éxito a largo plazo de dicha industria depende de la fabricación de productos de calidad, ya que están en competencia con las industrias de tubos metálicos, que están en el mercado y son especificados e instalados con base en muchos años de servicios y la normalización de dimensiones. La División de Tubos Termoplásticos de la Sociedad de la Industria de los Plásticos y su sucesor actual, el "Instituto de Tubos Plásticos", han trabajado vigorosa y diligentemente para desarrollar normas dimensionales y de servicio para los diferentes tipos de tubos y accesorios plásticos, los cuales asegurarán al público la calidad del producto. El Laboratorio de Ensayos de la Fundación Nacional de Saneamiento ha ayudado a la industria plástica en este esfuerzo, efectuando la evaluación científica de sus productos, relacionada con su adaptabilidad, para usos donde la seguridad de la salud pública es de gran importancia. La industria ha desarrollado normas de servicios aceptables y sus productos están siendo aceptados ahora en los códigos, permitiendo su utilización bajo condiciones especificadas.

Los siguientes fragmentos del Código de Plomería del Estado de Virginia, muestran la tendencia existente en los Estados Unidos, de

aceptar los tubos plásticos para usos donde entre en juego la salud pública:

Capítulo 4: Juntas y conexiones

4.2.14 Juntas plásticas: Todas las juntas de tubos plásticos sólidos para desagüe se soldarán con solvente. Todas las juntas se harán de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

Capítulo 10: Abastecimiento y distribución del agua

10.10.1 Tubos de distribución de agua, tuberías y accesorios: Los materiales de los tubos y tuberías de distribución de agua serán de bronce, cobre, plomo, hierro fundido, hierro forjado, hierro al hogar abierto, acero o plástico. Todos los tubos y accesorios de hierro, roscados, serán galvanizados (recubiertos de zinc) o recubiertos con cemento. Todos los tubos y accesorios de hierro que sean colocados en suelos corrosivos serán alquitranados y las juntas roscadas se cubrirán y envolverán después de la instalación. Los tubos y accesorios plásticos pueden usarse en un sistema de agua potable solamente para las conexiones domiciliarias y en el sistema de tuberías para agua fría fuera del área de construcción o fundaciones. Los tubos y conexiones plásticos, cementos plásticos y lubricantes para roscas para tubos plásticos rígidos, deben haber recibido el Sello de Aprobación de la Fundación Nacional de Saneamiento y el fabricante, material y marca de fábrica, deben estar incluidos en la "Lista del Sello de Aprobación de Materiales, Tubos y Accesorios Plásticos para Sistemas de Abastecimientos de Agua Potable", compilada y publicada por el Laboratorio de Ensayos de la FNS, Ann Arbor, Michigan. Todo el material plástico mencionado, en el sitio de instalación, debe ostentar en forma visible el mencionado Sello de Aprobación. Todo el material plástico usado también deberá estar de acuerdo a las normas apropiadas especificadas en la Tabla 3.5.

Capítulo 11: Sistema de desagüe

11.1.5 Sistemas de residuos ácidos: Los sistemas de desagües separados para desechos ácidos, serán de materiales resistentes a la corrosión, aprobados por la autoridad administrativa. Los materiales que pueden ser usados en tales sistemas incluyen: el hierro fundido con un alto contenido de silicón; tubos de vidrio de boro-silicato, pre-

tensado de baja expansión; tubos plásticos; tubos recubiertos de plásticos y tubos de plomo. Cuando la autoridad administrativa así lo apruebe, podrán utilizarse tubos de arcilla vitrificada y materiales para juntas a prueba de ácidos, bajo tierra, dentro del área de construcción, siempre que se coloquen con envoltura o riñón de concreto simple o armado, en forma tal, que soporten la sobrecarga anticipada.

11.2.1. Zanjas separadas: La cloaca del edificio, cuando se instala en una zanja separada de la tubería de distribución de agua, será de hierro fundido para drenaje, arcilla vitrificada, concreto, fibra bituminizada, asbesto-cemento o tubos plásticos para cloacas. Las juntas se harán herméticas y a prueba de raíces.

Capítulo 13: Colectores de agua de lluvia

13.1.5. Drenajes subterráneos: Los drenajes subterráneos serán de arcilla o concreto, con juntas abiertas o con perforaciones o ranuras horizontales; o fibra bituminosa, asbesto-cemento o tubos plásticos perforados. Todas las tuberías de desagües subterráneas serán de 4 pulgadas como mínimo. Cuando esté sujeto a inundación, el sistema se protegerá mediante una válvula de retención, ubicada en lugar accesible. Los desagües subterráneos pueden descargarse a un albañal con sifón accesible, o a un sumidero con o sin ventilación.

13.2.5. Cloaca de aguas de lluvia del edificio: La cloaca de aguas de lluvia del edificio será de hierro fundido para desagüe, arcilla vitrificada, concreto, fibra bituminizada, asbesto-cemento o tubos plásticos para desagües.

Muchos estados y numerosas ciudades de los Estados Unidos, han decidido permitir el uso del tubo plástico para aplicaciones específicas.

Esta clase de aceptación por parte de los organismos oficiales no podría esperarse en nuestra cultura moderna si la industria interesada no fuese sincera en sus esfuerzos para producir productos de una calidad tal que puedan cumplir con normas aceptables. Desde el punto de vista de las autoridades de salud pública, las normas físicas para los tubos que conducen agua potable son tan importantes para la aceptación de dichos tubos como la seguridad sanitaria de los materiales usados en su fabricación.

Las nuevas normas de la industria de los plásticos para los tubos, son muy significativas y valiosas por una serie de razones, no sólo desde el punto de vista de la industria, sino también del interés de los organismos oficiales y del público:

1) Las nuevas normas proporcionan una serie de tamaños de tubos con presiones de clasificación constantes. Las presiones de clasificación se basan en las categorías de los esfuerzos de diseño, dentro de las cuales se cataloga cada material específico. La catalogación de los materiales está basada en un método uniforme de pruebas y en un criterio uniforme del esfuerzo de diseño para todos los materiales, desarrollados después de un estudio de ingeniería de cinco años, realizado por el Comité de Esfuerzo Hidrostático de Diseño del Instituto de Tubos Plásticos. Basándose en el "Método tentativo para determinar los esfuerzos hidrostáticos a largo plazo y los esfuerzos hidrostáticos de diseño de tubos termoplásticos", el Comité continúa recomendando a los fabricantes esfuerzos de diseño apropiados para nuevos materiales, a medida que dichos materiales se ofrecen a la venta para ser utilizados en tubos plásticos. Estos esfuerzos de diseño están basados en ensayos a largo plazo de tubos fabricados con los nuevos materiales. Las categorías de esfuerzos de diseño son seleccionadas de una secuencia de números, cada uno un 25% mayor que el precedente. Así que, además de proporcionar una base sólida de ingeniería en el diseño de los tubos plásticos, sólo las mejoras significativas en las propiedades del material, conducen a un aumento en la presión de clasificación. Ningún material se considera mejor que uno existente, a menos que sea un 25% mejor, o sea, que un material nuevo que pueda proveer datos indicando un esfuerzo de diseño de 951 psi, sería considerado como de 800 psi, porque no es 25% mejor que el esfuerzo de diseño establecido de 800 psi para materiales existentes. Las categorías de esfuerzos de diseño establecidas por la industria son las siguientes: 500, 630, 800, 1.000, 1.250, 1.600 y 2.000 psi. La siguiente categoría de esfuerzo de diseño será de 2.500 psi. Los materiales pertenecientes a estas categorías varían desde ciertas resinas de polietileno Tipo II de 500 psi, hasta el PVC Tipo I de 2.000 psi.

2) Las presiones de clasificación bajo las nuevas normas también se normalizaron a intervalos de

25%. Las presiones de clasificación normales han sido fijadas en 63, 80, 125, 160, 200 psi, etc.

3) Con esfuerzos de diseño y presiones de clasificación especificadas y fijadas a intervalos de 25%, el número de series dimensionales está también limitado a intervalos de 25% de Relaciones Dimensionales Normales (SDR), del diámetro al espesor de la pared. Los detalles relacionados con las Relaciones Dimensionales Normales, pueden encontrarse en las normas comerciales publicadas para los tubos de PE, PVC o ABS. Estas normas proporcionan un sistema sólido y técnicamente cabal, con el cual los nuevos materiales pueden ser evaluados y añadidos a la "Lista", cuando se ha demostrado su posibilidad de uso en sistemas a presión. Este procedimiento es ahora un requisito especificado en los contratos de la Fundación Nacional de Saneamiento que rigen el uso de la insignia nSf en los tubos plásticos.

4) Las normas también incluyen requisitos de calidad muy estrictos, que aseguran que los materiales están siendo utilizados en forma apropiada en la producción de tubos. Solamente cuando el tubo llena todos los otros requisitos exigidos por las normas, puede ser considerado para la asignación de la presión de clasificación apropiada al material usado en su fabricación.

Se ha comentado, en primer lugar, la actitud de la industria, en relación con el sector dedicado a la fabricación de tubos plásticos. Hay otro sector relacionado específicamente con los tubos plásticos y es el del moldeado. Los accesorios que se usan para unir los tubos plásticos están hechos, principalmente, por el método de moldeado por inyección. Los industriales de este sector están dedicados a fabricar productos de calidad, tal como los productores de tubos plásticos. El moldeador de accesorios coopera estrechamente con los productores de tubos, y constantemente trata de cumplir normas de calidad más estrictas en la fabricación de accesorios. Se da cuenta de que una instalación de tubería no es mejor que la conexión más débil que se ha usado para empalmar los tubos. Debido a la gran variedad de tamaños, formas, tipos y materiales usados en la producción de accesorios, este sector de la industria plástica ha sido más

lento en llegar a normas aceptables para sus productos. Las Normas de Accesorios están ya en la etapa final de desarrollo y deberán ser aceptadas por la industria antes de fin de año.

Durante 1963, la División de Tubos Termoplásticos de la Sociedad de la Industria de Plásticos, cambió su nombre por el de Instituto de Tubos Plásticos. Los objetivos generales del Instituto están establecidos en sus Estatutos en la forma siguiente:

a) Constituir un cuerpo especial de aquéllos dentro de la Sociedad, de acuerdo con sus reglas y estatutos, dedicado a la promoción de un mercado cada vez más amplio para los tubos plásticos y productos relacionados.

b) Promover y realzar el prestigio de la industria de los tubos plásticos y sus productos, mediante el uso de escritos, disertaciones, libros, folletos, charlas, publicaciones y otros medios, publicidad, instrucción, propaganda y actividades similares.

c) Estudiar, en forma general, los tubos y productos relacionados, con el objetivo de mejorar continuamente la fabricación y mercado de los tubos plásticos.

d) Recopilar y distribuir información estadística y de otra clase, de interés para el público y la industria.

e) Conducir encuestas y evaluaciones de oportunidades para la expansión de ventas de tubos plásticos y productos relacionados, compatibles con los mejores intereses de la industria plástica en general.

f) Colaborar con los sectores privados o gubernamentales, para el avance de los mejores intereses de la industria y de sus empleados.

g) Promover normas de calidad y procedimientos dentro de la industria, y establecer marcas de pureza y calidad reconocidas que demuestren el cumplimiento de las normas establecidas.

h) Establecer procedimientos de pruebas uniformes.

El Instituto de Tubos Plásticos está compuesto, además de los funcionarios y asesores, por dos divisiones: la División de Investigación del Mercado y la División Técnica.

La División de Investigación del Mercado tiene la responsabilidad de mantener nexos con

otros grupos de la industria interesados en los tubos plásticos y sus aplicaciones, así como también la de determinar dónde hay necesidad de normas adicionales, actividades de relaciones públicas y cualquiera otra actividad que pueda estar dentro del radio de interés para los propósitos generales del Instituto. Esta División es la que trabaja con los organismos gubernamentales en un esfuerzo para obtener la aceptación de los tubos plásticos en los códigos. La División de Investigación del Mercado se interesa principalmente en la promoción de las propiedades ventajosas de los tubos plásticos y accesorios.

En la División de Investigación del Mercado se han establecido los siguientes comités:

El *Comité de Instalaciones Sanitarias*, que considera los problemas relacionados con los sistemas de agua potable para viviendas unifamiliares y granjas, así como también problemas de desagüe de aguas de lluvia, aguas servidas, sistemas de ventilación cloacal y cloacas.

El *Comité de Servicios Públicos y Privados*, cuyas actividades incluyen los sistemas de acueductos municipales, redes de alcantarillas municipales, sistemas de distribución de gas natural y sus ramales de servicio, reforros y líneas de comunicación.

El *Comité de Riego*, que se ocupa de los problemas relacionados con los sistemas de rociamiento, tanto en la agricultura como en la industria, sistemas de riego, tales como los de campos de golf, que no son sistemas públicos o municipales, sistemas de riego subterráneos, temporales o permanentes.

El *Comité Industrial*, que se ocupa de todas las otras aplicaciones de los tubos plásticos, incluyendo los sistemas para desechos corrosivos.

El *Comité del Petróleo*, cuyas actividades abarcan las tuberías colectoras del crudo y del gas natural, líneas de evacuación, recuperación secundaria y refinerías.

El *Comité de Códigos* y el *Comité de Publicidad*, que están dirigidos por el Presidente de la División de Investigación del Mercado.

Las actividades de los comités estarán guiadas por el Director de Investigación del Mercado.

La División Técnica tiene la responsabilidad

de hacer recomendaciones en relación con el desarrollo de normas necesarias y de cualquier asunto técnico relacionado con la revisión y mejora de las normas existentes o con la preparación de cualquier procedimiento de pruebas y especificaciones.

En la División Técnica se han establecido los siguientes comités:

El *Comité de Esfuerzos Hidrostáticos*, que se ocupa de:

a) Analizar y revisar, cuando se crea necesario, el "Método tentativo para determinar el esfuerzo hidrostático a largo plazo y el esfuerzo hidrostático de diseño de los tubos termoplásticos". La revisión del "Método tentativo" se efectúa para incluir los materiales plásticos usados en la fabricación de accesorios plásticos.

b) Recomendar los esfuerzos hidrostáticos de diseño para los materiales para tubos y accesorios plásticos a diferentes temperaturas, para agua y otros medios.

c) Desarrollar un método para determinar los esfuerzos hidrodinámicos (golpe de ariete).

d) Elaborar los requisitos para las pruebas de presión prolongada (1.000 horas) en las especificaciones. Se necesitan pruebas para las normas sobre tubos de PVC y de ABS, a temperaturas de 100° F o mayores. Las pruebas de presión prolongada (1.000 horas) para tubos PVC y de ABS, se basan en la actualidad en 73,4° F, (23° C).

e) Desarrollar los requisitos para las pruebas de ruptura rápida, según se necesiten.

f) Analizar y desarrollar revisiones de todos los métodos de pruebas de ruptura rápida.

El *Comité de Formato de Normas*, que se ocupa de:

a) Desarrollar un formato uniforme para utilizarlo en todas las normas industriales y comerciales.

b) Desarrollar formatos para informes y boletines así como también para las normas.

c) Desarrollar tablas técnicas maestras, que sirvan de guía a los comités técnicos.

d) Considerar un nuevo sistema para preparar las especificaciones.

e) Editar los documentos que serán enviados fuera de la División Técnica.

El *Comité de Resistencia al Impacto*, que se ocupa de:

- a) Completar el desarrollo del método para determinar la resistencia al impacto de los tubos plásticos y accesorios.
- b) Desarrollar los requisitos de impacto para las especificaciones.
- c) Desarrollar un criterio de diseño por impacto.

El *Comité de Esfuerzos Externos*, que se ocupa de:

- a) Completar el desarrollo del método de placas paralelas, para la realización de las pruebas de esfuerzo externo.
- b) Desarrollar un criterio de diseño por cargas externas.
- c) Considerar las cargas externas en los forros de pozos.

El *Comité de Resistencia Química*, que se ocupa de:

- a) Desarrollar un método para determinar la resistencia química.
- b) Desarrollar datos técnicos y/o requisitos para la resistencia química.
- c) Considerar el ataque de los organismos biológicos.
- d) Ayudar en la preparación de una revisión del Código de las tuberías en la industria química. Esta actividad se le considera urgente y se le dará pronta atención.

El *Comité de Tensión Diagonal*, que se ocupa de:

- a) Desarrollar un método para determinar el comportamiento del tubo en sus instalaciones como viga.
- b) Obtener información sobre las inter-relaciones de la tensión diagonal, temperatura y ambiente.
- c) Desarrollar un criterio de diseño para la tensión diagonal.

El *Comité de Tubos de ABS*, que se ocupa de:

- a) Efectuar las revisiones necesarias a las Normas para Tubos de ABS CS 254-63 (SDR-PR).
- b) Revisar la Norma para los Tubos de ABS CS 218-59, a fin de incluir los tamaños de las clases 40 y 80 en el formato CS 254-63.

c) Considerar las recomendaciones sobre la Norma Comercial Propuesta para tubos y accesorios ABS-DWV.

d) Considerar los resultados de las votaciones escritas de los miembros de la industria, sobre la cancelación de las Normas Comerciales CS 219-59 y CS 220-59 * para tubos ABS. (Estas Normas se eliminarán para dar preferencia a la CS 254-63 (SDR-PR).)

El *Comité de Tubos de PVC*, que se ocupa de:

- a) Hacer las revisiones necesarias a la Norma CS 256-63 (SDR-PR) para tubos de PVC.
- b) Revisar la Norma CS 207-60 para tubos de PVC, a fin de incluir los tamaños de las clases 40, 80 y 120 en el formato CS 253-63.
- c) Considerar las recomendaciones sobre la Norma Comercial Propuesta, para los tubos y accesorios PVC-DWV.
- d) Considerar los resultados de la votación escrita de los miembros de la industria, sobre la cancelación de la Norma Comercial CS 237-61 * para tubos de PVC. (Esta Norma se reemplazará con la nueva Norma CS 256-63.)
- e) Desarrollar una norma comercial para tuberías y accesorios para desagües y cloacas.

El *Comité de Tubos de Poliolefinas*, que se ocupa de:

- a) Hacer las revisiones necesarias a la Norma para tubos de polietileno CS 255-63 (SDR-PR).
- b) Revisar la Norma Comercial CS 197-60, a fin de incluir los tamaños de las clases 40 y 80 de 1/2 pulgada a 12 pulgadas de diámetros nominales.

El *Comité de Tubos de Caucho de Estireno*, que se ocupa de:

- a) Preparar una revisión de la Norma Comercial CS 228-61. (La División de Investigación del Mercado ha pedido urgentemente la revisión de esta Norma de tubos y accesorios de este plástico, para desagües y cloacas.)
- b) Preparar una revisión de las Especificaciones Federales WN-P-00380 (GSA-FSS) para tubos y accesorios para desagües y cloacas.
- c) Preparar una revisión de las Especificaciones Federales L-C-00740 (GSA-FSS) para los conductos y sus accesorios.

* Canceladas por el Departamento de Comercio, E.U.A., en 1964.

El *Comité de Accesorios*, que se ocupa de:

a) Desarrollar especificaciones para conexiones de enchufe (socket).

b) Considerar las recomendaciones sobre la norma comercial propuesta para conexiones roscadas.

c) Considerar las recomendaciones sobre la norma comercial propuesta para conexiones de inserción.

d) Considerar las recomendaciones sobre las partes correspondientes a las conexiones y accesorios de la norma comercial propuesta, para tubos y accesorios ABS, PVC, DWV.

e) Considerar la necesidad de una prueba de torsión para los accesorios.

Como se puede apreciar en la lista de objetivos y actividades actuales de los Comités Técnicos, el Instituto de Tubos Plásticos está considerando seriamente los problemas relacionados con los tubos plásticos y sus accesorios.

Hay otros comités que funcionan directamente como operaciones del personal en el Instituto de Tubos Plásticos. Uno de estos comités puede tratar con los problemas del tráfico que puedan afectar a toda la industria de tubos plásticos.

El Comité Ejecutivo del Instituto tiene la responsabilidad de notificar a la División de Normas de Utilidad, del Departamento de Comercio, de los Estados Unidos, a la Fundación Nacional de Saneamiento y a cualquier otro organismo competente, cuando se solicita aprobación para una norma comercial, después de que la norma ha sido aceptada por los miembros de la industria, a través de procedimientos especificados. Es a través del Comité Ejecutivo del Instituto de Tubos Plásticos que son designados los Comités Consultivos Industriales de los fabricantes de materiales, tubos y accesorios, para mantener nexos con organismos tales como la FNS.

Los miembros de la industria designados para servir en el Comité Conjunto sobre Plásticos de la Fundación, representan todos los sectores de la industria. Hay representantes de los fabricantes de materiales que producen PE, PVC y ABS, así como también nilón, estireno y otros

materiales plásticos básicos. El Comité también incluye los productores de tubos y accesorios de cada tipo de material plástico.

El Instituto de Tubos Plásticos, a través de la División de Investigación del Mercado o de la División Técnica, está realizando estudios sobre varios aspectos de los tubos plásticos y está efectuando o programando varias investigaciones. El futuro progreso de la industria de tubos plásticos depende en alto grado de la manera avanzada de pensar y planificar del Instituto, para asegurar las respuestas necesarias para mantenerse a la altura del progreso técnico moderno.

La Industria de los Tubos Plásticos ha tomado la dirección del desarrollo de programas para garantizar al público que los tubos plásticos pueden utilizarse satisfactoriamente para la conducción de agua potable. A ellos debe ser encomendada la pre-planificación de programas preventivos, que proporcionarán protección a la salud pública. La investigación y los programas de pruebas continuas, para garantizar productos dignos de confianza, fueron ejecutados bajo el ímpetu de una dirección sólida en la industria plástica. El programa de certificación de la FNS, en relación con la protección a la salud pública, ha acelerado la aceptación de los plásticos en los Estados Unidos.

Uno de los funcionarios del Instituto de Tubos Plásticos, el Sr. Edward H. Look, resumió sus puntos de vista en una charla sobre las perspectivas de la industria plástica de esta manera:

Es la esperanza de nuestra industria que, a medida que el público comprador se familiarice más con las muchas ventajas superiores de los tubos plásticos de calidad, fabricados de acuerdo con los requisitos estrictos de las normas comerciales y de la Fundación Nacional de Saneamiento, no sólo compare, como lo ha hecho en el pasado, tubos de diferentes tipos y series, sino que también catalogue claramente las fallas, representadas por el uso de tubos no aprobados, de baja calidad, en aplicaciones críticas.

Con el reconocimiento de estos objetivos, que el público consumidor puede tener la certeza de un

comportamiento satisfactorio y un servicio duradero, a través de la selección y aplicación inteligente de los tubos plásticos, nosotros, como parte de la industria, estamos comenzando a reconocer el potencial que nuestros productos merecen.

Los puntos de vista de los directivos de la industria de los plásticos son optimistas. Ellos

tienen confianza en sus productos y han desarrollado programas para asegurar a los usuarios que los tubos plásticos para la conducción de agua potable, y también para otras aplicaciones, pueden ser producidos con materiales de alta calidad que no constituyen ningún peligro para la salud pública.

CAPITULO 11

Instalación y uso de tubos plásticos, incluyendo características hidráulicas y de flujo

En los capítulos anteriores se ha hablado sobre la investigación para determinar la adaptabilidad de las tuberías plásticas a los sistemas de agua potable, sobre los programas de control y disciplina establecidos para garantizar que los productos plásticos terminados sean sanitariamente satisfactorios y sobre los procedimientos de ensayos para materiales, tubos plásticos y accesorios. Ahora que estamos seguros de que pueden ser producidos tubos plásticos de calidad adecuada, y de que se pueden obtener de numerosos fabricantes, deben considerarse los problemas de instalación y uso.

En repetidas ocasiones se ha mencionado que el tubo plástico puede tener muchas áreas de aplicación. El principal uso que consideraremos es para los abastecimientos de agua potable. En 1960, el Sr. Martin E. Flentje, Ingeniero Sanitario Jefe de la American Water Works Service Company, informó sobre una investigación hecha por las empresas de servicios de agua, sobre el uso del tubo plástico en los acueductos municipales, y afirmaba que el uso exitoso del tubo plástico, durante un largo período de tiempo, en un millón y medio, aproximadamente, de instalaciones de acueductos de propiedad particular—en su mayoría abastecimientos de pozos—llevó a los directivos a realizar la investigación. Ellos se interesaban por saber cuánto se estaban usando los tubos plásticos en

los sistemas de acueductos y si se obtenía un servicio satisfactorio. Otras preguntas que se hicieron fueron: ¿Qué opina el personal de acueductos respecto a los tubos plásticos? ¿Cuáles son algunas de las ordenanzas que rigen el uso del tubo plástico? ¿Exigen los ingenieros de acueductos la aprobación de la Fundación Nacional de Saneamiento en los tubos para la conducción de agua potable? Se enviaron cuestionarios a más de 1.300 superintendentes de acueductos, en ciudades de más de 5.000 habitantes, a través de los Estados Unidos. Se recibieron contestaciones de más de 326 ingenieros, o sea, de casi una cuarta parte del grupo. Cerca de una tercera parte de los servicios habían usado tubos plásticos, como se muestra en los siguientes cuadros:

CUADRO 1—*Diámetro de los tubos plásticos usados*

Diámetro (en pulgadas)	No. de sistemas que los utilizan	Uso
½	15	En su mayoría conexiones domiciliarias
¾	55	
1	59	
1½	34	
2	48	Líneas de distribución
4	11	Matrices
Otros	15	

CUADRO 2—Iniciación del uso de tubos plásticos en sistemas de acueductos

Año	No. de sistemas
1940	1
1947	3
1948	2
1950	6
1951	7
1952	11
1953	15
1954	13
1955	14
1956	11
1957	11
1958	7

Aproximadamente una tercera parte de los ingenieros informaron que ellos exigían la aprobación de la FNS en los tubos plásticos, mientras que otros declararon que no conocían muy bien el Programa de la Fundación, pero que deseaban tener más información sobre el mismo. Un 65% de los ingenieros de acueductos informó que ellos habían obtenido un servicio satisfactorio de los tubos plásticos. Desde que se hizo el informe sobre la encuesta de 1960 previamente mencionada, ha habido muchas zonas en todo el país donde se ha usado el tubo plástico en sistemas de agua potable, tanto en municipios grandes como pequeños. La expansión del uso del tubo plástico en acueductos privados continúa aumentando cada año.

En la reunión de la Asociación Americana de Sistemas de Abastecimiento de Agua, celebrada en Victoria, Colombia Británica, Canadá, en abril de 1961, el señor Robert A. Yale, Ingeniero Jefe del Servicio Público del Distrito No. 1 de Skagit County, Estado de Washington, E.U.A., informó sobre las experiencias de su distrito con el uso de tubos plásticos desde 1952, y declaró que la razón principal de haber probado el tubo de polietileno fue que la tubería de servicio de acero galvanizado tenía una vida útil muy corta, generalmente menor de 10 años, y que los suelos agresivos de algunos sitios destruyen el tubo de metal en su exterior, mientras que la rápida tuberculación obstruye

interiormente el flujo. Se usó polietileno clasificado en 125 psi, aun cuando sus presiones normales de trabajo eran por lo general menores de 75 psi. Se discutieron los informes sobre los problemas ocasionados por los primeros métodos de hacer las juntas entre las tomas domiciliarias y los tubos de distribución, y se estableció que las abrazaderas de plástico moldeadas resultaban satisfactorias cuando se cementaban al tubo para proporcionar un sello hermético.

El Sr. Yale informó que un equipo de tres hombres podía soldar 1,000 pies de tubos de ABS de cuatro pulgadas, en una hora, y "culebrearlos en la zanja en un tiempo muy corto". Se puede efectuar la soldadura en la misma zanja si ésta se encuentra seca, de lo contrario se hará en la orilla de ella. El tubo se puede mover media hora después de soldado, aunque se recomienda no aplicar presión de agua antes de cuatro horas en días secos y de seis a ocho horas en días húmedos.

Se debe señalar que una de las desventajas del uso del tubo plástico se debe a que no siendo metálico, no puede localizarse en el subsuelo, a menos que al instalarse se enrolle un alambre metálico alrededor del tubo, debidamente conectado al tubo matriz metálico a donde se une el tubo plástico. Cuando está helado, el tubo plástico no puede descongelarse por medio de procedimientos eléctricos. Por lo tanto, se debe instalar debajo de la línea de congelación. Desde las primeras experiencias sufridas en Skagit, se recomendó el uso de tubos clase 150 psi en instalaciones que requieren de 40 a 100 psi. Esto proporciona un margen de seguridad para los golpes de ariete, y protección adicional contra rupturas o daños en la manipulación. Hay muchos informes similares sobre el uso del tubo plástico en sistemas de agua potable. Con las normas perfeccionadas para evaluar las propiedades físicas, hay ahora mejores materiales disponibles y nuevas y mejores técnicas de producción y de instalación, lo cual garantiza tubos plásticos de calidad, que prestan un servicio que esencialmente carece de dificultades en instalaciones a través de los Estados Unidos. La

mayoría de las ordenanzas sobre sistemas de agua potable requiere que los tubos plásticos para las conexiones domiciliarias lleguen hasta los cimientos o fuera de los muros de los cimientos de los edificios. Esto se aplica generalmente a los tubos de PE, PVC y ABS. Como hay pequeñas diferencias en cuanto a la instalación de cada tipo de tubos plásticos, serán considerados independientemente.

POLIETILENO

Es esencial que el tubo de polietileno se maneje y se almacene en tal forma que no esté en contacto con materiales que puedan penetrar el plástico y causar la deterioración del tubo, lo cual reduciría sus cualidades de presión hidrostática o afectaría adversamente al tubo.

La siguiente es una lista de materiales de uso común en la construcción, que pueden afectar adversamente al tubo plástico de polietileno:

- Gasolina
- Aceite lubricante
- Acido muriático
- Combustibles líquidos o gaseosos
- Compuestos aromáticos
- Solventes sintéticos de pintura
- Trementina
- Pinturas
- Soldadura de ácido

Si el tubo de polietileno ha estado en contacto con estos materiales, bien sea por un derrame de ellos o por almacenamiento en sitios cerrados donde los vapores pueden penetrarle, no llenará los requisitos de presión y puede, por otra parte, haber sido afectado en forma tal que el agua conducida a través del tubo no pueda ser considerada como potable. El tubo debe almacenarse con los rollos puestos horizontalmente y no en montones de más de 10 pies de altura. No deberá almacenarse ningún material pesado sobre el tubo de polietileno.

Instalación del tubo de polietileno

El tubo de polietileno puede cortarse de los rollos, en trozos de cualquier longitud deseada,

con un cuchillo, serrucho o segueta. El tubo deberá "culebrearse" en la zanja para dar margen a la contracción y expansión. El tubo de polietileno tiene un coeficiente de expansión térmica lineal de 15×10^{-5} por grado centígrado. Por cada cambio de 10°F , se dará un margen de 1" por cada 100 pies de tubería a ser instalada. En un clima de temperatura típica, donde se tiene el tubo enterrado debajo de la línea de congelamiento, y temperaturas del suelo de 60°F en verano, el intervalo de temperaturas irá de 40°F a 60°F , o sea, una variación de 20°F . Esto significa que por cada 100 pies de tubos instalados a la temperatura de verano, se añadirán no menos de 2" adicionales de tubo, "culebreándolo" de lado a lado de la zanja. Este excedente se debe introducir uniformemente a lo largo de la zanja.

El tubo de polietileno se puede empalmar usando accesorios de inserción, con abrazaderas de acero inoxidable. Los accesorios de inserción están hechos generalmente de nilón, polipropileno o compuestos de caucho de estireno. Hay una variedad de tipos y formas de estos accesorios para todas las necesidades que puede haber durante las instalaciones de los tubos de polietileno. Para insertar los accesorios dentro del tubo se puede utilizar agua caliente para lubricar los accesorios. Bajo ninguna circunstancia se usará pasta lubricante de tuberías, cemento de empacadura o cualquier otro tipo de lubricante de petróleo o detergente. Las abrazaderas se colocarán sobre la sección lisa del accesorio y no sobre la zona de estrías, y se ajustarán debidamente para evitar las filtraciones en las juntas. Cuando sea necesario unir un tubo plástico a uno de metal, se utilizará un adaptador de inserción. Este aditamento está fabricado en la misma forma que los otros tipos de accesorios. El extremo roscado del adaptador se cubre con un compuesto plástico para juntas y se ajusta en la conexión hembra.

Es importante que no se permita el uso de aceite o detergentes en cualquier conexión que vaya a estar en contacto con los tubos de polietileno. El tubo de polietileno deberá enterrarse

a no menos de 12 pulgadas de profundidad, y preferiblemente a no menos de 18. Si la tubería tiene que cruzar bajo una vía que no es autoportante, el tubo de polietileno se pasará a través de un conducto de acero o concreto, para evitar el colapso debido a la compactación constante del lecho del camino, causada por el tráfico que circula por éste. Cuando se considera la profundidad necesaria para enterrar los tubos de polietileno y evitar el congelamiento, también se deberá considerar el problema del relleno máximo. Para un tubo de 75 psi, el relleno no deberá exceder de 7,7 pies, y para tubos de 100 psi, el relleno máximo será de 12,7 pies. Durante las operaciones de relleno, deberá tenerse cuidado para asegurarse de que no queden en contacto con el tubo plástico piedras cortantes o rocas grandes, lo que podría ocasionar cortaduras o aplastamiento de la tubería, produciendo filtraciones en el sistema. El tubo de polietileno se puede doblar durante la instalación, para así facilitar el paso alrededor de árboles o rocas grandes o para hacer un giro en ángulo recto en las esquinas de las calles. El radio de la curva no será menor que el de la vuelta interna del rollo, en el cual el tubo fue transportado. Por ejemplo, un tubo de una pulgada de diámetro generalmente viene enrollado con un radio de 10 pulgadas, mientras que un tubo de 2 pulgadas viene enrollado con un radio de 20". Deberá prestarse atención adecuada a la preparación de la zanja en la cual el tubo de polietileno va a instalarse, a fin de que el fondo esté lo más terminado posible y con la pendiente apropiada, que no haya rocas agudas u otras obstrucciones que pudiesen causar daños a la tubería.

Cuando se usan tubos de polietileno en instalaciones de pozos, se deberán considerar las presiones máximas de cierre. A continuación se señala la profundidad máxima de pozos por inyección:

Presiones de cierre.....	40 psi	50 psi	60 psi
Tubo de polietileno de 75 psi de presión de clasificación.....	77 pies	55 pies	no aceptable
Tubo de polietileno de 100 psi de presión de clasificación.....	132 pies	110 pies	88 pies

La Administración Federal de la Vivienda (E.U.A.) ha publicado el Boletín de Materiales No. UM-31 que trata sobre las instalaciones de tubos de polietileno, aprobados por la Fundación Nacional de Saneamiento, en unidades de viviendas unifamiliares y bifamiliares aseguradas por esa institución. Se permite el uso de estos tubos para las conexiones domiciliarias, en pozos por inyección y en las líneas de succión, en tuberías desde el pozo a la casa y en otros servicios de agua fría fuera de los cimientos de la construcción. Las instrucciones para la instalación son básicamente las mismas que han sido delineadas anteriormente para los tubos de polietileno. El Boletín UM-31 prescribe además, que se hará circular agua fría a través de las líneas antes de cubrirlas, de manera de fijar la tubería, extraerle el aire y probar las conexiones. Se mantendrá durante 30 minutos una presión de no menos de 150% de las presiones de trabajo anticipadas, para prueba e inspección. Este procedimiento es verdaderamente recomendable y debería asegurar la debida instalación de tuberías de calidad.

Instalación de tubos de PVC

El tubo de PVC ha sido usado en sistemas municipales de agua potable en numerosas instalaciones a través de los Estados Unidos. La mayoría de las instalaciones se han efectuado con tubos de diámetros hasta de 4", aunque también se han hecho algunas con tamaños muchos mayores. El tubo de PVC se está produciendo en tamaños hasta de 12" y hay uno o dos fabricantes que producen tubos con diámetros de 14" a 16".

El Distrito de Acueductos de Portland, Oregón, E.U.A., instaló, en 1962, alrededor de media milla de tubos matrices de PVC de 8", en una sección de prueba, para comparar la conducta de un tubo de PVC, inherentemente flexible y resistente a la corrosión, con un tubo de metal, con juntas flexibles bajo condiciones

de suelo inestables. Se informó que estas instalaciones de PVC fueron un éxito completo.

El tubo de PVC ha sido usado en varios casos, tales como laterales en los subdrenajes de filtros, del tipo múltiple, en plantas de filtración de agua. Las propiedades hidráulicas parecidas al vidrio, del tubo de PVC y su resistencia a la corrosión y a la tuberculación, lo han hecho muy conveniente para esta aplicación.

Muchos ingenieros de acueductos reconocerán que el tubo de PVC, al igual que otros plásticos, ha sido usado por años en la manipulación de cloro, ácido sulfúrico, soluciones de sulfato de aluminio y en lechados de carbón y de cal. Si estas aplicaciones corrosivas son aceptables en instalaciones en plantas de tratamiento de agua, entonces el fácil trabajo de transportar el agua potable estará reconocido y aceptado a medida que progresa la industria. Para aprovechar al máximo las ventajas de las características del tubo de PVC, deberán seguirse algunos procedimientos de instalación sencillos. Por ejemplo, el tubo de PVC instalado sobre el suelo deberá estar dotado de soportes a intervalos prescritos, bajo temperaturas normales de uso. Si la temperatura es mayor de 100°F, el PVC Tipo II deberá tener soporte continuo, y para temperaturas mayores de 120°F, el PVC Tipo I deberá tener un soporte continuo. Los fabricantes o la Sociedad de la Industria de los Plásticos tienen gráficas que muestran las distancias entre apoyos exactos para cada tamaño y tipo de tubo y para cada condición de temperatura. Por ejemplo, un tubo de PVC de 2", clase 40, que conduce un líquido a 100°F o que opera en un ambiente a 100°F, deberá tener un soporte cada 5 pies, a lo largo del tubo. Un tubo de 1", bajo las mismas condiciones, deberá tener un soporte cada 4½ pies y un tubo de 5" cada 7 pies. Las bridas, accesorios y válvulas y otras cargas concentradas a lo largo de la tubería de PVC, deberán ser soportadas independientemente. Los soportes deberán ser colgantes, del tipo de anillo o de rodillo y rodillos con amplias superficies de soporte. Deberán eliminarse todas las orillas cortantes y rebabas de las superficies de soporte.

Para las líneas verticales, se recomienda fijar el tubo de PVC a intervalos que dependen de la carga vertical involucrada. Tales tuberías verticales deberán tener un soporte de asiento en la parte inferior y uno colgante arriba. El coeficiente de expansión térmica lineal del PVC Tipo I es de 2,9 a 4,6 × 10⁻⁵ por °F, y para el PVC Tipo II 4,5 a 5,6 × 10⁻⁵ por °F. Se puede obtener la tensión longitudinal ocasionada por la expansión térmica restringida, usando la siguiente fórmula:

$$S = CE(T_2 - T_1)$$

donde S = tensión de expansión en psi

C = coeficiente de expansión térmica lineal
°F⁻¹

E = módulo de elasticidad en tensión, psi

400.000 para PVC Tipo I

350.000 para PVC Tipo II

T₂ - T₁ = diferencias de temperaturas de trabajo, °F, o máxima diferencia entre las temperaturas de instalación y de operación (el mayor de los dos valores).

Si S es mayor que 550 psi (para juntas de encastre) a 75°F o que 350 psi a 140°F, debe hacerse alguna compensación para la temperatura mayor. Para obtener la cantidad de expansión de compensación que puede ser proporcionada por los cambios de dirección del tubo y por su flexibilidad, el Instituto de Tubos Plásticos ha usado la regla empírica de que a los tubos se les puede permitir que tomen tanta deflexión lateral como la flexión natural del tubo bajo su propio peso, si estuviera sostenido como una ménsula. Siempre habrá altas presiones instantáneas, como golpes de ariete, en cualquier sistema de tuberías y uno de los métodos para reducir estas presiones a niveles seguros consiste en introducir un amortiguador en el sistema. Tales amortiguadores pueden tener la forma de un tanque igualador o una cavidad vertical llena de aire, que permitirá que las alzas de presiones se absorban debido a la compresibilidad del aire. En algunas instalaciones, el tubo de PVC estará sujeto a vibraciones, y en tales casos, si éstas no pueden ser eliminadas, una conexión flexible,

entre la fuente de vibración y la tubería, ayudará a reducir la vibración transmitida al tubo. Para las líneas de PVC enterradas se aplican los mismos procedimientos generales delineados para las de polietileno. La profundidad de la zanja será la misma que para los tubos de polietileno, dependiendo de las condiciones climáticas locales, de manera de proporcionar una protección adecuada contra las heladas. El relleno se efectuará proveyendo en el fondo un colchón de 6 pulgadas de espesor, aproximadamente, y un recubrimiento de espesor similar por encima del tubo; ambos estarán sin rocas u objetos cortantes que puedan dañar el tubo. El resto del relleno y el apisonamiento es similar al de los tubos de metal. Durante las instalaciones de tubos de PVC que han sido empalmados y colocados en la zanja, es aconsejable fijar el tubo cada 75 ó 100 pies, para evitar que se doble, debido a los cambios de temperatura ambiental. Si existe la posibilidad de desalineamiento del tubo de PVC durante la instalación, se deberá aconsejar a la cuadrilla que los instala que haga la alineación apropiada antes de hacer los empalmes. La práctica de desalinearse o de forzar el tubo deberá reducirse al mínimo al ensamblar las tuberías.

Para la inspección final y prueba se seguirá el mismo procedimiento descrito para los tubos de polietileno. La presión de prueba será el 150% de la presión de diseño de la instalación, pero no deberá realizarse antes de que los empalmes unidos con cemento solvente no estén debidamente curados. Debe tenerse presente que las juntas cementadas de los tubos de PVC pueden no alcanzar la resistencia a la presión de trabajo antes de las 24 horas después de su composición.

El tubo de PVC deberá almacenarse en estantes donde tenga soporte continuo hasta el momento de su uso. Se evitarán las orillas cortantes o rebabas de metal en los estantes. Los accesorios de PVC se almacenarán en cajones o gavetas y nunca se mezclarán con accesorios metálicos, ni tampoco con accesorios hechos de otros materiales plásticos. Como el tubo de PVC se empalma durante su instalación, se le dará un corte recto y se eliminarán las reba-

bas; este corte puede hacerse con serrucho. Todas las superficies que van a ser empalmadas se limpiarán con un trapo mojado en metiletilcetona (MEK). Se le aplicará entonces bastante solvente de cemento al interior y al lomo de los accesorios de inserción, y el resto del tubo deberá cubrirse ligeramente, pero en su totalidad. Esta aplicación puede hacerse fácilmente con una brocha corriente de pintar, de un ancho aproximadamente igual al diámetro del tubo que se instala. Al insertar el tubo en el accesorio, se le dará de un cuarto a media vuelta para distribuir uniformemente el cemento solvente. La operación completa de cementar y empalmar la junta no debe exceder de un minuto, para obtener la reacción apropiada del cemento solvente.

Para los tubos de PVC Clase 80 ó 120 se pueden hacer instalaciones roscadas. El tubo de PVC se puede roscar con herramientas para roscar tubos de metal, pero deben tomarse precauciones para proteger el tubo. Por ejemplo, se insertará un tapón de madera en el extremo del tubo, para mantener la redondez durante la operación y para asegurar que las roscas no se distorsionarán. El tubo roscado de PVC se ensambla utilizando un lubricante no-endurecedor y un compuesto de sellar. Cuando por cualquier motivo sea preferible desmontar el tubo, se usará cinta teflón sobre las roscas. Sin embargo, los promedios de presión de los sistemas roscados, cuando se utiliza solvente de cemento, son alrededor de la mitad del promedio de la tubería.

Las gráficas y comentarios que aparecen en las tablas I y II dan las presiones de operación y las pérdidas de carga correspondientes a diversos gastos. Este material ha sido gentilmente suministrado por la Tube Turns Plastic, Inc., de Louisville, Kentucky, E.U.A.

Debe destacarse que los promedios de presión deben basarse en un esfuerzo de 2.000 psi para tubería de PVC del Tipo I; 1.000 psi para el Tipo II, a 75°C. Los promedios de 100°F y 130°F que aparecen en la tabla I son considerados bastante exactos por otros fabricantes. Al-

gunos de ellos estiman que los promedios de 150°F son algo altos.

Por cortesía de B. F. Goodrich, se incluyen las tablas III, IV y V, que dan las pérdidas por fricción en tubos de PVC clase 40 y 80 y el método para calcular el golpe de ariete.

Instalación del tubo de ABS

Para seleccionar el material adecuado, el tipo y clase del tubo de ABS a ser usado en un trabajo específico, hay que tomar en cuenta una serie de factores. La resistencia al impacto para soportar los maltratos en el transporte y manipulación, la filtración, la resistencia a soportar cargas, la estabilidad en temperaturas elevadas y la resistencia a largo plazo de las juntas soldadas con solventes, son algunos de los factores más importantes que se deben considerar.

Una consideración muy importante en cualquiera instalación de tuberías es el problema de las presiones de reflujo, las cuales pueden ser hasta 8 y 10 veces mayores que la presión estática. Deben tomarse todas las precauciones posibles para los casos de presiones de reflujo. Debe evitarse el uso de válvulas de cierre rápido. Las válvulas se abrirán y cerrarán lentamente. Si se utilizan válvulas automáticas, éstas deben disponer de un *by-pass* (sistema de desviación) o un arreglo de demora que evite los cierres instantáneos.

Con los tubos plásticos de ABS, al igual que con los otros tipos, generalmente se recomienda que la velocidad máxima de diseño no sea mayor de 5 pies/segundo (1,5 m/s). Las presiones de reflujo son una función de la velocidad, de la longitud del tubo y del tiempo de cierre de las válvulas. Para reducir el peligro de altas presiones de reflujo y sus consiguientes daños a las tuberías deberán usarse bajas velocidades. Deberá usarse un número suficiente de válvulas de alivio de presión, en sitios apropiados a lo largo del sistema. Las buenas prácticas de la ingeniería indican que las válvulas de alivio se deben colocar en los puntos bajos del sistema, al final de los tramos largos y junto a las válvulas de control. También pueden usarse columnas

reguladoras o cámaras de compensación, para aliviar la presión en pequeños acueductos, en sistemas de riego y similares. El tubo de ABS no debe instalarse en valles u hondonadas donde carezca de soportes y esté expuesto a la luz solar directa. Si tales instalaciones son necesarias, se soportará el tubo plástico por medio de una manga de acero o quizás sea aún mejor utilizar un tubo de acero para tales instalaciones. Una de las ventajas del tubo plástico es que se puede ensamblar al lado de la zanja y no en el área estrecha dentro de ésta. Pueden emplearse zanjas más angostas para las tuberías de diámetros menores, debido a la simplicidad del empalme del tubo fuera de la zanja y la posterior colocación de éste dentro de la misma, efectuándose entonces las pruebas para finalizar el relleno.

El procedimiento normal en la instalación del tubo de ABS consiste en la descarga del tubo, por la cuadrilla, al lado de la zanja. Después de limpiar debidamente los extremos del tubo, éste se junta por soldadura con solvente. Luego se hace un ensayo en seco del ajuste del tubo en los accesorios, y no deberá pasar de un tercio a la mitad de la distancia a la ranura, de manera de obtener una junta apropiada, mediante el cemento solvente. Se utilizará una brocha de pintar, no sintética, para aplicar el cemento solvente MEK. En tiempos muy calurosos, a veces es necesario aplicar varias capas adicionales de cemento para lograr hacer la junta antes de que se seque demasiado. El envase del cemento deberá mantenerse cerrado cuando no se esté usando, pues de lo contrario el diluyente se evaporará y causará un cambio en la consistencia del cemento. Si se ha aplicado suficiente cemento a la junta, se formará un pequeño reborde entre el tubo y el lomo del accesorio, exceso de solvente que deberá eliminarse. La mayoría de los contratistas esperan una o dos horas después de finalizar las juntas de la tubería antes de colocarla en la zanja, especialmente cuando se trata de tubos de diámetros mayores. Los más pequeños pueden ser colocados en la zanja poco después de haber sido empalmados. Al igual que con el tubo de PVC, las juntas del tubo

TABLA I. Presiones de operación del policloruro de vinilo no plastificado.*

Impacto normal

Como la resistencia del policloruro de vinilo no plastificado disminuye a medida que la temperatura de operación aumenta, es necesario disminuir las presiones de trabajo permisibles, para temperaturas mayores. Las presiones de trabajo a 75°F son aproximadamente el 20% de las presiones de ruptura instantánea. Cuando se trabaja a temperaturas que exceden los 75°F, la presión de trabajo máxima deberá determinarse de la fig. 1, que toma en cuenta la resistencia de flujo plástico del material.

Para determinar la máxima presión de operación a cualquier temperatura, se determinará primero, con la ayuda del cuadro, la presión de operación máxima a 75°F. Este valor se ha llevado al gráfico, en comparación con la máxima presión de operación para las temperaturas entre 50°F y 150°F. La máxima presión de operación se encuentra, entrando en la escala inferior con el valor de la presión de operación máxima a 75°F, subiendo verticalmente hacia la línea correspondiente a la temperatura de operación y luego cruzando a la izquierda hasta la escala vertical (véase el ejemplo).

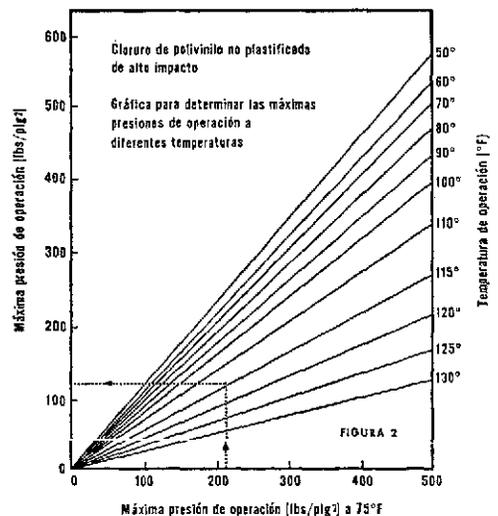
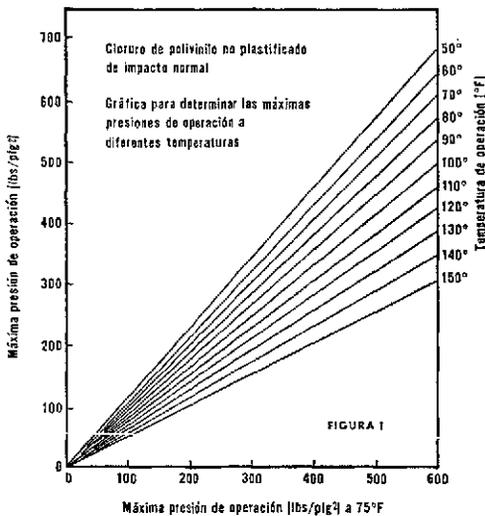
Alto impacto

Las máximas presiones de operación disminuyen con el aumento de temperatura, en una forma similar a la del impacto normal del cloruro de polivinilo no plastificado. Las presiones máximas de operación, para las diferentes temperaturas, se determinan en la misma forma que para el impacto normal, excepto que se usa la fig. 2.

Ejemplo. Para determinar la máxima presión de operación para un tubo de policloruro de vinilo de 1½", no plastificado, de alto impacto, a una temperatura de 115°F, es necesario encontrar la presión de operación máxima a 75°F en la tabla correspondiente. Este valor es de 210 psi. Entrando con 210 psi en la escala inferior de la fig. 2 se sube hasta la línea correspondiente a 115°F, cruzando entonces hacia la escala vertical donde se encuentra la presión buscada, que es de 117 psi. La línea flechada indica el procedimiento.

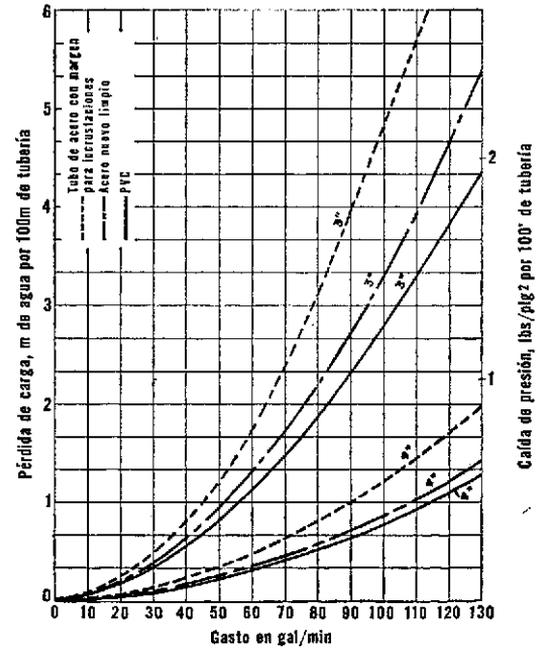
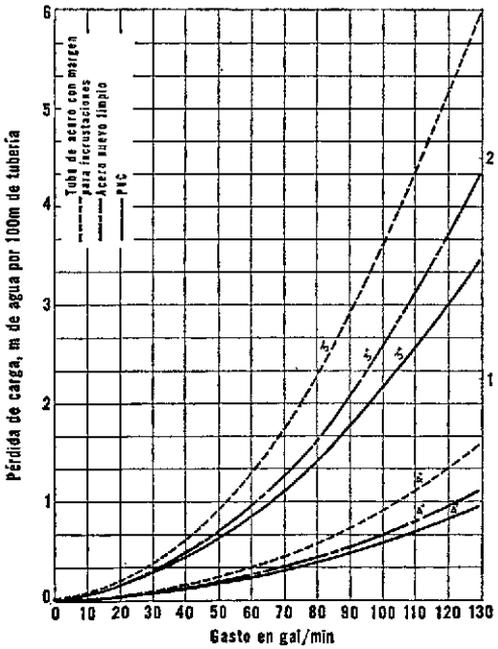
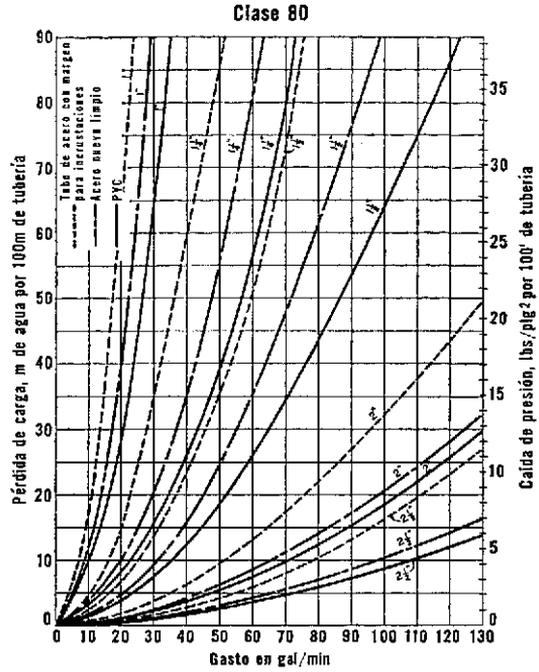
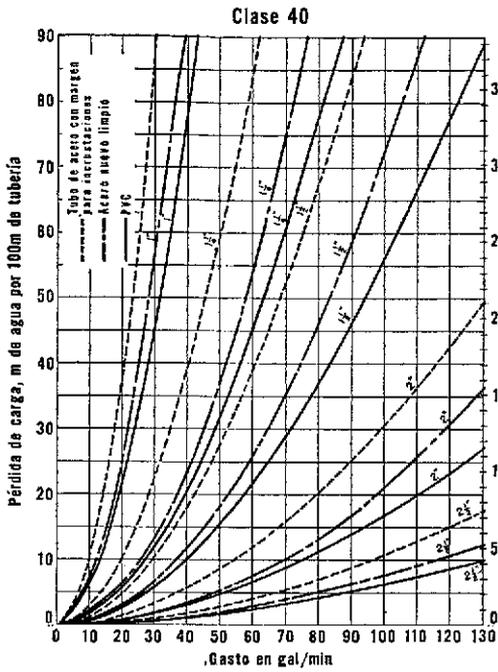
Cuadro 1. Máximas presiones de operación (psi)								
Diam. nom. (plg.)	Cuadro 1. Impacto normal—Clase 80							
	De enchufe				Roscado			
	75°F	100°F	130°F	150°F	75°F	100°F	130°F	150°F
1	575	480	370	310	330	275	215	175
	470	395	305	250	285	240	185	150
	435	365	285	235	255	215	165	140
1½	360	300	235	195	220	185	140	120
	325	275	210	175	205	170	135	110
	280	235	180	150	190	160	120	100
2	270	225	175	140	190	160	120	100
	260	215	170	140	170	140	110	95
	225	190	145	120	160	135	105	85
6	195	165	130	110	150	125	95	80

Cuadro 2. Máximas presiones de operación (psi)						
Diam. nom. (plg.)	Cuadro 2. Alto impacto—Clase 80					
	De enchufe			Roscado		
	75°F	100°F	130°F	75°F	100°F	130°F
1	470	225	120	270	225	70
	385	190	100	230	190	60
	355	175	95	205	170	55
1½	295	150	80	180	150	50
	265	140	70	170	140	45
	230	125	60	155	130	40
2	225	130	55	160	135	40
	215	115	55	140	115	35
	185	105	50	130	105	35
6	160	75	25	120	95	30



* Reproducido con permiso de la Tube Turns Plastics, Inc., Louisville, Kentucky, E.U.A.

TABLA II. Gasto vs. pérdida de carga, para tubos de PVC no plastificado y de acero (Agua a la temperatura de 60°F)



* Reproducido con permiso de la Tube Turns Plastics, Inc.

TABLA III. Datos de diseño—Pérdidas por fricción en tubos de PVC Koroseal Clase 40*
Velocidad en pies/seg. Pérdidas en m de agua por cada 100 m de tubo.

GAL. POR MIN.	1/2"		3/4"		1"		1 1/4"		1 1/2"		2"		2 1/2"		3"		3 1/2"		4"		GAL. POR MIN.
	Vel.	Per.	Vel.	Per.	Vel.	Per.	Vel.	Per.	Vel.	Per.	Vel.	Per.	Vel.	Per.	Vel.	Per.	Vel.	Per.	Vel.	Per.	
2	2.10	3.47	1.20	0.89																	2
4	4.23	12.7	2.41	3.29	1.49	1.01	.86	.27	.63	.12											4
6	6.34	26.8	3.61	6.91	2.23	2.14	1.29	.57	.94	.26	.57	.09									6
8	8.45	46.1	4.82	11.8	2.98	3.68	1.72	.95	1.26	.45	.77	.16	.52	.05							8
10	10.6	69.1	6.02	17.9	3.72	5.50	2.14	1.44	1.57	.67	.96	.24	.65	.08	.43	.03					10
12			7.22	24.9	4.46	7.71	2.57	2.02	1.89	.94	1.15	.37	.78	.11	.52	.05					12
15			9.02	37.6	5.60	11.8	3.21	3.05	2.36	1.41	1.50	.51	.98	.17	.65	.07	.49	.03			15
18			10.8	50.9	6.69	16.5	3.86	4.28	2.83	1.99	1.72	.70	1.18	.24	.78	.10	.58	.04			18
20		Tubo 5"	12.0	63.9	7.44	19.7	4.29	5.21	3.15	2.44	1.01	.86	1.31	.29	.87	.12	.65	.05	.51	.03	20
25					9.30	30.1	5.36	7.80	3.80	3.43	2.50	1.28	1.63	.43	1.09	.18	.81	.08	.64	.04	25
30	.49	.02			11.15	41.8	6.43	10.8	4.72	5.17	2.89	1.80	1.96	.61	1.30	.25	.97	.11	.77	.06	30
35	.57	.03			13.02	55.9	7.51	14.7	5.51	6.91	3.35	2.40	2.35	.81	1.52	.33	1.14	.15	.89	.08	35
40	.65	.04	Tubo 6"		14.88	71.4	8.58	18.8	6.30	8.83	3.82	3.10	2.68	1.03	1.74	.43	1.30	.19	1.02	.10	40
45	.73	.04			16.70		9.65	23.5	7.08	10.9	4.30	3.85	3.02	1.32	1.95	.54	1.46	.24	1.15	.13	45
50	.82	.05	.57	.02			10.72	28.2	7.87	13.3	4.78	4.65	3.35	1.56	2.17	.65	1.62	.29	1.28	.16	50
55	.90	.06	.62	.02			11.78	33.8	8.66	16.0	5.26	5.55	3.69	1.88	2.39	.74	1.70	.34	1.41	.19	55
60	.98	.07	.68	.03			12.87	40.0	9.44	18.8	5.74	6.33	4.02	2.19	2.60	.90	1.95	.40	1.53	.22	60
65	1.06	.09	.74	.04			13.92	46.7	10.23	21.6	6.21	7.56	4.36	2.53	2.82	1.02	2.00	.47	1.66	.25	65
70	1.14	.10	.79	.04			15.01	53.1	11.02	24.9	6.69	8.64	4.69	2.91	3.04	1.21	2.27	.54	1.79	.30	70
75	1.22	.11	.85	.05			16.06	60.6	11.80	28.2	7.17	9.82	5.03	3.33	3.25	1.41	2.32	.60	1.91	.34	75
80	1.31	.13	.91	.05			17.16	68.2	12.69	32.0	7.65	11.1	5.36	3.71	3.49	1.54	2.60	.69	2.04	.38	80
85	1.39	.15	.96	.06			18.21	77.0	13.38	35.3	8.13	12.5	5.70	3.81	3.69	1.66	2.62	.76	2.17	.42	85
90	1.47	.16	1.02	.07			19.30	84.6	14.71	39.5	8.61	13.8	6.03	4.61	3.91	1.92	2.92	.85	2.30	.47	90
95	1.55	.18	1.08	.07					14.95	43.7	9.08	15.3	6.37	5.07	4.12	2.04	2.93	.96	2.42	.53	95
100	1.63	.19	1.13	.08					15.74	47.9	9.56	16.8	6.70	5.64	4.34	2.33	3.25	1.03	2.55	.57	100
110	1.79	.23	1.25	.10		Tubo 8"			17.31	57.3	10.5	20.2	7.37	6.81	4.77	2.82	3.57	1.25	2.81	.69	110
120	1.96	.27	1.36	.11					18.89	67.2	11.5	23.5	8.04	7.89	5.21	3.29	3.99	1.45	3.06	.80	120
130	2.12	.31	1.47	.13					20.46	78.0	12.4	27.3	8.71	8.79	5.64	3.81	4.22	1.68	3.31	.93	130
140	2.29	.36	1.59	.15	.90	.04			22.04	89.3	13.4	31.5	9.38	10.5	6.08	4.32	4.54	1.93	3.57	1.07	140
150	2.45	.41	1.70	.17	.96	.04			23.6		14.3	35.7	10.00	12.0	6.51	4.93	4.87	2.19	3.82	1.23	150
160	2.61	.46	1.80	.19	1.02	.05			25.3		15.3	40.4	10.7	13.6	6.94	5.34	5.19	2.47	4.08	1.37	160
170	2.77	.51	1.92	.21	1.08	.05			26.3		16.3	45.1	11.4	16.0	7.36	6.25	5.52	2.75	4.33	1.53	170
180	2.94	.57	2.04	.24	1.15	.06			27.2		17.2	50.3	12.1	16.8	7.81	6.58	5.85	3.07	4.60	1.70	180
190	3.10	.63	2.16	.26	1.21	.07		Tubo 10"	28.2		18.2	55.5	12.7	18.6	8.24	7.28	6.17	3.39	4.84	1.88	190
200	3.27	.70	2.27	.29	1.28	.07			29.1		19.1	60.6	13.4	20.3	8.68	8.36	6.50	3.73	5.11	2.06	200
220	3.59	.83	2.44	.34	1.40	.08	.90	.03	21.0		21.0	72.4	14.7	24.9	9.55	10.0	7.14	4.45	5.62	2.44	220
240	3.92	.98	2.67	.41	1.53	.10	.98	.03	22.9		22.9	85.5	16.1	28.7	10.4	11.8	7.79	5.22	6.13	2.91	240
260	4.25	1.13	2.89	.47	1.66	.12	1.06	.04	24.9		24.9	99.2	17.4	33.0	11.3	13.7	8.44	6.07	6.64	3.28	260
280	4.50	1.30	3.11	.54	1.79	.13	1.15	.04					18.8	38.1	12.2	15.7	9.09	6.95	7.15	3.85	280
300	4.90	1.48	3.33	.62	1.91	.15	1.22	.05					20.1	43.2	13.0	17.9	9.74	7.90	7.66	4.37	300
320	5.13	1.66	3.56	.69	2.05	.17	1.31	.06					21.6	48.4	13.9	20.1	10.40	8.88	8.17	4.93	320
340	5.44	1.87	3.78	.76	2.18	.19	1.39	.07					22.9	54.5	14.8	22.5	11.00	9.96	8.58	5.50	340
360	5.77	2.07	4.00	.86	2.30	.21	1.47	.07					24.2	60.2	15.6	24.9	11.70	11.0	9.10	6.15	360
380	6.19	2.28	4.22	.94	2.43	.24	1.55	.08	1.08	.03			25.6	66.7	16.5	27.7	12.3	12.2	9.59	6.58	380
400	6.44	2.5	4.43	1.03	2.60	.25	1.63	.09	1.14	.04			26.8	73.3	17.4	30.6	13.0	13.4	10.10	7.52	400
450	7.20	3.1	5.00	1.29	2.92	.32	1.84	.11	1.28	.05					19.5	36.7	13.9	16.7	11.49	9.31	450
500	8.02	3.8	5.56	1.36	3.19	.39	2.04	.13	1.42	.05					21.7	46.1	16.2	20.3	12.6	11.3	500
550	8.82	4.5	6.11	1.86	3.52	.46	2.24	.16	1.56	.06					23.9	55.0	17.9	24.3	13.0	13.5	550
600	9.62	5.3	6.65	2.19	3.85	.54	2.45	.18	1.70	.07					26.0	64.4	19.5	28.5	15.10	15.8	600
650	10.40	6.2	7.22	2.53	4.16	.65	2.65	.21	1.84	.09					28.2		21.1	33.0	16.40	18.3	650
700	11.2	7.1	7.78	2.92	4.46	.72	2.86	.24	1.99	.10					22.7		27.9	37.9	17.60	21.1	700
750	12.0	8.1	8.34	3.35	4.80	.82	3.06	.28	2.13	.11					24.4		43.0	43.0	18.90	24.0	750
800	12.8	9.1	8.90	3.74	5.10	.89	3.26	.31	2.27	.13					26.0		48.4	48.4	20.20	26.8	800
850	13.6	10.2	9.45	4.21	5.48	1.03	3.47	.35	2.41	.15					27.6		54.1	54.1	21.4	30.1	850
900	14.4	11.3	10.0	4.75	5.75	1.16	3.67	.39	2.56	.16									22.7	33.4	900
950	15.2	12.5	10.5	5.26	6.06	1.35	3.88	.43	2.70	.18											950
1000	16.0	13.7	11.1	5.66	6.38	1.40	4.08	.48	2.84	.19											1000
1100	17.6	16.4	12.2	6.84	7.03	1.65	4.49	.56	3.13	.23											1100
1200	19.61	19.2	13.3	8.04	7.66	1.96	4.90	.66	3.41	.27											1200
1300	20.8		14.4	8.6	8.30	2.28	5.31	.76	3.69	.31											1300
1400	22.4		15.6	10.6	8.95	2.59	5.71	.88	3.98	.37											1400
1500	24.0		16.7	12.0	9.58	2.93	6.12	1.00	4.26	.42											1500
1600	25.6		17.8	12.6	10.21	3.29	6.53	1.12	4.55	.46											1600
1800			20.0		11.50	4.13	7.35	1.39	5.11	.57											1800
2000			22.2		12.78	5.03	8.16	1.69	5.68	.70											2000
2200			24.4		14.05	6.00	8.98	1.99	6.25	.85											2200
2400			26.7		15.32	6.7	9.80	2.37	6.81	.98											2400
2600					16.61	7.3	10.61	2.73	7.38	1.14											2600
2800					17.91	8.0	11.41	3.15	7.95	1.29											2800
3000					19.24	8.8	12.24	3.58	8.52	1.48											3000
3200					20.61	9.7	13.05	4.07	9.10	1.65											3200
3500					22.11	10.8	14.														

TABLA V. Datos de diseño—Golpe de ariete.*

Una columna de líquido tiene impulso o inercia proporcional a su peso y velocidad. Cuando el flujo es interrumpido bruscamente, como por el cierre rápido de una válvula, esta inercia se convierte en una carga de choque o una alta presión de reflujo. Mientras más larga sea la línea y mayor la velocidad del líquido, mayor será la carga de choque. Esta puede ser de suficiente magnitud como para reventar la tubería y romper las conexiones y válvulas. Esto es lo que generalmente se llama golpe de ariete.

La máxima presión causada por el golpe de ariete o reflujo por impulso, puede calcularse con la siguiente gráfica. Esta se basa en información para agua, pudiendo aplicarse a otros líquidos industriales similares. En general, un buen diseño eliminará las válvulas de apertura rápida en todas las líneas, excepto en tramos muy cortos.

(Lo inverso se aplica a la utilización de válvulas de retención cuando se bombea contra la gravedad o presiones. En estos casos, las válvulas deben cerrar lo más rápidamente posible, para reducir a un mínimo la velocidad del líquido que fluya a través de la válvula de retención.)

INSTRUCCIONES:

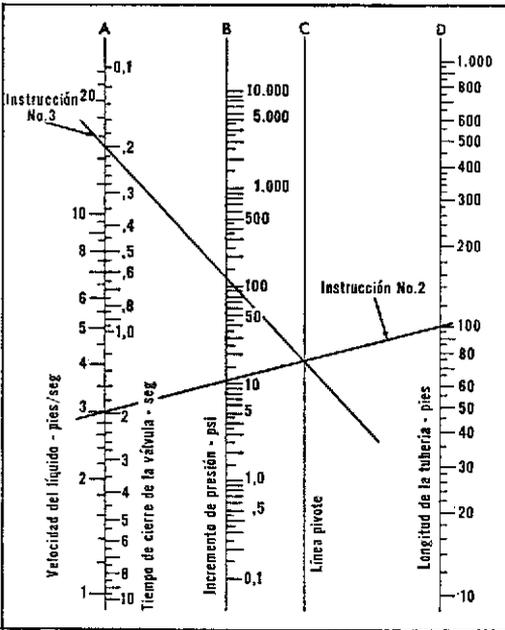
1. Deberán conocerse la velocidad del líquido en pies/seg, la longitud del tubo en pies y el tiempo de cierre de la válvula en segundos.
2. Unase, utilizando una regla u otro implemento similar, la velocidad del líquido en el tubo (Línea A) y la longitud de la tubería (Línea D).
3. Márquese la intersección de la línea anterior con la línea pivote (Línea C).
4. Unase la marca anterior con el tiempo de cierre de la válvula que se use (Línea A).
5. La intersección de la línea anterior con la línea de incremento de presión (Línea B) es la presión de reflujo por impulso en el líquido (golpe de ariete).

La presión de reflujo por impulso en el líquido (golpe de ariete) debe añadirse a la presión previa de la tubería, para obtener la máxima presión de la tubería, a ser usada en la selección de la clase de tubo o espesor de la pared del mismo.

La gráfica está basada en la fórmula:

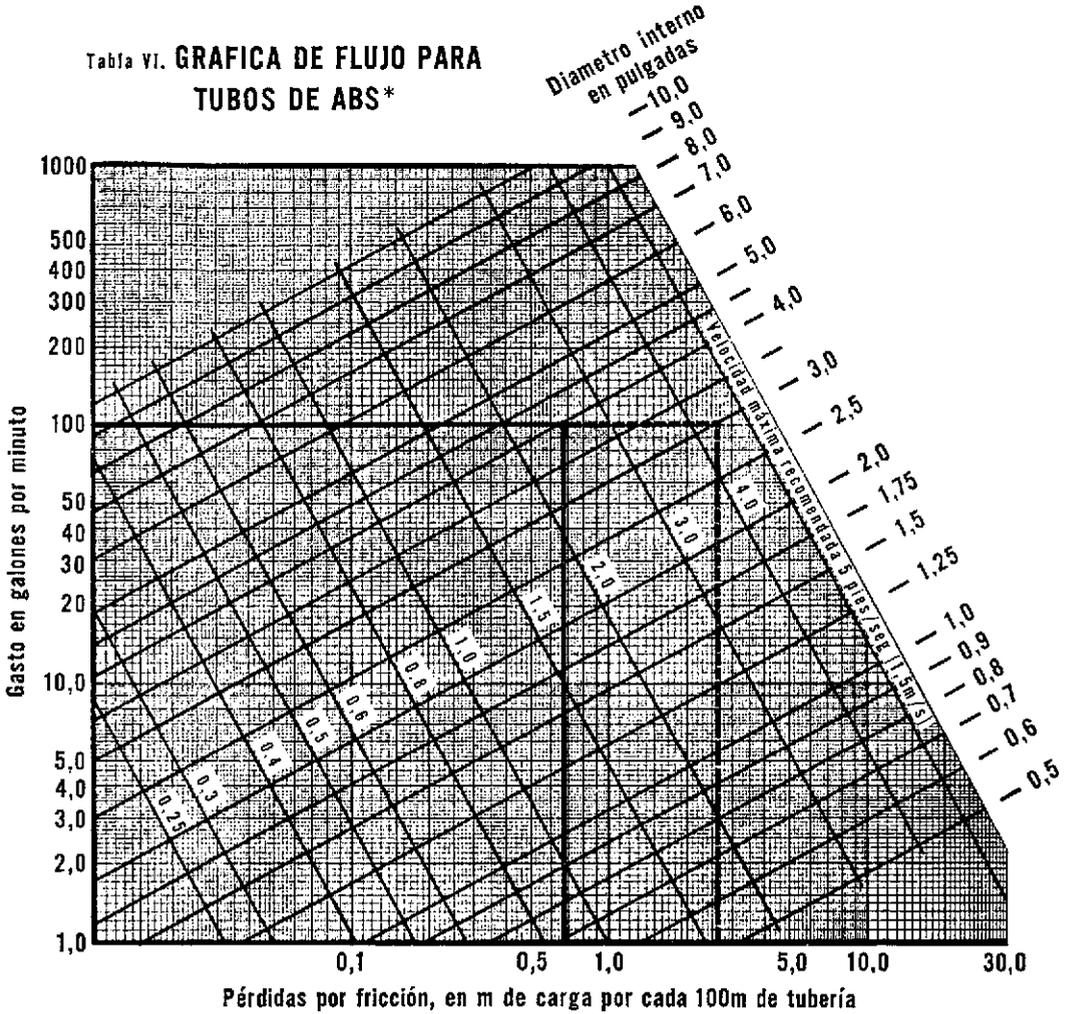
$$P = \frac{0,070 VL}{T}$$

Donde P es el incremento de presión debido a reflujo por impulso, en lbs/plg², L es la longitud de la tubería en pies, V es la velocidad del líquido en pies/seg y T es el tiempo de cierre de la válvula en segundos.



* Reproducido con permiso de la B. F. Goodrich Co.

Tabla VI. **GRAFICA DE FLUJO PARA TUBOS DE ABS***



* Reproducido con permiso de la Marbon Chemical Co

Debe entenderse que estos valores de la pérdida de carga corresponden únicamente a pérdidas por fricción en el tubo.

Estos valores se basan en un tubo recto y bien colocado, debiendo considerarse adicionalmente las pérdidas de carga debido a válvulas, accesorios, cambios en elevación y cualquier cambio brusco en la dirección del flujo.

En caso de que se prefiera usar la pérdida de carga en términos de pérdida de presión (psi) en vez de pérdida de carga en pies, multiplíquese la pérdida de carga específica (en pies) por un factor de conversión de 0,4335 para obtener la pérdida por fricción en libras por pulgada cuadrada por cada 100 pies de tubo.

Estas curvas han sido trazadas usando la siguiente fórmula:

$$V = Cr^{0,63} S^{0,54} \times 0,001^{-0,04}$$

$$S_{100} = \frac{302,36V^{1,852}}{C^{1,852} D^{1,167}}$$

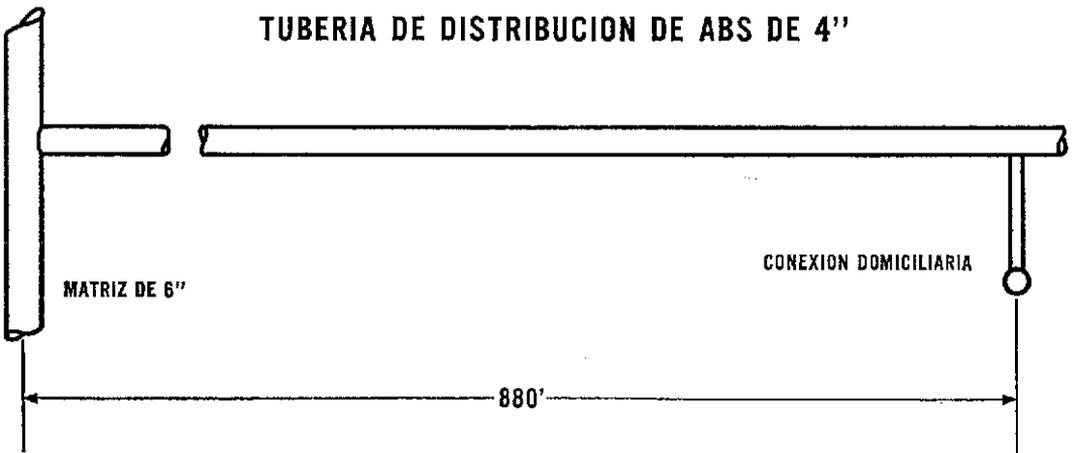
- donde: D = diámetro interno en pulgadas
- V = velocidad media en pies por segundo
- C = coeficiente de retardo = 140
- r = radio hidráulico medio del tubo, o diámetro ÷ 4, en pies
- S = Gradiente hidráulico o pendiente
- S₁₀₀ = Pérdida de carga en pies por cada 100 pies

de ABS deberán dejarse curar por 24 horas, aproximadamente, antes de aplicar la presión de prueba al sistema. Para líneas de baja presión, la prueba puede hacerse poco después de hacerse las juntas.

La profundidad de enterramiento del tubo debe ser determinada por las condiciones particulares de la localidad y el diseño del sistema. En todos los casos, el tubo se colocará por debajo de la línea de helada. Generalmente se recomienda un relleno de unas 30". Al igual que con los otros tipos de plásticos, la zanja no deberá tener cambios bruscos en elevación, los cuales ocasionarían un esfuerzo extra en el tubo después del relleno. Igualmente, deberán eliminarse de la zanja las rocas y objetos cortantes. Si no se ha elaborado un plano de construcción preciso

del sistema de abastecimiento de agua, y se hace necesario localizar las tuberías después de la instalación, es necesario colocar un alambre indicador, de manera de localizar el tubo enterrado usando un dispositivo electrónico. Al diseñar un sistema de abastecimiento de agua utilizando tubos de ABS, la presión estática no deberá exceder la presión de diseño de clasificación del tubo. Las presiones de trabajo del sistema no deberán exceder del 65% de la clasificación del tubo.

El uso de la gráfica que aparece en la tabla VI, para determinar las pérdidas por fricción en un tubo de un tamaño dado, que conduce un volumen de agua deseado, puede comprenderse mejor mediante el uso de un ejemplo:



Si la presión en la tubería es de 40 psi, y el tubo de ABS de 4" debe conducir 100 gpm, entonces la pérdida por fricción, que se encuentra en la línea vertical debajo de la intersección de la línea de 4" y de la de 100 gpm es de 0,66 pies (o metros) de pérdida por cada 100 pies de longitud de tubo. La velocidad promedio es aproximadamente de 2,6 pies por segundo. La pérdida por fricción en los 880 pies de lateral será de $0,66 \times 8,8 = 5,8$ pies o $5,8 \div 2,31 = 2,5$ psi. La pérdida de carga para

tubos de hierro fundido en igualdad de condiciones sería de 5,3 psi, aproximadamente.

La gráfica de flujo puede también usarse para determinar el tamaño mínimo de tubo, que satisface ciertos requisitos dados. Por ejemplo, se entra en la escala de la izquierda de la gráfica con 100 gpm y se sigue esta línea hacia la derecha, hasta el punto de la escala que corresponde a diámetros internos del tubo entre 2,0" y 3,0". Esto significaría que un tubo de 3" conduciría 100 gpm con una velocidad

aproximada de 4,5 pies por segundo, lo que está dentro del límite de velocidad de 5 pies/segundo. Si asumimos la misma presión disponible de 40 psi como en el problema anterior, la pérdida por fricción sería de unos 2,6 pies de carga (leyendo hacia abajo en la línea vertical desde la intersección de 100 gpm y el diámetro de 3") por cada 100 pies de tubo. $2,6 \times 8,8 = 23$ pies. $23 \text{ pies} \div 2,31 = 9,9$ psi.

Al igual que los tubos de polietileno y de PVC, el tubo de ABS está siendo extensamente usado en instalaciones de piscinas, tanto en las pequeñas domésticas, como en las grandes piscinas comerciales. Tales tuberías se utilizan para los drenajes, líneas de vacío, líneas de retorno de los filtros a las bombas y en las tuberías de abastecimiento. El tubo de plástico no se recomienda para instalaciones al exterior, para múltiples de bombas ni para tuberías adyacentes a calentadores. El sistema completo de circulación puede diseñarse e instalarse con tubos de ABS o de otros plásticos, a más bajo costo. Los diámetros están determinados por el diámetro de la bomba y el filtro, los cuales, a su vez, son seleccionados según el tamaño y el ciclo de remoción de la piscina. En las bombas, múltiples, y similares deberán utilizarse conexiones roscadas en los empalmes con tuberías de metal, usándose

adaptadores convenientes. Todas las demás juntas se harán mediante soldadura con solvente.

Las presiones de reflujo o golpes de ariete no tienen mayor importancia en los sistemas de piscinas, por las siguientes razones:

1) Generalmente, la bomba de recirculación opera continuamente. No ocurren variaciones de presión, ocasionadas por aperturas rápidas de válvulas.

2) Las presiones de operación son bajas. Aun con filtros de diatomáceas, las contrapresiones en la bomba rara vez exceden de 30 psi.

3) Los tramos de tuberías son cortos, reduciendo el impacto cinético que puede acompañar los cierres de válvulas en otros sistemas.

No se requieren cámaras de compensación ni otros dispositivos amortiguadores de presión. Las tuberías de ABS o de cualquier otro plástico, para piscinas, deberán someterse a una prueba de presión antes de cubrirlas o enterrarlas en concreto.

Hay muchas otras consideraciones para los variados usos y aplicaciones de los tubos plásticos. Los sistemas de riego y de rociadura, pozos y otros usos, requieren prácticas de ingeniería cabales para lograr instalaciones duraderas y libres de problemas. La primera consideración es empezar con tubos plásticos *de calidad*.

CAPITULO 12

Aceptación de los tubos plásticos por funcionarios de sanidad y de acueductos

El primer polietileno conocido fue producido en Inglaterra en diciembre de 1935. Durante unos experimentos llevados a cabo por los químicos de los "Imperial Chemical Industries Laboratories", se hizo reaccionar etileno, bajo alta presión, introduciéndose, por pura casualidad, una pequeña cantidad de oxígeno en la reacción. Esto fue suficiente para producir la polimerización, lográndose así un total de cerca de ocho gramos de un material que vino a ser el primer polietileno que se produjo. Los registros de la Sociedad de la Industria de los Plásticos indican que en 1961 se produjeron 1.550.000.000 de libras de polietileno en los Estados Unidos.

El primer plástico comercial, el nitrato de celulosa, fue producido en los Estados Unidos en 1868, al tener lugar una escasez de marfil para la fabricación de bolas de billar. El celuloide, desarrollado por John Wesley Hyatt, se usó no solamente para bolas de billar, sino también para muchas otras aplicaciones. Fue alrededor de 1909 cuando se descubrieron las resinas de formaldehído de fenol, y actualmente la Bakelita ha llegado a ser muy conocida en todas partes.

Los vinilos, de los cuales hay siete tipos principales, fueron inicialmente introducidos en los Estados Unidos en 1927. El cloruro de polivinilo y el polivinilideno son los únicos

vinilos que se utilizan en la producción de tubos plásticos. En 1961, la producción total de polivinilos alcanzó 1.205.000.000 libras, aproximadamente, cifra ligeramente inferior a la producción actual de polietileno.

Los materiales de ABS se desarrollaron en 1948 y se usan en muchas clases de aplicaciones, incluyendo la producción de tubos plásticos.

Estos datos sobre el descubrimiento y desarrollo de ciertos tipos de materiales plásticos se presenta aquí para resaltar el relativamente corto tiempo durante el cual se han utilizado plásticos para la producción de tubos para sistemas de agua. En los Estados Unidos, la producción de tubos plásticos de PE, PVC y ABS empezó en 1945. Durante los primeros años de introducción de un nuevo producto, su aceptación, para usos específicos, es generalmente lenta. Esto es natural, pues el público se ha acostumbrado al uso de un producto aceptado y debe convencerse de que el nuevo producto tiene mayores ventajas que el que ha venido aceptando por cierto tiempo. En el caso de los tubos plásticos, al comenzar a ser ofrecidos para sistemas de agua, ya existía toda una serie de materiales que se usaban con este fin y que gozaban de un largo historial de aceptación. Durante muchos años, el mundo entero había aceptado el uso de los tubos de hierro y de cobre, de concreto, de asbesto-cemento, de arcilla en aplicaciones sin

presión, y, para usos específicos, otros materiales tales como el vidrio, para la conducción de agua. Siempre se duda de lo nuevo y no probado, aun cuando pueda ser superior a los otros productos que han sido aceptados a través de los años. Así sucedió al aparecer el tubo plástico en los Estados Unidos, lo cual ocurrió en los últimos años de la Segunda Guerra Mundial, cuando tuvo lugar la escasez de metal para tuberías. Gran parte de los tubos de polietileno que se producían entonces se fabricaban con materiales de baja calidad, y en muchos casos, con restos de cables y otros materiales de segunda mano. Sus propiedades físicas eran dudosas, y muchos funcionarios de salud pública plantearon el problema de los riesgos tóxicos potenciales. En varias regiones del país se permitió la construcción de instalaciones de prueba, pero, ante las fallas que se experimentaron, los ingenieros sanitarios estatales se rehusaron a aceptar el tubo de polietileno. Se oían entonces numerosos comentarios sobre los tubos plásticos, y uno de ellos era que éstos, al igual que los juguetes plásticos, se quebrarían, que no iban a resistir las presiones y que, por lo tanto, no eran seguros. Desgraciadamente, esto resultó cierto en los primeros años en que se usaron los tubos plásticos para sistemas de agua. Hoy en día, esto es falso. Cualquiera de los tres materiales plásticos principales utilizados en tuberías de agua, o sea el PE, el PVC y el ABS, pueden producir productos de alta calidad.

Entre los primeros ingenieros sanitarios de los Estados Unidos que rehusaron aceptar los tubos plásticos para acueductos, se encontraban los de Wisconsin e Illinois. También estuvieron ellos entre los primeros que permitieron el uso de los tubos plásticos en sus Estados. Transcurrieron varios años antes de que se produjera un cambio de actitud, lo que solamente ocurrió después de que cada uno de los ingenieros había servido en el Comité sobre Plásticos de la FNS y se había convencido de que los materiales plásticos podían ser útiles en el transporte de agua potable.

Los siguientes párrafos de la Ordenanza de

Plomería del Estado de Illinois y la Ordenanza del Estado de Wisconsin, muestran la actitud que allí prevalece:

Secciones de la Ordenanza de Plomería del Estado de Illinois, relativas a los tubos plásticos

3.3 Tubos plásticos y sus accesorios para abastecimientos de agua potable.

3.3.1. Se pueden utilizar tubos plásticos y sus accesorios en sistemas de agua potable únicamente para conexiones domiciliarias y para sistemas de tuberías de agua fría fuera de los cimientos o paredes del edificio. Todo tubo plástico utilizado para estos fines se instalará debajo del punto de penetración de las heladas y por lo menos a la profundidad mínima prescrita por la autoridad administrativa. Todos los montantes hacia los accesorios externos o los grifos de manguera serán metálicos, tal como lo autoriza el párrafo 10.10.1. Los tubos plásticos o sus accesorios no se utilizarán en sistemas de agua caliente, o en sistemas de agua fría en el interior del edificio.

3.3.2. Los tubos plásticos y sus accesorios, el cemento plástico y el lubricante de roscas para tubos de plástico rígidos, deberán ostentar el Sello de Aprobación de la Fundación Nacional de Saneamiento, y el nombre del fabricante, el material usado en la fabricación y el nombre de la fábrica deberán estar incluidos en la "Lista del Sello de Aprobación de Materiales, Tubos y Accesorios Plásticos para Sistemas de Abastecimientos de Agua Potable", preparada y publicada por el Laboratorio de Ensayos de la FNS. Este material, en el sitio de instalación, deberá ostentar en forma visible dicho Sello de Aprobación.

3.3.3. Todo tubo plástico y accesorios para uso en sistemas de agua potable deberá tener una máxima presión de trabajo, continua, de por lo menos 100 psi a 73,4°F. Además, el uso del tubo plástico flexible se limita a las Series 3 de tubos de polietileno hasta 2" inclusive, tal como se especifica en la Norma Comercial CS 197-57 o en la revisión actual de dicha norma.

3.3.4. Juntas y accesorios. Las juntas de los tubos plásticos se harán de acuerdo con las recomendaciones de los fabricantes, sujetas a las siguientes limitaciones:

a) Los tubos de plástico flexibles se instalarán únicamente con juntas del tipo de inserción y abrazaderas. Todas las abrazaderas se fabrica-

rán con material resistente a la corrosión y completamente homogéneas.

b) Los tubos de plástico rígidos o semirígidos se instalarán únicamente con conexiones y juntas soldadas por solvente, de bridas o roscadas. Las juntas roscadas pueden usarse solamente con tubos y accesorios clase 80 y 120 I.P.S., con las dimensiones indicadas en el Cuadro 1.

c) Todas las juntas deberán ser sometidas a prueba, según lo establecido en el párrafo 14.12.1.

3.3.5. Cemento plástico y compuesto para roscas de tubos. El cemento plástico y el compuesto para roscas de tubos plásticos rígidos deberán haber sido examinados y aprobados en el Laboratorio de Ensayos de la Fundación Nacional de Saneamiento, y deberán ser los específicos para el material de la tubería.

3.3.6. Instalación.

a) El tubo plástico no deberá instalarse en ningún sitio sujeto a calentamiento, ni conjuntamente con tuberías que conduzcan aire o agua caliente o vapor.

b) El fondo de la zanja deberá ser liso y de tierra o arena compactada. Las primeras 6 pulgadas del relleno se harán a mano y estarán desprovistas de rocas o desechos.

3.4. Tubos y conexiones plásticas para drenaje

y ventilación cloacal, no enterrados y dentro de las construcciones.

3.4.1. Los tubos y conexiones plásticas para drenaje y ventilación no enterrados, dentro de las construcciones, deberán ser de las clases 40, 80 o 120, de policloruro de vinilo rígido, Tipos I o II que cumplan con la Norma Comercial CS 207-57, o la revisión vigente de dicha norma que le sea aplicable. Las conexiones serán moldeadas, completamente encastradas del tipo de enchufe, diseñadas para juntas de soldadura con solvente. El diámetro de la campana, medido inmediatamente dentro de la entrada biselada, será como mínimo 0,04 pulgadas mayor que el diámetro externo mínimo del tubo. En casos especiales, podrán usarse adaptadores, acoplamientos, uniones, etc., del tipo roscado o de bridas, siempre que los mismos sean totalmente encastrados y no creen una restricción del flujo mayor que la que crean las conexiones convencionales. En sistemas de drenaje y ventilación cloacal, se prohíbe el uso de juntas o acoplamientos hechos por la soldadura de secciones adyacentes, en lugar de las conexiones normales.

3.4.2. Las juntas de las tuberías plásticas de drenaje y ventilación cloacal no enterradas, dentro de los edificios, se soldarán por solvente, a menos que puedan usarse juntas roscadas o de bridas con los adaptadores, según las disposiciones

CUADRO 1—Dimensiones y tolerancias para tubos plásticos rígidos o semirígidos

Tamaño nominal (pulgadas)	Diámetro exterior * (pulgadas)	Espesor de la pared †		
		Clase 40	Clase 80	Clase 120
1/8	0,405 ± 0,008	0,068	0,095	—
1/4	0,540 ± 0,008	0,088	0,119	—
3/8	0,675 ± 0,008	0,091	0,126	—
1/2	0,840 ± 0,008	0,109	0,147	0,170
3/4	1,050 ± 0,010	0,113	0,154	0,170
1	1,315 ± 0,010	0,133	0,179	0,200
1 1/4	1,660 ± 0,012	0,140	0,191	0,215
1 1/2	1,900 ± 0,012	0,145	0,200	0,225
2	2,375 ± 0,012	0,154	0,218	0,250
2 1/2	2,875 ± 0,015	0,203	0,276	0,300
3	3,500 ± 0,015	0,216	0,300	0,350
3 1/2	4,000 ± 0,020	0,226	0,318	0,350
4	4,500 ± 0,020	0,237	0,337	0,438
5	5,563 ± 0,030	0,258	0,375	0,500
6	6,625 ± 0,035	0,280	0,432	0,562

* Si el tubo está fuera de redondez, ningún diámetro deberá estar fuera de la tolerancia indicada.

† Espesor mínimo. Para tubos Clase 40, 80 y 120, se permitirá una tolerancia de +10%.

del párrafo 3.4.1. El cemento solvente se especificará para uso en tubos de policloruro de vinilo. La junta acabada deberá llenar los requisitos de funcionamiento especificados en el párrafo 11.2.1.

3.4.3. Soportes colgantes y apoyos. Las tuberías verticales deberán estar soportadas a distancias equivalentes a la altura de un piso y en la base, como mínimo. Los tubos horizontales deberán estar soportados cada 6 pies, por lo menos.

3.5. Tubos plásticos y conexiones para tuberías de desagüe.

3.5.1. Los tubos plásticos y conexiones para tuberías de desagüe deberán tener una resistencia promedio al aplastamiento de 800 libras por pie lineal, carga a la cual la reducción máxima del diámetro interior original no deberá exceder de 15%. La prueba de aplastamiento consistirá de una prueba de apoyo en tres filos, tal como se establece en la especificación ASTM C-455. Los accesorios deberán ser del mismo material que el tubo, moldeados, roscados, de bridas o de enchufe, diseñados para juntas de soldadura por solvente. El diámetro de la campana, medido inmediatamente dentro de la entrada biselada, será como máximo 0,04 pulgadas mayor que el diámetro exterior mínimo del tubo. Las conexiones serán completamente encastradas y lisas, y no deberán ocasionar ninguna restricción al flujo. Podrán usarse, si es necesario en casos especiales, accesorios de adaptación con la condición de que no ocasionen ninguna restricción al flujo y cumplan los requisitos de funcionamiento especificados en el párrafo 11.2.1. Se prohíbe el uso, en sistemas de desagüe y ventilación cloacal, de uniones o acoplamientos hechos por la soldadura de secciones adyacentes, en lugar de las conexiones normales.

3.5.2. Las conexiones cloacales flexibles, no enterradas, de coches de remolque (trailers) o viviendas móviles que utilizan tubos y conexiones plásticas y de otros materiales elastoméricos, deberán cumplir con los requisitos establecidos en la Ley de Control de los Parques para Coches de Remolque de Illinois.

3.5.3. Las juntas de las tuberías cloacales serán de soldadura por solvente, roscadas o de bridas. El cemento solvente será específico para el tipo de material plástico usado en la fabricación de los tubos y conexiones. En todos los aspectos restantes, las juntas se harán de acuerdo

con las recomendaciones de los fabricantes, debiendo cumplir los requisitos estipulados en el párrafo 11.2.1.

3.5.4. Instalación. Las tuberías plásticas para desagüe se colocarán en zanjas que tengan un fondo de tierra o arena lisa y compactada. Las primeras 6 pulgadas del relleno se harán a mano y estarán desprovistas de rocas o desechos. Todo tubo plástico utilizado a este fin deberá instalarse por debajo del nivel máximo de helada registrado, y por lo menos a la profundidad mínima prescrita por la autoridad administrativa.

*Secciones de la ordenanza de plomería del
Estado de Wisconsin*

H 63.05. Tubos Plásticos

1) *Limitaciones de uso.* Tubos plásticos que cumplan con las especificaciones señaladas en la subsección 2) pueden instalarse en sustitución de los materiales especificados en el capítulo H 62, para los siguientes usos:

a) Tuberías subterráneas de presión, en sistemas de agua potable fría, para residencias privadas y edificios de granjas, excepto aquellas situadas dentro de los límites incorporados de cualquier ciudad o aldea que esté dotada de un sistema público de agua o de cloacas, o dentro de las áreas especificadas en el Capítulo 236, adyacentes a tales ciudades o aldeas y dentro de los límites de todo distrito cloacal metropolitano.

b) Para otros usos que puedan ser autorizados por la Junta, cuando tales instalaciones proporcionen experiencias adicionales en el uso de los tubos plásticos.

2) *Especificaciones.* Los tubos y accesorios plásticos deberán cumplir los siguientes requisitos:

a) Cada pieza deberá ostentar el Sello de Aprobación de la Fundación Nacional de Saneamiento, la presión de clasificación y el nombre del fabricante o marca de fábrica.

b) La presión mínima de trabajo, permisible, a 73,4°F se basará en la presión máxima en el sistema de agua, en la forma siguiente:

<i>Presión máxima en el sistema de agua Libras por pulgada cuadrada</i>	<i>Presión de trabajo admisible Libras por pulgada cuadrada</i>
Menos de 50.....	75
50 a 75.....	100
75 a 100.....	125

3) *Instalación.* La instalación de los tubos plásticos deberá hacerse de acuerdo con los siguientes requisitos:

a) Para los usos permitidos en la subsección 1-a), las tuberías deberán terminar fuera de las paredes del edificio servido y no se instalarán en sitios o conductos sujetos a calentamiento ni conjuntamente con tuberías de agua caliente o vapor.

b) Las juntas deberán ensamblarse en forma tal que garantice la permanencia de la misma. Todo cemento o solvente que va a usarse no deberá contener ingredientes tóxicos o que causen olores al agua. Todas las abrazaderas de metal que se usen deberán ser resistentes a la corrosión y totalmente homogéneas.

c) La zanja deberá tener un fondo liso y compactado. Donde se encuentran rocas o piedras, la zanja deberá rellenarse con arena o tierra sin piedras en una profundidad de 2 a 3 pulgadas.

d) Con tuberías termoplásticas, deberá proporcionarse una longitud adicional de una pulgada por cada 8 pies de longitud de la instalación. Antes de hacer el relleno, se hará circular a través del tubo agua a temperatura de pozo, hasta que el tubo alcance la temperatura aproximada del agua.

e) Las primeras 6 pulgadas de material de relleno deberán estar desprovistas de rocas o terrones, y el mismo se hará cuidadosamente a mano.

f) Los diámetros de los tubos y los demás requisitos de la instalación deberán cumplir con lo previsto en el capítulo H 62.

4) *Informes.* El dueño de la instalación o el que efectúe reparaciones en la misma deberá informar a la Junta de toda falla que se produzca en la instalación. Si la falla ocurre en una sección de tubo o en una conexión, la parte que falle deberá ser sometida al examen de la Junta. Las causas externas que pueden contribuir a una falla deberán explicarse exhaustivamente.

Una serie de organismos estatales de todo el país ha asumido actitudes similares. En algunos estados, la aceptación del tubo plástico por las autoridades competentes se ha hecho basándose en poderes legales existentes. Como ejemplo de tal acción, los siguientes memoranda números 13 y 14, expedidos por el Ingeniero Estatal de la Florida, indican la actitud en este Estado, en

relación con la aceptación de tubos plásticos para usos en sistemas de agua potable.

Junta Sanitaria del Estado de la Florida

Wilson T. Sowder, M.D., M.P.H., Funcionario de Sanidad del Estado, Jacksonville 1

10 de octubre de 1960

Oficina de Ingeniería Sanitaria

David B. Lee

Director

División de Abastecimiento de Agua

J. B. Miller

Director

MEMORANDUM No. 13 (1960)

PARA: Funcionarios de Sanidad de los Distritos, Ingenieros e Inspectores Sanitarios, e Ingenieros Consultores

DE: David B. Lee, Director

ASUNTO: TUBOS RIGIDOS DE CLORURO DE POLIVINILO NO PLASTIFICADO

A quien pueda interesar, se transmite la siguiente información sobre la posible consideración favorable del material de referencia, en los proyectos de sistemas públicos de abastecimiento de agua, cuyos planos y especificaciones pueden someterse a la consideración de la Junta de Sanidad del Estado, con fines a su aprobación:

1) La aprobación del tubo plástico y de sus accesorios por la Fundación Nacional de Saneamiento, demostrada por la inclusión no revocada del fabricante y su respectiva marca de fábrica o designación del producto o productos, en la edición actual o más reciente del Boletín de la F.N.S.* "Lista del Sello de Aprobación de los Materiales, Tubos y Accesorios Plásticos para Sistemas de Abastecimientos de Agua Potable", es de importancia primordial, a fin de evitar que el agua pueda tornarse tóxica, o adquirir olores, sabores o colores indeseables.

2) En relación con las características hidráulicas y mecánicas de los tubos, deberán cumplirse los requisitos estipulados en la Norma Comercial CS 207-60 (Tubos rígidos de cloruro de polivinilo

* Puede obtenerse de la FNS, Escuela de Salud Pública, Universidad de Michigan, Ann Arbor, Michigan, E.U.A.

no plastificado),* puesta en vigor el 15 de febrero de 1960, del Departamento de Comercio de los Estados Unidos, División de Normas de Productos de la Oficina de Servicios Técnicos, con la colaboración de la Oficina Nacional de Patrones y Medidas (*National Bureau of Standards*). Para ser considerado en este respecto, el tubo deberá ser producido por un fabricante que acepte la citada Norma, aceptación que será evidenciada por la inclusión del nombre del fabricante en la lista adjunta a ella. (*Nota:* El Sello nSf en un tubo plástico certifica que éste ha sido fabricado de acuerdo con las normas comerciales competentes.)

3) Las especificaciones técnicas de un proyecto específico donde se contemple el uso del mencionado material plástico, deberán estipular la identificación o designación, como lo establece la Norma citada; además, se espera que el comprador (propietario del proyecto) exigirá tal evidencia específica de conformidad con la Norma.

Es obvio que deberá tenerse cuidado especial en el diseño de un sistema, o de parte del mismo, en donde se use el material plástico mencionado, para un proyecto específico. Por cuanto el tubo Clase 150 se considera como el tubo de clasificación de presión mínima para sistemas públicos de abastecimiento de agua, debe estudiarse debidamente el tipo y clasificación del material. Se sobreentiende que la Sociedad de la Industria de los Plásticos (División de Tuberías Termoplásticas) considera que la presión de trabajo segura es $\frac{1}{2}$ de las presiones mínimas de estallido tabuladas en la Norma. La relación entre la condición térmica y las presiones de estallido debe ser objeto de atención especial. Para que este material pueda ser usado eficientemente en un proyecto dado, se deberán también especificar las condiciones, procedimientos y precauciones en lo que se refiere a juntas, colocación y relleno.

10 de octubre de 1960

MEMORANDUM No. 14 (1960)

PARA: Funcionarios de Sanidad de los Distritos, Ingenieros e Inspectores Sanitarios, e Ingenieros Consultores
DE: David B. Lee, Director

* Puede obtenerse del *Superintendent of Documents, U.S. Government Printing Office, Washington 25, D.C. E.U.A.*

ASUNTO: TUBOS PLASTICOS RIGIDOS DE ABS (Dimensiones IPS)

Se hace del conocimiento de aquellos interesados, la siguiente información sobre la posible consideración favorable del material de referencia, en los proyectos de sistemas públicos de abastecimiento de agua, cuyos planos y especificaciones pueden someterse a la consideración de la Junta de Sanidad del Estado, a los fines de su aprobación:

1) Los accesorios y tubos plásticos deberán estar aprobados por la FNS. Esto es de gran importancia, para evitar que el agua pueda tornarse tóxica o adquirir olores, sabores o colores indeseables. Se considera como evidencia de aprobación la inclusión no revocada del fabricante y su respectiva marca de fábrica, o designación del producto o productos, en la edición actual o más reciente del Boletín de la FNS, "Lista del Sello de Aprobación de los Materiales, Tubos y Accesorios Plásticos para Sistemas de Abastecimientos de Agua Potable".

2) En cuanto a las características hidráulicas y mecánicas de los tubos, deberán cumplirse los requisitos estipulados en la Norma Comercial CS 218-59, Tubos Plásticos Rígidos de ABS (Dimensiones IPS), puesta en vigor el 1 de mayo de 1959 por el Departamento de Comercio de los Estados Unidos, a través de su División de Normas de Productos de la Oficina de Servicios Técnicos, con la colaboración de la Oficina Nacional de Patrones y Medidas. A este respecto, el tubo deberá ser producido por un fabricante que acepte la citada Norma, aceptación que será demostrada por la inclusión del nombre del fabricante en la lista adjunta a ella.

3) Para facilitar las inspecciones de campo, las especificaciones técnicas de un proyecto dado que contemple el uso del material plástico mencionado, deberán estipular la identificación o designación, como lo establece la Norma citada. También se espera que el comprador (propietario del proyecto), exigirá tal evidencia específica de conformidad con la Norma.

Para un proyecto específico, es evidente que deberá tenerse cuidado especial en el diseño de un sistema, o parte del mismo, que contemple el uso del material en referencia, dando la debida atención a las limitaciones y ventajas de tal material. Por cuanto el tubo Clase 150 se considera

como el tubo de clasificación de presión mínima, para sistemas públicos de abastecimiento de agua, deberá darse la debida consideración a las apropiadas series de tubos de ABS, en este aspecto. Se sobrentiende que la Sociedad de la Industria de los Plásticos (División de Tuberías Termoplásticas) indica que las presiones de trabajo del material en referencia deben determinarse sobre la base de una relación de 1 a 3,75 de la presión hidrostática de estallido mínima, según la Norma CS 218-59. Deben tomarse en cuenta las condiciones térmicas y hacer las reducciones apropiadas. Deben incluirse en las especificaciones técnicas las condiciones, procedimientos y precauciones en lo que se refiere a las juntas, colocación y relleno.

En 1957 se había publicado una declaración similar, en relación con el uso del tubo de polietileno en piscinas y sistemas públicos de abastecimiento de agua.

El breve reglamento de la Ley y Ordenanza de Plomería del Estado de Kentucky que presentamos a continuación, cubre la aceptación de tuberías plásticas en abastecimientos de agua:

Ley y Ordenanzas, Reglas y Reglamentos de Plomería del Estado de Kentucky, 1957

Sección 79. Tubos y Accesorios para Suministro de Agua—Materiales

Las tuberías que van a usarse en los sistemas de abastecimiento de agua serán de hierro forjado galvanizado, acero, latón, cobre, hierro fundido, o ciertos tubos que cumplan con las normas de la FNS. Los accesorios serán de latón, cobre, o plástico aprobado, o hierro galvanizado o hierro maleable galvanizado. No podrán usarse en sistemas de distribución de agua, tuberías o accesorios que hayan sido usados con otros fines. Todas las juntas del sistema de abastecimiento de agua deberán ser de un tipo aprobado, y serán roscadas, soldadas o juntas plásticas. Las juntas de los tubos de hierro fundido podrán ser calafateadas, roscadas o mecánicas.

Muchos otros estados de los Estados Unidos han seguido los ejemplos dados por las autoridades competentes de los estados citados anteriormente. Tal vez sea interesante mostrar como se llega en los estados a algunas acciones, en relación con la autorización del uso de tubos

plásticos en acueductos. El siguiente es un informe relativo al desarrollo de los acontecimientos que culminaron en la aceptación de los plásticos bajo la Ordenanza del Estado de California:

El 27 de octubre de 1955, el Sr. Harold H. Yackey, Ingeniero Jefe de los Sistemas Suburbanos de Abastecimiento de Agua, Puente, California, presentó el trabajo "La experiencia de California con los tubos plásticos", ante una reunión de la Sección de California de la Asociación Americana de Sistemas de Abastecimiento de Agua, o la "AWWA" (*American Water Works Association*). Este resume las experiencias recientes del Estado de California, con el uso de tubos plásticos en áreas suburbanas de sistemas municipales de distribución de agua. Los sistemas de acueductos suburbanos han instalado tubos de polietileno y butirato de $\frac{3}{4}$ "-2" en aproximadamente 8.000 servicios durante los últimos dos años. Estos servicios fueron instalados principalmente en el Distrito de Los Angeles, desde Glendora en el norte, hasta más al sur de la Autopista de Santa Ana, y desde el Río San Gabriel en el oeste hasta varias millas al este de la Ciudad de Covina.

En el otoño de 1955, la Sección de la Costa Occidental de la AWWA formó un Comité encargado de estudiar la posible inclusión de los tubos plásticos en los reglamentos para abastecimientos de agua, actualmente definidos por la Comisión de Servicios Públicos de California.

Se efectuaron audiencias en San Francisco, el 31 de agosto de 1955, y el 7 de septiembre de 1955 en Los Angeles, en las cuales la Sociedad de la Industria de los Plásticos presentó un informe a nombre de los fabricantes de tubos plásticos, en el cual se citaba la aplicabilidad de los tubos plásticos para el transporte de agua potable. El asunto fue estudiado por el Comité de la Costa Occidental de la AWWA, el cual presentó sus recomendaciones a la Comisión de Servicios Públicos de California, en la primavera de 1956. Audiencias adicionales en relación con estas recomendaciones, se realizaron el 30/4/56 y el 14/5/56 en San Francisco. Desde el 1 de julio de 1956, el Sistema de Servicios Públicos ha permitido el uso de tubos plásticos en sistemas públicos de abastecimiento de agua, de propiedad privada, en California.

En 1960, existían en los Estados Unidos mucho más de tres millones de instalaciones de agua privadas donde se usaba el tubo plástico. La tasa de aceptación alcanzaba los 20.000.000 pies de tuberías instaladas mensualmente. En ese mismo año, más de 70.000.000 libras de tubo plástico fueron vendidas en el país, cifra que representa el reemplazo de más de 560.000.000 libras de tuberías metálicas corrientes. Desde 1945, la aceptación del plástico para tuberías ha aumentado de tal manera que se estima que más de 2.000 millones de pies de tuberías han sido instaladas en los Estados Unidos. Debe notarse que ha sido utilizada gran cantidad de estas tuberías para el transporte de gas natural, mientras que los demás usos incluyen riego, manipulación de sustancias químicas, así como agua potable. Debe entenderse que, además de la acción estatal, ha sido tomada una acción similar por un gran número de ciudades y distritos. Por ejemplo, el Distrito de Baltimore, Maryland, promulgó una ordenanza permitiendo el uso de tubos plásticos para acueductos municipales, al igual que en las ciudades de Los Angeles, California, Denver, Colorado, Chicago, Illinois, Phoenix, Arizona, Kansas City, Missouri y muchas otras.

Hay que destacar que en casi todos los casos en que las ordenanzas, leyes o reglamentos estatales, urbanos o distritales, han permitido el uso de tubos plásticos, han existido dos requisitos principales. Uno es que el tubo cumpla los requisitos de las Normas Comerciales del Departamento de Comercio de los Estados Unidos; el otro es que esté aprobado por la Fundación Nacional de Sancamiento y ostente el Sello de Aprobación de la misma. Es importante que el tubo plástico usado en la conducción de agua potable no sea tóxico, que sea sanitariamente seguro y que retenga el agua—que reúna los requisitos físicos de las normas comerciales. Estos dos requisitos básicos han sido los factores determinantes de la aceptación o rechazo del tubo plástico para ser usado en sistemas de agua potable. La aceptación de los tubos plásticos por las entidades reguladoras o estatales carece de

sentido a menos que los usuarios—compradores potenciales—quieran utilizar el tubo plástico en sistemas de agua o para otros usos en plomería. Para tomar una decisión sobre el uso de tubos plásticos en lugar de algún otro material, se deberán considerar no solamente las ventajas que hagan preferible su uso, sino también los factores económicos.

El siguiente informe, del Sr. R. T. Holtz, publicado como Informe del Servicio Técnico de la B. F. Goodrich Chemical Co., puntualiza algunas de las consideraciones para la aceptación de los tubos plásticos para un uso específico (en este caso, tubería cloacal y de ventilación) que se refieren a la instalación, manipulación y costo.

Plomería de vinilo rígido Proyecto de Viviendas Capehart

Han sido terminadas 500 viviendas, todas con plomería de PVC, en el Proyecto de Viviendas Capehart, en la Base Naval de Cayo Hueso, Florida. Se construyeron 420 unidades en Sigsbee Park y 80 se están construyendo en Trumbo Point. Un hecho notable en la construcción de estas unidades fue la utilización de tubos rígidos de vinilo para todas las tuberías de desagüe y ventilación cloacal. Debido a la magnitud del trabajo y a la oportunidad que brindaba de utilizar técnicas de premontaje que los tubos plásticos proporcionan, con las ventajas correspondientes, el trabajo permitió comparar los costos de instalación y el funcionamiento del vinilo rígido con los de hierro fundido.

Debido a las condiciones excesivamente corrosivas del suelo, las Fuerzas Navales de los E.U.A. especificaron el uso de tubos de hierro fundido extra pesado o de PVC clase 40, para la plomería. El tubo rígido de vinilo se especificó de acuerdo con la Especificación Militar P-19119 (Buques). Se utilizó el PVC rígido para todos los colectores cloacales y de desagüe y en la ventilación cloacal, hasta 5 pies fuera de las fundaciones, donde el tubo de PVC se empotró con una tubería de arcilla de 6 pulgadas. Todos los tubos de distribución de agua en el interior de las viviendas eran de cobre tipo L y los tubos de cobre enterrados eran del tipo K. Se utilizó un tubo de vinilo rígido de una pulgada para conectar la línea de cobre de la vivienda, con la de asbesto-cemento.

Todas las casas son de una sola planta. Las casas de Sigsbee Park son del tipo "duplex" con cobertizos dobles para carros separando cada casa. Las casas en Trumbo Point varían desde el tipo "duplex", similar al de las de Sigsbee Park, hasta viviendas unifamiliares con cobertizos para carros. La firma "Norman N. Giller and Associates", de Miami, Florida, realizó los trabajos de diseño arquitectónico y de ingeniería de las viviendas y de la parte urbanística.

Para el relleno del terreno de Sigsbee Park se realizó un dragado de arena y de coral marino. El relleno resultante después de la evaporación del agua salada se llama "marle" y se endurece tanto como el concreto. Este suelo es tan alcalino que un clavo de acero introducido como marcador se desintegró totalmente en seis semanas. La dureza del "marle" hizo casi imposible la excavación a mano; dos excavadoras de roca se rompieron durante la preparación de zanjas para la plomería.

Las unidades de plomería de las 500 casas incluyeron 1.000 cuartos de baño, 500 máquinas de lavar y 500 fregaderos. Cada casa consta de dos cuartos de baño, uno con bañera y otro con ducha. En las unidades "duplex" una sola línea de desagüe se extiende desde la cloaca pública, conectándose a una Y delante de la unidad, donde se bifurca hacia cada vivienda. La cloaca pública está a una profundidad de 2 pies, con ramales laterales que ascienden a una profundidad de 18 pulgadas en el punto de conexión de las viviendas. Los tubos principales de ventilación son de vinilo rígido de 3 pulgadas. Los ramales principales de desagüe son de PVC de 3 pulgadas; y los desagües de la ducha o bañera, fregadero y lavadora son de PVC de 2" y 1½". Todas las juntas de los tubos de PVC fueron cementadas por solvente y las juntas rígidas de vinilo-cobre fueron hechas mediante conexiones roscadas, utilizando boquillas macho de cobre roscadas en el tubo de PVC y soldadas al tubo de cobre.

Jay Jones, Inc., St. Petersburg, Florida, fue el subcontratista de la plomería para el proyecto. Las cifras de costo que presentó a las Fuerzas Navales se basaban en tuberías y accesorios de hierro fundido extra pesado (requerido por las características del suelo) y la mano de obra requerida para el ensamblado e instalación de este material. Los requisitos de las tuberías usados en

la licitación y compra de los materiales fueron los siguientes:

Tamaño	Peso/Pie		Cantidad
	Hierro fundido	PVC (Clase 40)	
1½"		0,48	5.400 pies
2"	5	0,64	25.000 pies
3"	15	1,33	35.000 pies
4"	15	1,90	1.100 pies

Los tubos de vinilo rígido fueron suministrados en piezas de 20 pies, mientras que las de hierro fundido hubieran sido de 5 pies de largo. Se encargaron unas 15.000 conexiones de vinilo rígido para la obra.

Los costos de los tubos de PVC clase 40 y sus conexiones, en comparación con los de hierro fundido, son los siguientes:

Hierro fundido (Estimados):

Tubo de hierro fundido extra pesado para desagüe	\$41.830
(basado en descuento 10-10-10)	
Conexiones de hierro fundido extra pesado	\$15.160
Plomo y estopa	\$ 9.680
	<u>\$66.670</u>

Vinilo rígido (Real):

Tubo para plomería de PVC clase 40	\$38.603
(incluyendo el cemento)	
Conexiones para drenaje de PVC clase 40	\$23.535
	<u>\$62.138</u>

Todos los tubos de PVC para plomería fueron suministrados por la Colonial Plastics Company, de Cleveland, Ohio, de vinilo rígido Geon fabricado por la B. F. Goodrich Chemical Company. Las conexiones también fueron de vinilo Geon, y suministradas por la Sloane Manufacturing Company, de Kansas City, Missouri. Los tubos y conexiones de vinilo para el sistema de agua fueron proporcionados por la Tube Turns Company, de Louisville, Kentucky.

Seis plomeros con licencia, pero sin experiencia previa con tuberías plásticas, fueron entrenados durante dos días en la manipulación, ensamblado e instalación de los tubos. La eficiencia de este entrenamiento se evidenció cuando se notó que de

un total de 35.000 juntas, solamente 3 permitían filtraciones. Dos de las filtraciones se debieron al cementado de las juntas cuando la superficie estaba mojada debido a la lluvia, y la otra fue ocasionada por defecto de la conexión. Para un sistema de plomería de hierro se hubieran necesitado de 24 a 35 hombres, y gran parte del montaje hubiera sido realizado en el terreno, donde la supervisión es más difícil y el trabajo está más sujeto a interrupciones por causas meteorológicas y a técnicas diferentes.

Toda la plomería fue ensamblada en un taller en el sitio de la obra. Se prepararon patrones guías sobre pisos de madera para los montajes. Se usó una sierra eléctrica para precortar los trozos de 20 pies a tamaños adecuados. Con estos métodos de premontaje, dos hombres montaron una tubería de PVC para una sala de baño en unos 30 minutos. El procedimiento de trabajo incluyó la toma del tubo del depósito, su precorte, su puesta en posición, la limpieza de las juntas con solvente, cementación con solvente y almacenamiento. En 10 horas, dos hombres montaron la plomería para 42 cuartos de baño. Se estima que en el caso del montaje de un cuarto de baño con tubería de hierro fundido se hubieran necesitado 8 horas-hombre.

Se simplificó la instalación de la plomería de PVC en el terreno a través del uso de tubería montada en el taller. Sólo se necesitó hacer tres juntas en el terreno para completar la instalación de la plomería. Dos obreros trabajaron durante un promedio de 45 minutos en cada casa para instalar la tubería, incluyendo 15 minutos para traer los tubos y 30 minutos para instalarlos en su lugar.

Antes de cubrirlas se probaron todas las tuberías hidrostáticamente. Se taparon los tubos con tapones y se aplicó una presión de 15 psi. Cuando se prueban a falla, los tapones deberán volar a 50 psi, sin que ocurran fallas en la plomería de PVC.

Ya que una vez colocado el relleno la dureza del suelo impedía cambios de colocación sin excavación, fue necesario sujetar los tubos montantes durante el relleno para asegurar su posición apropiada.

El tubo se enterró a un mínimo de 18 pulgadas para protegerlo del calor del sol. Unos tubos que permanecieron expuestos en la zanja durante varios días se torcieron con el calor. En el caso de

que la inspección y las pruebas de presión se retardasen, se evitó la distorsión de los tubos cubriéndolos con un poco de relleno.

A falta de conexiones de PVC para excusados, se usaron conexiones de hierro fundido. La conexión se colocó sobre el tubo de PVC clase 40, de 3 pulgadas, y la junta se calafateó con plomo. El plomo caliente mostró poco efecto sobre el tubo de PVC. Una corta sección del tubo que sobresalía del calafateado de plomo fue cortada y pulida para permitir un drenaje apropiado.

El montaje de una junta para el tubo de PVC en el ramal de 3 pulgadas se realizó en un minuto aproximadamente. Una junta similar de cobre, con soldadura de acetileno, hubiera tomado entre 10 y 15 minutos, y la de hierro fundido entre 30 y 45 minutos. El montaje de hierro fundido se complica por la necesidad de usar piezas de 5 pies de longitud, así como la dificultad que existe en la colocación exacta del tubo. Las plomerías de vinilo rígido y los montajes tienen suficiente flexibilidad como para permitir su colocación sin que se ocasionen daños en los tubos y las juntas.

Los tubos fueron maltratados durante la construcción. Los tubos montantes estuvieron sometidos a grandes golpes durante el relleno y la colocación de las losas. Los tubos cloacales que pasaban a través de las losas de concreto no se protegieron durante el vaciado de éstas. Además, los tubos montantes que sobresalían del concreto fueron golpeados con el equipo de construcción. El tubo de PVC resistió el impacto sin daños, mientras que el tubo de cobre se dobló y aplastó. Los tubos de hierro fundido se hubieran roto con un tratamiento similar.

Las instalaciones de plomería de PVC fueron terminadas antes de la fecha esperada. La instalación de las piezas sanitarias hubo que posponerla hasta que los carpinteros se pusieron al día con el programa de plomería.

Se tomó nota de la tenacidad del tubo rígido de polivinilo que se usó para este trabajo. El inspector de plomería comentó que había visto solamente una pequeña marca sobre el tubo de PVC que había golpeado contra una bisagra de puerta de acero. Golpes de esta clase nunca podrían ser posibles ni considerados para tubos de hierro fundido o de cobre.

Los requisitos de mano de obra estimados para la instalación del tubo de hierro fundido fueron los usados en la cotización del trabajo de plo-

mería por Jay Jones, Inc. Al instalar el vinilo rígido, las horas-hombre necesarias fueron reducidas sustancialmente.

Presentamos a continuación los costos comparativos de la mano de obra.

<u>Costo total y economía</u>		
<u>Costo del material</u>	<u>Hierro fundido</u>	<u>PVC</u>
Tubo	\$41.830	\$38.603
Conexiones	\$15.160	\$23.535
Piomo y estopa o cemento	\$ 9.680	(incl. en el precio del tubo)
	\$66.670	\$62.138
<u>Costo de la mano de obra</u>		
Hierro fundido		
12.304 horas, a razón de \$3,50/hora		
	\$43.064	
PVC—4.226 horas, a razón de \$3,50/hora		
	\$14.791	
	\$109.734	\$76.929
<u>Economía total *</u>		
Costo del hierro fundido.	\$109.734	
Costo del PVC.....	- 76.929	
	\$ 32.805	

* La economía total alcanzó \$65 por casa.

A manera de ejemplo, a continuación se detallan los factores que contribuyeron a la economía alcanzada con el uso de tubos rígidos de vinilo para todas las tuberías de desagüe y ventilación cloacal en el Proyecto de Viviendas Capehart:

1) El bajo peso y la facilidad de manipulación de los tubos de PVC permitieron mejores operaciones de inventario y procedimientos de manipulación de los materiales.

2) La facilidad de cortar el tubo de PVC permitió el uso de herramientas eléctricas que simplificaron la preparación del tubo.

3) La rapidez del montaje con sistemas de cemento solvente. El premontaje de la mayor parte del sistema se realizó en el taller, reduciéndose así las operaciones en el terreno y las interrupciones de los horarios de trabajo producidos por cambios meteorológicos y otras operaciones de construcción.

4) La efectividad de las juntas de cemento eliminó casi completamente la reparación de éstas.

5) La resistencia al impacto y a los daños que podían ocasionar otros trabajos de construcción redujeron los costos de reparación. La resistencia del tubo de PVC a los daños ocasionados por el relleno fue otro factor.

6) La reducción del personal necesario para las operaciones de plomería permitió una supervisión más efectiva de los trabajadores y aumentó la eficiencia del trabajo.

7) La simplicidad de las técnicas de montaje y de las herramientas facilitó el adiestramiento apropiado de plomeros.

8) La facilidad que posee la plomería de PVC para ajustarse a la instalación y a los trabajos posteriores de construcción.

9) La rápida instalación de la plomería en bruto en el terreno, disminuye los posibles daños, permite el sellar todos los sistemas para impedir la acción de la tierra y de la intemperie, facilita la inspección y permite la colocación más rápida del relleno, vaciado de la placa y la terminación más rápida del trabajo.

10) La disponibilidad de longitudes más largas (20 pies) permitió el corte más eficiente del tubo para ajustarse al diseño. En realidad, se economizó toda una serie de tubos de PVC después de la terminación del trabajo, debido a economías inesperadas en el uso del tubo. Esto representaría una economía adicional, pues las cifras de los costos de materiales se basan en las compras originales.

11) El tubo se mantuvo en buenas condiciones durante su transporte y manipulación.

12) El uso de métodos de premontaje asegura la colocación exacta y uniforme de los sistemas de plomería para una mayor facilidad de instalación sobre el terreno.

Otros factores que contribuyen al valor del PVC para tubos cloacales y de ventilación son:

1) La inercia química del tubo de PVC proporciona una resistencia a toda una serie de condiciones corrosivas. Además, el ser un aislante eléctrico lo hace inmune a la corrosión galvánica.

2) La característica de autoextinción del tubo de plomería de PVC protege a los vecinos del lugar del escape de gases cloacales durante incendios. También resiste a la ignición y a la propagación del fuego en un edificio. El vinilo rígido es uno de los pocos materiales plásticos que no man-

tiene la combustión y el único material termoplástico resistente al fuego que se obtiene comercialmente para usos de plomería.

3) La superficie lisa interna del tubo de PVC y de los accesorios permite un flujo fácil de los desechos. Las juntas soldadas químicamente impiden toda filtración o penetración de las raíces que obstruyan el drenaje. Su superficie lisa, químicamente resistente, elimina la causa principal de incrustaciones en el interior del tubo. Su resistencia al impacto y su elasticidad permiten el transporte de montajes completos de tubos sin ocasionar daños al sistema.

Las reacciones negativas hacia el PVC, expresadas por personas asociadas con el Proyecto de Capehart, fueron las siguientes:

1) Los tubos se tuercen al permanecer en las zanjas abiertas durante un período largo de exposición a las severas condiciones de insolación y calor de Cayo Hueso. Para evitar esta condición, el tubo fue rápidamente probado, inspeccionado y cubierto.

2) La eliminación de la mano de obra. El trabajo con el tubo de PVC agradó a los plomeros aunque la reducción de las necesidades de mano de obra creó una reacción adversa entre ellos.

El Proyecto de Viviendas de Capehart proporcionó una evaluación realista del uso del tubo de PVC-DWV para plomería residencial. El trabajo permitió obtener economías sustanciales y proporcionó una oportunidad de emplear y evaluar las técnicas de montaje simplificadas, características del tubo de PVC. El uso exitoso de métodos de premontaje con tubo de vinilo rígido en este proyecto, demuestra que los sistemas fabricados en los talleres con sus ventajas obvias, son comercialmente prácticos para la construcción residencial.

Existen otros informes que podrían ser citados para mostrar la aceptación creciente del tubo plástico en los Estados Unidos, pero debe subrayarse el hecho de que existen todavía muchas regiones, muchas jurisdicciones sanitarias y muchos usuarios, que no permiten el uso de los plásticos y que siguen usando otros materiales. Se reconoce la influencia de los fabricantes de otros materiales. Dondequiera que el comercio

y la industria pueden competir para la venta de sus productos, siempre existirá una variedad de productos de donde seleccionar. Si podemos reconocer las cualidades de todos los productos y escoger uno después de haber estudiado las ventajas y desventajas de cada clase de material, podremos hacer una selección objetiva del mejor producto que deseamos dentro del margen de precio que podemos pagar.

No tenemos informes detallados acerca de la aceptación general del tubo plástico para usos sanitarios más que en los Estados Unidos, pero sabemos que en el Reino Unido y en Alemania aumentó mucho el uso de los plásticos para acueductos después de que sus industrias plásticas establecieron normas físicas. En Europa se ha estado usando desde hace unos años el tubo de PVC para aplicaciones de agua potable. En Japón, el 60% de los tubos de diámetro pequeño (1½ a 4 pulgadas) actualmente en uso, son plásticos. Los japoneses están exportando grandes cantidades de tubos de PVC a los Estados Unidos, donde se usa para aplicaciones diferentes de las de agua potable. Debido al hecho de que este tubo es estabilizado con plomo, y los asesores de salud pública de la FNS no permiten usar plomo en tubos de PVC para aplicaciones de agua potable, la Fundación no ha podido permitir el uso de su Sello de Aprobación en tubos de PVC estabilizados con plomo.

El tubo de plástico se usa mucho en Italia, Suecia, Francia, España, muchos de los países del Medio Oriente, Australia, India, Filipinas, y otras regiones del mundo, incluyendo México y países de América Central y América del Sur.

Al desarrollarse la norma de la FNS sobre plásticos (actualmente en la etapa final de su preparación), se espera que la AWWA y muchos otros usuarios e instituciones reguladoras aceptarán el tubo de plástico para aplicaciones de agua potable. La adopción de la norma comercial de tubos para desagüe y ventilación cloacal, con la subsiguiente aprobación de la FNS para tubos plásticos de este uso, extenderá aún más la aceptación de los plásticos en los Estados Unidos.

CAPITULO 13

Usos de los plásticos en otros aspectos de la salud pública

Hasta ahora nos hemos limitado a tratar primordialmente del uso de tubos plásticos para la distribución de agua potable. Debemos tomar en cuenta también algunos usos de tubos plásticos dentro del campo de la salud pública, así como otros tipos de plásticos y sus múltiples usos posibles. Además de su uso en los tubos para la conducción de agua potable, los plásticos tienen aplicación en los siguientes campos importantes:

- I. Tuberías para desagüe, desechos y ventilación cloacal (DWV).
- II. Tuberías plásticas para cloacas.
- III. Tuberías para desechos corrosivos (laboratorios y plantas químicas).
- IV. Tuberías y tubos de revestimiento para pozos de agua.
- V. Instalaciones para piscinas.
- VI. Tuberías para desagüe de desechos de minas.
- VII. Tuberías para agua caliente.
- VIII. Tanques de ablandamiento y almacenamiento de agua.
 - a) Plásticos termoestables.
 - b) Termoplásticos.
- IX. Revestimientos de tanques de almacenamiento de agua (materiales termoestables).
- X. Tuberías distribuidoras de bebidas.

Existen muchas otras áreas que podrían explorarse, y muchas otras irán apareciendo en el horizonte a medida que se perfeccionen nuevos

materiales y se expanda la tecnología sobre plásticos.

A continuación se describen los 10 campos de aplicación enumerados.

I. Tuberías para desagüe, desechos y ventilación cloacal (DWV)

Uno de los primeros usos del plástico en tuberías para desagües y ventilación cloacal fue en casas móviles. Debido a la necesidad de reducir el peso en los coches de remolque (*trailers*), la plomería instalada ha sido generalmente de dimensiones reducidas, y en algunos casos se han usado materiales inadecuados. Cuando se comprobó la conveniencia de la utilización del tubo plástico en las casas móviles, los constructores se interesaron en el uso de los materiales más livianos que pudiesen proporcionar un servicio óptimo en tales aplicaciones. La Asociación de Funcionarios de Plomería del Oeste de los E.U.A. adoptó un requisito para la tubería de desagüe, desechos y ventilación cloacal de los *trailers*, lo cual sirvió para estimular la mayor aplicación de plásticos para dicho uso.

La preparación de normas comerciales para estas tuberías, incluyendo el PVC y el ABS, ha estado bajo la consideración del Instituto de Tubos Plásticos desde hace más de dos años, y están actualmente en la etapa final de revisión por parte de la industria y de los usuarios.

Las normas propuestas definen los campos de aplicación de la siguiente manera:

Sistema de desagüe (tubería): incluye toda tubería de predios públicos o privados que conduzca aguas servidas, aguas pluviales, u otros desechos líquidos, hasta un punto de disposición legal, pero no incluye los colectores de los sistemas públicos de alcantarillado, ni las plantas de tratamiento o disposición, públicas o privadas.

Sistema de desechos: es aquel cuyas tuberías conducen sólo desechos líquidos, libres de materias fecales.

Sistema de ventilación cloacal: es aquel conjunto de tuberías que se instala para suministrar un flujo de aire hacia un sistema de desagüe o de desechos, o desde él, o para proporcionar una circulación de aire dentro de dichos sistemas, para proteger los sellos hidráulicos del sifonaje y contrapresión.

Las normas comerciales para tuberías de desagüe, desechos y ventilación cloacal estipularán los materiales aceptables, las dimensiones y tolerancias de los tubos y conexiones, las diversas pruebas para determinar las propiedades físicas, y los procedimientos de instalación.

A petición del Instituto de Tubos Plásticos, el Laboratorio de Ensayos de la FNS ha desarrollado un programa preliminar para el establecimiento de un programa de pruebas y de aprobación para estas tuberías. El siguiente esbozo del programa se incluye para mostrar las bases para conceder la aprobación de la FNS para los nuevos productos en el campo de los plásticos.

Proyecto de programa para materiales plásticos, tubos, conexiones, accesorios y materiales para juntas, para el uso en sistemas de desagüe, desechos y ventilación cloacal

Objetivo y alcance:

Establecer una evaluación objetiva y factible y un programa de listas que proporcionen al público, al usuario, al gobierno y a la industria las debidas defensas y protecciones sanitarias en lo relativo a materiales plásticos, tubos, conexiones y accesorios (sifones, válvulas y piezas similares),

y materiales para juntas que van a utilizarse en sistemas de desagüe, desechos y ventilación cloacal.

Procedimientos:

Lo que sigue es solamente un esquema general de trabajo. Los detalles de su ejecución aparecen bajo "Controles Administrativos".

A) Como medida de protección pública, se creará un Comité Consultivo que aconseje y consulte al Laboratorio de Ensayos de la FNS en la realización del programa. Con el objeto de lograr continuidad y uniformidad, y por razones económicas, el actual Comité Consultivo de los Abastecedores de Material y Fabricantes de la FNS representará a la industria. Las otras representaciones dentro del Comité serán las siguientes:

1. Organismos gubernamentales y organizaciones profesionales (incluyendo los niveles estatales, locales y nacionales).

2. Usuarios. Los miembros se sustituirán, sobre una base rotativa, con un período mínimo de tres años. El Presidente del Comité lo elegirá el mismo y su período no será menor de dos años.

B) La evaluación y puesta en Lista de las resinas plásticas básicas o de compuestos, para sistemas de desagüe, desechos y ventilación cloacal, deberán incluir los requisitos físicos, de aplicación y de resistencia al uso según se especifica en la norma comercial pertinente del Departamento de Comercio de los Estados Unidos.

C) Donde así lo especifique la norma comercial pertinente, se llevará a cabo una evaluación de servicio. Cuando no esté especificado pero se considere necesario, se deberán establecer los requisitos de evaluación de servicio, de acuerdo con las recomendaciones del Comité Consultivo.

D) Todos los tubos, conexiones y accesorios en Lista, deberán estar fabricados con materiales incluidos en la Lista del Laboratorio de Ensayos de la FNS.

E) Las exigentes demandas y la responsabilidad de proporcionar una completa seguridad y protección al público, obligan al Laboratorio de Ensayos de la FNS a renovar todos los años la Lista. Ha de proporcionarse una Lista anual que abarque todos los materiales, tubos, conexiones, accesorios y materiales para juntas. Esa Lista deberá ser divulgada por el Laboratorio de Ensayos de la FNS y puesta a la disposición de la industria para su distribución. Dicha Lista, la insignia del Laboratorio de Ensayos de la FNS, y la carta de

autorización del Laboratorio de Ensayos serán las únicas formas de autorización que podrán usarse en propaganda y promoción.

Identificación:

A) Los tubos, conexiones, accesorios y envases de materiales para juntas incluidos en la Lista del Laboratorio de Ensayos de la FNS, deberán llevar estampada la insignia "nSf—DWV". En el caso de tubos, dicha insignia deberá aparecer a intervalos de 2 pies por lo menos.

B) La insignia "nSf—DWV" será usada exclusivamente en relación con materiales plásticos, tubos, conexiones, accesorios y solventes que hayan sido incluidos en la Lista del Laboratorio de Ensayos de la FNS para ser utilizados en sistemas de desagüe, desechos y ventilación cloacal.

C) Todos los tubos, conexiones, accesorios y envases de material para juntas incluidos en la Lista, llevarán la designación apropiada de la Norma Comercial del Departamento de Comercio, cuando esto sea aplicable. En el caso de los tubos, tal identificación deberá aparecer a intervalos no mayores de 2 pies.

D) Todas las marcas e identificaciones señaladas en los apartados A), B) y C) deberán ser claras, legibles y estampadas en el tubo, conexiones, accesorios o envases del material para juntas, en una forma aceptable para el Laboratorio de Ensayos de la FNS.

Controles administrativos:

A) La inclusión en la Lista de una autorización para usar la insignia "nSf—DWV" en materiales plásticos, tubos, conexiones, accesorios y materiales de junta, deberá efectuarse bajo las disposiciones de un contrato anual entre el fabricante de los mismos y el Laboratorio de Ensayos de la FNS.

B) Las disposiciones del contrato establecerán requisitos y limitaciones específicos, relativos a lo siguiente:

1. Derechos de inspección periódica, sin previo aviso, de todas las instalaciones de producción de plásticos y materiales de junta de las compañías participantes, por los representantes autorizados del Laboratorio de Ensayos de la FNS.

2. Acuerdo de los fabricantes referente a la evaluación y pruebas requeridas, y al establecimiento de las tarifas a este respecto.

3. Derecho de tomar muestras apropiadas para la evaluación y pruebas, por un representante autorizado.

4. El uso de la insignia del Laboratorio de Ensayos sobre los productos, en hojas de datos técnicos y literatura y en los materiales de promoción y propaganda.

5. Las condiciones de cancelación de contrato en el caso de: a) renovación anual, b) violación.

6. La Lista, muestreo, evaluación, y procedimientos y métodos de información.

7. Tarifas por: a) puesta en Lista y servicios, b) evaluación y prueba.

La Administración Federal de la Vivienda, en su Boletín de Uso de Materiales No. UM-33, esboza los requisitos para aceptación de tubos y conexiones plásticas DWV en las casas aseguradas por dicha agencia. El Boletín establece que "la presencia del Sello de Aprobación del Laboratorio de Ensayos de la FNS se considerará como prueba de dicho acatamiento".

Es importante reconocer que los plásticos incluidos en las normas comerciales para tuberías de desagüe, desechos y ventilación cloacal pueden soportar maltrato, tienen excelente resistencia química, y tienen la característica de no deteriorarse con el tiempo. Estas tres cualidades son quizás las más significativas para determinar la factibilidad de su aceptación como materiales a utilizarse en tuberías de desagüe, desecho y ventilación cloacal.

II. Tuberías plásticas para cloacas

Debido a la acción corrosiva de las aguas servidas y de otros desechos que corren por las cloacas, los materiales utilizados en ellas han sido hierro fundido, arcilla vitrificada, concreto, asbesto-cemento, tubos de fibra bituminizada y materiales similares. Muchos de estos materiales han resultado de corta duración y algunos han requerido frecuentes sustituciones. A veces se presentan problemas de filtraciones por tuberías mal unidas, y en muchos casos la cantidad de agua que se infiltra en las cloacas excede el gasto de aguas servidas. Esto también presenta

el problema de la contaminación potencial de las aguas subterráneas, debido a cloacas construidas con materiales sujetos a la corrosión, o debido a métodos incorrectos de instalación.

Los tubos plásticos para cloacas tienen paredes internas esencialmente no absorbentes y las juntas se hacen por soldadura química, lo que se traduce en instalaciones a prueba de filtraciones. Estas características eliminan la infiltración de aguas subterráneas al sistema, e impiden la exfiltración que las contamina. Al eliminar la filtración en las juntas, se elimina el problema de la entrada de raíces en las cloacas plásticas.

Diversos materiales plásticos han sido utilizados para producir tubos para cloacas. Algunos fabricantes han empleado material de desecho con propiedades físicas inferiores, y han llegado hasta a usar arena u otro material de relleno en la mezcla. Tales tubos han presentado problemas porque no soportan una manipulación descuidada o ruda, ni pueden resistir la carga del relleno que los cubre.

Las cloacas hechas de material plástico uniforme y de calidad, tales como PVC o ABS, pueden cumplir con las normas físicas y ser aceptadas según los reglamentos de plomería. Ni el ácido úrico ni otros tipos de sustancias químicas corrosivas que se echan en las cloacas afectan este tipo de tubo. Las tuberías cloacales hechas de plásticos de buena calidad pueden instalarse debajo de losas de concreto para viviendas, no las afectan los suelos, no están sujetas al ataque del comején y pueden unirse a tubos de metal o de otros materiales. Se tiene información de que se han limpiado instalaciones típicas de cloacas plásticas con un equipo de "Roto Rooter Power Cleaning" sin que se hayan dañado las mismas. Puesto que las raíces no penetran en las cloacas plásticas, no existe el problema de limpieza que se confronta normalmente con materiales porosos, o con aquellas cuyas juntas quedan defectuosas durante su instalación.

Los tubos plásticos que van a emplearse en sistemas de alcantarillado deben ajustarse a las

mismas normas estrictas que se requieren para tuberías de agua potable o para tuberías DWV.

III. Tuberías para desechos corrosivos (Laboratorios y plantas químicas)

Los ingenieros en todo el mundo están familiarizados con los problemas de manipulación de los desechos corrosivos o las sustancias químicas de los laboratorios, plantas químicas, plantas de tratamiento de agua e instalaciones similares.

En estos casos se han utilizado con éxito los materiales termoplásticos, los cuales están sustituyendo a los materiales más costosos que se han necesitado para este fin.

IV. Tuberías y tubos de revestimiento para pozos de agua

El tubo plástico desempeña un trabajo excelente en los pozos de agua. Tanto la tubería de agua como el revestimiento deben ser de materiales aprobados para la conducción de agua potable. En muchos casos el agua llega hasta el revestimiento y por consiguiente éste tiene contacto con el agua destinada al consumo humano. No es suficiente el conectar una tubería segura a la bomba para distribuir el agua, sino que el revestimiento del pozo deberá también ser de un material de calidad similar.

El proyecto de un sistema de pozos toma en consideración, especialmente, las características del pozo y de la bomba. Las bombas que se conecten a los tubos plásticos deben seleccionarse igual que si la instalación fuese con tubos de metal. Debido a las características de los termoplásticos, es posible justificar una bomba algo más pequeña por las pérdidas menores por fricción que ocurren en la tubería plástica. En las instalaciones con tubos plásticos se usan los mismos tipos de bombas que en las de tubos de metal, y el plástico se ha utilizado con éxito en todos los tipos de pozos, hasta profundidades mayores de 250 pies. Se consiguen *well points* y rejillas para pozos, para ser usados con tubos plásticos, empalmándose igual que los tubos. Los *well points* plásticos no se corroen, y no

producen una disminución en el suministro de agua, debido a la obstrucción de las aperturas de la rejilla filtro.

Las recomendaciones de la industria, referentes a la instalación de tubos para pozos, son las siguientes:

Consejos generales sobre instalación

Algunos contratistas que usan tubos más pesados prefieren conexiones roscadas. Cuando se instalan bombas sumergibles, estas conexiones resultan muy ventajosas, puesto que las roscas proporcionan una junta positiva que soportará el peso de la bomba para la instalación inmediata en el pozo. Las uniones con soldadura por solvente son más económicas, pero deben dejarse en reposo de un día para otro, para asegurar la máxima resistencia de la unión.

Algunos fabricantes ofrecen un equipo completo para pozos profundos, incluyendo tubos, conexiones y accesorios para una instalación completa de un pozo de chorro. Estos se consiguen con diámetros de 1" x 1¼", 1¼" x 1½", y de 1½" x 2".

Deben utilizarse elevadores en vez de deslizadoras o ganchos. Si se utilizan perforadoras, el elevador se debe colocar debajo del adaptador del extremo superior y apoyarlo sobre el revestimiento mientras se une el trozo de tubo que sigue.

Si se utiliza una abrazadera de pedal para tubos, debe arromarse el filo de los dientes y de las orillas de la abrazadera.

No se debe permitir que el tubo roce con la orilla superior del revestimiento, ni se le debe forzar contra salientes agudos.

Deben eliminarse los filos ásperos y las rebabas de la orilla superior del revestimiento del pozo.

La bomba y los controles deben vaciarse y el pozo debe clorarse.

Se debe limpiar la conexión roscada hembra en la parte superior de la bomba o cabeza de chorro, colocándola en posición horizontal.

Al extremo roscado macho del tubo se le debe aplicar el compuesto para roscas recomendado, atornillándose a la cabeza de chorro o bomba. No debe usarse cemento para soldaduras en las roscas. La conexión se debe enroscar a mano hasta que ajuste bien, completándose la operación con una llave de correa para tubos y una llave de tipo *crescent* para los adaptadores.

Se debe colocar el conjunto en la perforadora. Si se prefiere, y el espacio lo permite, pueden unirse varios tubos en el terreno y el conjunto bajarse a mano.

Debe usarse un cable de acero para sostener la bomba sumergible durante la instalación. Se le puede utilizar para sacar la bomba si así se requiere.

Se deben sujetar los cables de control y de fuerza con el tubo cuando éste se baje al pozo.

En instalaciones de bombas sumergibles, se instalará un niple cerrado y una T entre las dos juntas superiores del tubo, para insertar una llave de purga. Así se asegurará una presión de aire correcta en el tanque.

Cuando se haya bajado el último trozo de tubo al pozo, debe roscarse un codo para sello de pozo de 4" ó 6" a la conexión superior de adaptación hembra, a través de la tapa del sello del pozo.

Se deben pasar los cables de control y fuerza a través del orificio de ventilación del sello del pozo, colocándose el sello en su sitio.

V. Instalaciones para piscinas

El uso de tubos plásticos en instalaciones para piscinas está siendo más aceptado entre los constructores de piscinas de todos los Estados Unidos. El sistema de circulación de agua, tanto de las piscinas comerciales como de las residenciales o de las pequeñas, es realmente un tipo de sistema de agua potable especializado. El tubo plástico apto para uso en tuberías de agua potable debe usarse en la conducción de agua para piscinas. En las instalaciones para piscinas, desde las caseras más pequeñas hasta las comerciales de gran tamaño, se han utilizado los diversos tipos de tubos plásticos para las líneas de abastecimiento, desagüe, retorno del filtro a la bomba, líneas de vacío y para otros usos. Actualmente no se recomienda el uso de tubos plásticos para tuberías exteriores en piscinas, ni para múltiples de bombas, ni para tuberías de los calentadores. Los datos registrados indican que los sistemas de circulación para piscinas pueden instalarse a más bajo costo utilizando tubos plásticos.

También se usan otros plásticos en la fabricación de los equipos que se utilizan en el trata-

miento de agua de piscinas. Un filtro de tierra diatomácea podría equiparse con un múltiple hecho con tubos de PVC, con los soportes de los elementos del filtro de nilón o de ABS, el elemento del filtro o soporte del separador de plástico o de nilón tejido o de algún material similar y el sistema entero dentro de un tanque de metal cubierto con una capa de epoxia (plástico termoestable) para impedir la corrosión del tanque.

Muchas de las espumaderas que se usan en las piscinas se fabrican de plástico moldeable, y tienen buenas características de resistencia física para soportar presiones y malos tratos. Los impulsores de las bombas que se usan para manejar agua de piscinas también pueden hacerse de plástico. En muchas otras aplicaciones del equipo de tratamiento de agua para piscinas los plásticos son el material de preferencia.

VI. *Tuberías para desagüe de desechos de minas*

En los Estados Unidos, uno de los mayores campos de utilización de los tubos plásticos ha sido en el desagüe y evacuación de desechos de las minas. Los desechos altamente corrosivos de las minas de carbón, por ejemplo, dan lugar al rápido deterioro de los tubos de metal, y la reposición de esos tubos es costosa. Los tubos de polietileno hechos de materiales de baja calidad, satisfacen una necesidad en cuanto a la disposición de los desechos de minas. Como es de esperarse, de vez en cuando ocurren fallas en esos tubos, porque el material carece de características físicas uniformes aceptables. Las secciones que fallan se pueden cortar rápidamente para reemplazarlas con facilidad donde los tubos no están enterrados. Esta aplicación absorbe gran parte de los tubos plásticos inferiores o de segunda que se producen en los Estados Unidos.

VII. *Tuberías para agua caliente*

Los termoplásticos convencionales a que nos hemos referido en esta serie de trabajos no soportan altas temperaturas por un tiempo pro-

longado. El polietileno tiene un intervalo de temperaturas por debajo de los 140°F (59,4°C) y el PVC y el ABS pueden usarse hasta 160°F (71°C). El polipropileno tiene un intervalo de temperatura un poco más alto, pero no es recomendable para la conducción de agua caliente. En materia de agua caliente, se utilizan mucho tanto el ABS como el polipropileno, para tubos de inmersión en los calentadores. Estos tubos conducen el agua fría hasta dentro del calentador, y están rodeados por agua caliente o tibia en el exterior, mientras que dentro del tubo circula el agua fría que entra al calentador. Se han registrado casos en que esos tubos se han recalentado y ablandado, rompiéndose completamente y ocasionando la explosión del calentador. Generalmente, esto sucede cuando se calienta el agua en el tanque hasta que el vapor produce una presión excesiva y fallan las válvulas u otros implementos de seguridad.

La B. F. Goodrich Co. ha producido un material de alta temperatura, el bicloruro de polivinilo (PVDC), que resiste temperaturas de trabajo de 40°F (4,4°C) a 60°F (15,4°C) mayores que los compuestos convencionales de PVC. El PVDC también tiene una elevada resistencia física, resiste al fuego, y tiene mayor resistencia química en un mayor intervalo de temperaturas. Por ejemplo, el PVDC sumergido durante 30 días en las diferentes sustancias químicas anotadas en el cuadro I, que aparece a continuación, muestra un mejor comportamiento que el Tipo I o Tipo II de PVC.

Las propiedades físicas del PVC I y II y del PVDC se muestran en el cuadro II. Se notará que el PVDC tiene una clasificación por esfuerzo de diseño de 1.600 psi.

Es posible que el PVDC encuentre mayor aplicación en los reglamentos de instalaciones de sistemas de agua fría y caliente para uso comercial y residencial.

Sin duda se producirán otros plásticos que se puedan utilizar sin peligro para la distribución de agua caliente hasta los 210°F (97,9°C) o más.

CUADRO I—Inmersión química (30 días)

Sustancia	PVC TIPO I		PVC TIPO II		PVDC		
	Variación de (%)						
	tensión	peso	tensión	peso	tensión	peso	
Acido acético (20%)	73°F	+10,7	+0,11	-10,3	+0,81	+2,64	+0,54
" "	140°F	+7,7	+0,41	-13,8	+3,29	+6,58	+1,18
" "	185°F	—	—	—	—	+5,26	+3,65
Acido crómico (40%)	73°F	+7,7	+0,17	0,0	—	—	—
" "	140°F	+23,1	+0,57	-15,5	—	—	—
" "	(50%) 73°F	—	—	—	—	+3,45	+0,23
" "	140°F	—	—	—	—	+3,95	+0,50
" "	185°F	—	—	—	—	+9,2	+0,43
Acido nítrico (60%)	73°F	+8,45	+0,11	-1,8	+0,40	—	—
" "	140°F	+16,2	+1,28	-25,6	+6,59	—	—
" "	(70%) 73°F	—	—	—	—	+1,47	+0,30
" "	140°F	—	—	—	—	+2,36	+1,92
" "	185°F	—	—	—	—	+1,32	+2,52
Acido sulfúrico (80%)	73°F	+10,0	-0,07	-6,9	-0,01	+5,27	-0,16
" "	140°F	+26,1	-0,06	-1,72	+12,78	+4,34	-0,03
" "	185°F	—	—	—	—	+7,11	-0,12
Aceite No. 3 ASTM	73°F	+9,2	+0,33	-8,6	+0,27	+2,63	+0,03
" " " "	140°F	+22,4	+0,51	-12,9	+4,31	+2,63	-0,05
" " " "	185°F	—	—	—	—	+6,58	-0,07
Hexano	73°F	+11,5	0,00	-48,3	+4,24	+3,95	-0,08
Hidróxido de sodio (50%)	73°F	+8,47	-0,02	-3,58	-0,02	+2,2	-0,09
" " " "	140°F	+2,31	-0,03	-6,9	-0,11	—	—
" " " "	185°F	—	—	—	—	+1,3	+0,12

CUADRO II—Propiedades físicas del PVC I y II y del PVDC

Propiedad	PVC no plastificado		PVDC
	Tipo I	Tipo II	Tipo II
Gravedad específica (+0,02)	1,38	1,35	1,54
Dureza "D"	80	78	82
Deformación por calor, 264 psi °F	165	155	215
Deformación por calor, 66 psi °F	175	165	247
Resistencia límite a la tensión, psi (73°F)	7.000	6.000	7.300
Resistencia límite a la tensión, psi (180°F)	2.500	1.750	3.200
Resistencia al impacto Izod. pics-libra/diente de pulgada (73°F)	0,81	15,0	6,3
Resistencia a la flexión, psi (73°F)	14.500	11.500	14.500
Coefficiente de expansión lineal °F -1×10^{-5}	2,9	5,5	4,4
Resistencia dieléctrica volt./mil.	1.413	1.085	1.250
Clasificación de inflamabilidad	autoextintor		autoextintor
Contracción en moideado	0,055	0,007	0,008
Resistencia a largo plazo (clasificación por esfuerzo de diseño a 75°F)	2.000	1.000	1.600

VIII. Tanques para ablandamiento y almacenamiento de agua

A. Plásticos termoestables

Hace varios años unos cuantos fabricantes le pidieron a la Fundación Nacional de Saneamiento que probara los tanques de tratamiento de agua construidos de plásticos termoestables reforzados con *fiber glass* (fibra de vidrio). Puesto que este tipo de plástico era distinto al que se había estudiado para tubos plásticos, se estableció un criterio especial para probar y evaluar esos tanques. Se reunió una comisión de funcionarios de salud pública, de científicos y de representantes de las industrias para tratar sobre los materiales termoestables y para establecer un procedimiento para evaluar los tanques de tratamiento de agua de poliéster reforzado.

Se estableció el siguiente criterio, que ha sido usado como base para probar y evaluar los tanques hechos de resinas de poliéster reforzadas con *fiber glass*.

Criterio Especial, referente a materiales, tubos, conexiones, tanques y accesorios de materiales plásticos termoestables reforzados a utilizarse en sistemas de agua potable

Introducción

Este Criterio Especial se ha establecido sobre la base de 10 años de experiencia, de investigaciones, de estudios y de la evaluación de los plásticos para tales usos. Incluye los resultados de un amplio estudio inicial, que duró casi tres años, para determinar cuales, de entre un número sustancial de plásticos, resultan aceptables para usarse en líneas subterráneas de distribución de agua potable. Este estudio evaluó, de manera científica, los efectos que tenían sobre los plásticos varios tipos de agua, la meteorización, la exposición al aire y al suelo, los sabores y olores resultantes, los problemas de turbiedad y color, los efectos del cloro residual, los problemas de desinfección de las tuberías de agua, la susceptibilidad del ataque de animales, exámenes exhaustivos, químicos y toxicológicos, e incluso un estudio sobre alimentación de animales. De esta investigación se informa detalladamente en la publica-

ción de la FNS titulada *Un estudio de tubos plásticos para sistemas de agua potable*.

La investigación y el subsiguiente programa de evaluación de materiales, tubos y conexiones plásticas, ha sido un esfuerzo asociado de la industria, de los funcionarios de salud pública y de científicos universitarios. El estudio inicial, dirigido por la Fundación, se llevó a cabo bajo la dirección de asesores representativos de la industria, de la salud pública y de la Universidad de Michigan. El resultante Programa del Sello de Aprobación "nSF" para materiales, tubos y conexiones plásticas a utilizarse en abastecimientos de agua potable, también fue conducido por los grupos interesados. Los representantes de salud pública y de la Universidad proporcionaron mayor responsabilidad y control, con el fin de garantizar que el Programa se desarrollaría en forma continua y manteniendo como objetivo la protección de la salud pública.

Hasta ahora, el Laboratorio de Ensayos de la FNS ha evaluado centenares de materiales, tubos, conexiones y accesorios plásticos distintos, de acuerdo con los requisitos establecidos inicialmente por el Programa mencionado. Estos estudios y evaluaciones se han divulgado ampliamente y han sido analizados y evaluados por numerosas personas, grupos y organismos. Hasta ahora no ha surgido ninguna objeción tendiente a dudar de la precisión y eficacia del procedimiento de evaluación ni de los requisitos del Programa.

Este Criterio Especial sirve para ampliar aquellos requisitos, proporcionando procedimientos adicionales que son necesarios para evaluar correctamente los varios componentes y factores referentes a materiales plásticos, tubos, conexiones, tanques y accesorios, en cuanto a su uso en sistemas de agua potable, y así asegurar la debida protección a la salud pública.

A. Campos de interés

- Toxicidad
- Sabor
- Olor
- Turbiedad y Color

B. Aspectos incluidos

1. Materiales básicos
 - a) Resinas
 - b) Rellenos
 - c) Catalizadores

- d) Lubricantes
- e) Solventes
- f) Recubrimientos y películas
- g) Colorantes

2. Producción de tubos, conexiones, tanques y/o accesorios

C. Procedimientos de evaluación *

1. Extracción (véase el apéndice A a este capítulo para los métodos)

- a) Agua agresiva—agua de Ann Arbor ajustada a un pH de 5,0
- b) Tamaño de la muestra—600 cm² de superficie por 4 litros de agua
- c) Tiempo y temperatura
Inicial—72 horas a 100°F
Confirmación—72 horas a 210°F
(Ambas deben llevarse a cabo sobre muestras iniciales. La extracción subsiguiente a 100°F, a menos que haya diferencia sustancial a 210°F.)

2. Ensayos químicos

- a) Alcalinidad
- b) Acidez
- c) pH
- d) Dureza
- e) Residuo disuelto
- f) Nitrato
- g) Nitrito
- h) Cloruro
- i) Sulfato
- j) Cloro
- k) Fenoles

3. Evaluación espectrográfica

- a) Aluminio
- b) Cadmio
- c) Cobre
- d) Hierro
- e) Plomo
- f) Estaño

* Si se considera esencial para evaluar aspectos especiales de formulaciones o productos específicos, se iniciarán procedimientos adicionales de pruebas (por ejemplo, en una formulación que incluye el arsénico, se llevarían a cabo pruebas específicas para evaluar la extractibilidad del mismo). A medida que el estudio, la investigación y la experiencia exijan cambios, y a medida que se elaboren nuevos métodos que den como resultado una exactitud y confianza mayor o igual, pueden introducirse modificaciones en los métodos de ensayo enunciados.

4. Análisis infrarrojo

- a) Compuestos orgánicos solubles en agua en los materiales
- b) Extracción de materia orgánica soluble en agua, en el agua de ensayo

5. Pruebas visuales

- a) Turbiedad
- b) Color

6. Ensayos organolépticos

- a) Sabor
- b) Olor

7. Experimentos de alimentación de animales—Evaluación confirmativa

- a) Grupo de ratas de control
- b) Ratas experimentales que beben agua de ensayo
- c) Otras especies

8. Toxicidad de productos de descomposición térmica. Se llevará a cabo donde se prevea la existencia de productos de descomposición térmica tóxicos, basándose sobre materiales componentes y aditivos (color, etc.).

- a) Identificación del producto cuando se pueda
- b) Exposición aguda de animales a productos de la descomposición térmica

9. Formularios para informes

D. Límites de aceptación

Las concentraciones máximas de sustancias perjudiciales aceptables serán las establecidas en la obra *Drinking Water Standards*, del Servicio de Salud Pública, Secretaría de Salud, Educación y Bienestar de los E.U.A., Washington, D.C., 1946.*

Procedimiento administrativo

El Laboratorio de Ensayos de la FNS dictará las pautas para la solicitud, evaluación y aprobación de los materiales, tubos, conexiones, tanques y accesorios plásticos reforzados que van a ser utilizados en sistemas de abastecimiento de agua potable, de acuerdo con los siguientes procedimientos.

A. Solicitud del fabricante, que debe incluir:

- 1. Fabricante de materias básicas
 - a) Formulación y especificación de pureza de las materias primas.

* A medida que se adoptan normas revisadas, ellas serán los "límites de aceptación" efectivos para este Criterio Especial.

- b) Literatura de ventas y hojas de información actuales y propuestas.
 - c) Información técnica y recomendaciones relativas al uso, fabricación o moldeado de tubos, conexiones, tanques y accesorios con los materiales básicos en consideración.
2. Fabricante de tubos, conexiones, tanques y accesorios
- a) Abastecimiento de materias primas y formulaciones o designaciones de materiales aprobados por la FNS.
 - b) Literatura de ventas e información técnica actual y propuesta.
 - c) Método propuesto para identificar (marcar) los productos.
- B. Selección de muestras para evaluación
1. Fabricación de materiales básicos
- a) El fabricante preparará, de acuerdo con las recomendaciones para su uso, fabricación o moldeado, una muestra curada para ensayo.
 - b) Los materiales básicos serán probados al azar por el Laboratorio de Ensayos de la FNS.
 - c) Remuestreo periódico de especímenes y/o materiales básicos, a juicio del Laboratorio de Ensayos de la FNS.
2. Tubos, conexiones, tanques y accesorios
- a) Al azar por el Laboratorio de Ensayos de la FNS.
 - b) A juicio del Laboratorio de Ensayos de la FNS, pueden ser presentadas por el fabricante o usuario muestras iniciales.
 - c) Remuestreo periódico por el Laboratorio de Ensayos de la FNS, según sea necesario.
- C. Autorización para el uso del Sello de Aprobación "nSf"
- 1. Según contrato anual
 - 2. Sólo se concederá a los tubos, conexiones, tanques y accesorios de plástico reforzado que cumplan con los requisitos establecidos en este Criterio Especial
 - a) El Laboratorio de Ensayos de la FNS puede conceder una aprobación provisional o temporal, a tubos, conexiones, tanques o accesorios de plástico reforzado, cuando se compruebe que dichos artículos llenan todos los requisitos de evaluación especificados en el presente, exceptuando el renglón C-7 sobre Experimentos de Alimentación Animal; a condición, sin embargo, de que se presenten, en lugar de los estipulados, experimentos preliminares sobre alimentación animal, llevados a cabo por un Laboratorio imparcial y competente, y que el Laboratorio de Ensayos de la FNS, al examinar los resultados de éstos, encuentre que no señalan un problema toxicológico potencial.
3. Solamente cuando el fabricante acepta las siguientes estipulaciones:
- a) El fabricante de materiales acuerda informar:
 - i) Los cambios ocurridos en las formulaciones de materiales básicos o en las especificaciones de pureza.
 - ii) Los cambios en los usos recomendados y en los procedimientos de fabricación o de producción.
 - b) El fabricante de tubos, conexiones, tanques o accesorios se compromete a informar:
 - i) Los cambios de abastecedores de materiales básicos.
 - ii) Los cambios en el diseño o métodos de fabricación o producción.
 - c) El fabricante de materiales, tubos, conexiones y accesorios se compromete a informar:
 - i) Los cambios en los procedimientos de control de calidad.
 - ii) Los cambios en la literatura de ventas, información o datos técnicos.
 - iii) Los cambios en la marca de fábrica o designación.
 - iv) Los cambios en los procesos de fabricación.
4. El fabricante deberá estampar el Sello de Aprobación "nSf" y la designación comercial indicada en todos los tubos, conexiones, tanques y accesorios aprobados, de acuerdo con el Laboratorio de Ensayos de la FNS. El Sello de Aprobación "nSf" se fijará a cada 5 pies, por lo menos, en los tubos plásticos termoestables, y aparecerá, por lo menos una vez, en un sitio visible de cada conexión, tanque o accesorio. El Sello de Aprobación se fijará en tal forma que quede claramente

visible, utilizando uno de los siguientes métodos permanentes:

- a) Laminado bajo una superficie rica en resinas, en la pared exterior del artículo.
 - b) Estampado o moldeado en la pared exterior.
 - c) Grabado al relieve, estampado o moldeado en una plancha permanente fijada a los artículos, por ejemplo, una plancha identificadora o clasificadora.
5. Los fabricantes de materiales básicos pueden usar el Sello de Aprobación "nSf" de acuerdo con los requisitos del Laboratorio de Ensayos de la FNS.
- D. Continuidad de autorización
1. Depende del sistema al que se refiere el uso del Sello de Aprobación "nSf"
 2. Renovación del contrato requerida anualmente
 - a) Re-evaluación de los productos, según lo considere necesario el Laboratorio de Ensayos de la FNS.
 - b) Muestreo periódico durante el año.
 - c) Revisión de las hojas de precios para propaganda, así como la de literatura técnica y de divulgación.
 3. La ratificación del acuerdo original por parte del fabricante referente a la condición de uso impuesta por el Sello de Aprobación "nSf".

APENDICE A

Métodos de extracción

Agua agresiva

Extensos estudios de las aguas naturalmente agresivas, indicaron que "el agua de Ann Arbor, la cual es tratada y clorada, es tan agresiva como cualquiera de las aguas naturales de un grupo que fue seleccionado por tales características, como alto o bajo pH, alto contenido de cloruros, alto contenido de fluoruros naturales, dureza, alto contenido mineral y de sulfatos y bicarbonatos. Se encontró que el agua de Ann Arbor podía hacerse más agresiva en la extracción de metales pesados de los plásticos, bajando el pH mediante la adición de dióxido de carbono gaseoso al agua. Se usó un pH de 5,0 porque se supuso que un agua con un pH más bajo no se usaría en abaste-

cimientos de agua potable sin efectuar correcciones".*

Cantidades relativas de la muestra y del agua de extracción

La forma y la cantidad del material plástico en prueba están limitadas por el hecho de que, para uniformidad de criterio, es preferible establecer una proporción arbitraria fija entre la superficie plástica y el volumen de agua de extracción. La proporción escogida es aproximadamente la existente entre el volumen de agua contenido en un tubo de 12" de largo y de 1" de diámetro interno y el área interna correspondiente a tal tubo que estaría en contacto con el agua. Se usa una relación aproximada, ya que las dimensiones exactas varían basándose en los segmentos cortados que exponen aproximadamente 600 cm² de superficie total, a la acción de 400 ml de agua de prueba. Un simple cálculo nos indicará el peso de plástico en segmento, necesario para guardar esta relación.

Métodos

1. Se coloca la cantidad de plástico que se va a ensayar en segmentos, en recipientes, se vierte en éstos el volumen aproximado del agua de prueba requerida, cerrándolos muy bien para evitar escapes o pérdidas por evaporación.

2. Como patrón, se prepara un recipiente que contenga el agua de prueba, pero no el plástico, y se somete a idéntico tratamiento.

3. Se colocan los recipientes en un ambiente a 37,8°C (100°F)† y se incuban durante 72 horas, agitándolos por inversiones, cada 8 horas.

4. Al final del período de incubación, se separa el agua del plástico por decantación.

El Criterio Especial referente a plásticos termoestables, también incluye los ensayos químicos u organolépticos esbozados en el capítulo sobre Facilidades para el Control de Calidad. Este Criterio ha servido de base para la aprobación de los tubos de epoxia reforzado, que se han utilizado como tubos de inmersión para calentadores de agua y que actualmente se pro-

* De un estudio de tubos plásticos para el abastecimiento de agua potable, publicado por la FNS.

† Las pruebas confirmativas deben seguir procedimientos idénticos, a excepción de la temperatura de extracción, que será de 98,9°C (210°F).

ducen para utilizarse en la conducción de agua potable. Este tubo puede soportar mayores presiones de trabajo que cualquiera de los tubos de materiales termoplásticos.

B. Tanques termoplásticos

También hay unos cuantos fabricantes que producen tanques (con polietileno de alto impacto) que se utilizan en procedimientos de ablandamiento de agua. Estos tanques son moldeados y generalmente del color del polietileno, o se les puede colorear de blanco o de cualquier otro tono que resulte conveniente. Además de utilizarse para tanques de tratamiento, los termoplásticos se utilizan para producir tanques de almacenamiento de agua, tanto grandes como pequeños. Los tanques aprobados por el Laboratorio de Ensayos de la FNS deben estar hechos de materiales aprobados por la FNS y considerados convenientes para entrar en contacto con agua potable.

IX. Revestimientos de tanques de almacenamiento de agua

En el mercado norteamericano han aparecido una variedad de materiales plásticos de revestimiento que se ofrecen para pintar, rociar, o recubrir los depósitos y los tanques de almacenamiento. Muchos de estos productos se hacen con resinas de epoxia. Algunos están combinados con preparaciones de alquitrán bituminoso. Otros materiales de revestimiento son del tipo del vinilo.

El Laboratorio de Ensayos de la FNS no ha autorizado hasta el presente el uso del Sello de Aprobación "nSf" en ninguno de los materiales plásticos de revestimiento. Antes de que esto pueda suceder será preciso que los fabricantes

de dichos materiales se reúnan con funcionarios sanitarios y de acueductos, y que acuerden sobre un criterio conveniente para la evaluación sanitaria de dichos productos.

En nuestra opinión, muchos de estos materiales podrían usarse sin peligro en el revestimiento de tanques de almacenamiento de agua potable, pero no se puede otorgar la aprobación a dichos productos hasta tanto no se disponga del mecanismo establecido para la correcta evaluación de los mismos.

X. Tuberías distribuidoras de bebidas

En el programa de Normas para Equipos de Alimentos de la FNS hay varias categorías de equipos que utilizan tubos plásticos o tubería plástica para manejar agua u otras bebidas o alimentos comestibles. Se ha seguido la norma de exigirle al fabricante que para esos fines utilice plásticos aprobados por la Administración de Alimentos y Drogas, E.U.A., como aptos para entrar en contacto con alimentos; o utilizar aquellos plásticos ensayados y aprobados por el Laboratorio de Ensayos de la FNS como aptos para tener contacto con agua potable.

El polietileno, polipropileno, ABS, PVC y el nilón son los materiales utilizados con más frecuencia en máquinas para alimentos y bebidas.

Las diversas normas de la FNS referentes a equipos para alimentos contienen disposiciones para la aceptación de plásticos aprobados para aquellos usos donde el diseño, la construcción y las características funcionales indiquen que dichos materiales pueden prestar igual servicio que otros materiales aprobados.

Los plásticos tienen muchas aplicaciones útiles en el campo de los alimentos, del agua y de los desechos, donde pudieran satisfacer mejor las necesidades del hombre por las ventajas que podría representar su aplicación.

CAPITULO 14

Fabricación de tubos plásticos y equipo de producción

La información referente al equipo de producción de tubos plásticos puede obtenerse de los diversos fabricantes de materiales y de los fabricantes de artículos específicos para equipos. El personal de la Fundación Nacional de Saneamiento no es experto en este aspecto, y el material que se presenta seguidamente se seleccionó de la información sobre equipo de producción de plásticos de la *Modern Plastics Magazine* (Revista de Plásticos Modernos), y de la *Modern Plastics Encyclopedia* (Enciclopedia de Plásticos Modernos).

Los tubos plásticos se fabrican por expulsión (extrusión). La Enciclopedia de Plásticos Modernos dice que:

El versátil proceso de expulsión (extrusión) se basa en el simple concepto de forzar un material derretido caliente a través de un troquel apropiado, que tiene una abertura preformada para producir la sección transversal deseada en el producto acabado. Puede también dársele forma posteriormente a la expulsión, después de que el material ha salido del troquel. El trabajo del cilindro y tornillo de expulsión es: a) producir un fluido (por fusión) completamente plastificado y termalmente homogéneo para ser forzado a través del troquel, b) proporcionar la fuerza necesaria para que el material fluya a través del troquel, y c) mantener uniforme la temperatura, la viscosidad, la homogeneidad y la velocidad de flujo del material a través del troquel.

Actualmente hay tres tipos principales de

expulsores (*extruders*) en uso: a) máquinas de un solo tornillo, b) máquinas de tornillos gemelos o múltiples, y c) variaciones ventiladas de cualquiera de estos dos tipos.

La mayoría de los materiales que se utilizan en la expulsión (extrusión), se obtienen en forma granular, o como polvo muy fino. El material puede recibirse en bolsas de 50 lbs., en tambores de 200 lbs., en cajas de 1.000 a 2.000 lbs., o en tolvas selladas que contienen hasta 150.000 lbs. del material.

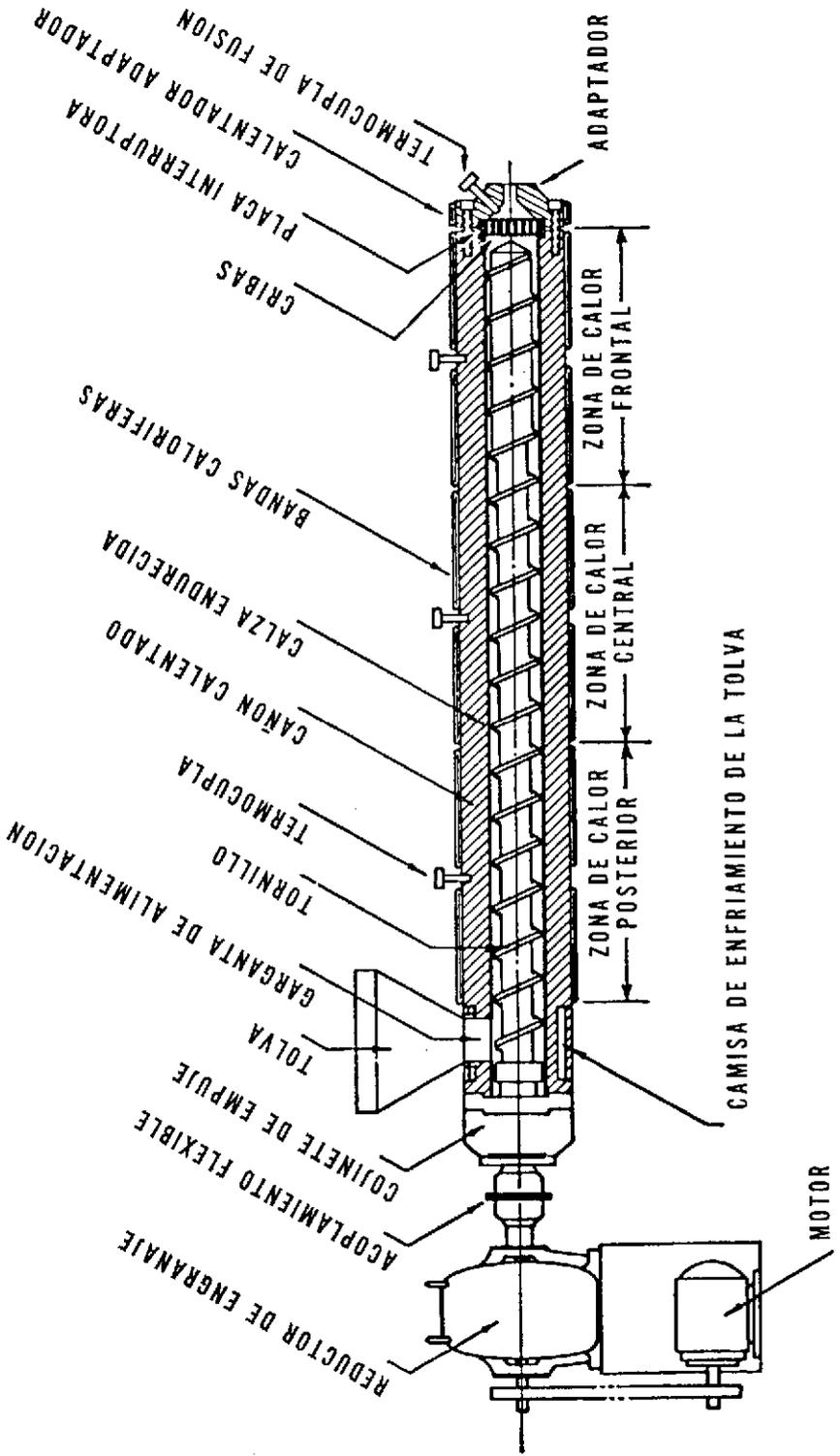
Muchos operadores consideran que para alimentar al expulsor el uso de los granulados tiene ventajas sobre el uso del material en polvo. Los granulados tienen la ventaja de ser más limpios para su manejo y producen menos polvo en la tolva de alimentación; tienen también menos tendencia que el polvo a obstruir el expulsor. Si se usa el polvo, es recomendable usar una tolva de alimentación al vacío, en vez de la tolva corriente. Generalmente, el polvo contiene grandes cantidades de aire por oclusión y, a menos que el expulsor sea ventilado, este aire puede pasar a través del expulsor y aparecer en el producto acabado en forma de imperfecciones o de burbujas en la superficie.

La figura 1 muestra las partes básicas de un expulsor de un solo tornillo.

Se puede obtener la teoría de diseño y operación de los expulsores, de los fabricantes de tales equipos o de la Sociedad de la Industria de los Plásticos.

Figura 1. PARTES DE UN EXPULSOR SIMPLE NORMAL, DE TORNILLO

(Cortesía de E.C. Bernhardt, Du Pont)



Los accesorios o conexiones que se usan con los tubos termoplásticos están generalmente fabricados con materiales para moldear, de los mismos tipos usados para los tubos de una designación ASTM específica. Generalmente, los accesorios o conexiones se fabrican por medio del moldeador por inyección, sin embargo, para ciertas aplicaciones específicas, éstos son fabricados con tubos. Otros métodos de moldeo incluyen la compresión o transferencia, así como también el moldeo por inyección y expulsión (extrusión). El moldeo por compresión no se usa generalmente con los termoplásticos, pero es el método más común para dar forma a plásticos termoestables, en la elaboración de productos tales como platos. El material plástico se funde y homogeniza antes de inyectarlo en el molde, lo que se hace con el tornillo del expulsor trabajando como implemento plastificador. Otro sistema de moldeo por inyección es utilizando un expulsor para alimentar un cilindro apisonador de inyección. Hoy en día se están construyendo muchas máquinas para moldeo, las cuales cuentan con muchas modificaciones del principio de moldeo por inyección.

En el moldeo por inyección apisonada, los granulados plásticos van descargando en una cavidad llamada cilindro de inyección, donde se calientan hasta la fluidez y son forzados en el molde, el cual se mantiene cerrado por medio de una gran presión, para evitar las filtraciones del plástico o las distorsiones del molde. La cantidad de plástico vaciado en el molde es cuidadosamente pesada, de manera que la cantidad apropiada de material fluido estará disponible para llenar el molde. La temperatura en el molde es lo suficientemente baja como para permitir que el material se endurezca en las cavidades, a fin de que retenga la forma deseada. Las piezas sacadas del molde pueden tener una temperatura de 200°F al ser extraídas. Las presiones en el cilindro de inyección varían desde 12.000 psi hasta 40.000 psi. Las presiones requeridas para encerrar el molde en posición de recibir el material pueden variar desde 75 a 500 toneladas.

A continuación presentamos algunos de los

defectos corrientes que se encuentran al moldear y sus causas usuales:

<i>Defecto</i>	<i>Causa</i>
1. Superficie mate, deslustrada	Temperatura demasiado baja
2. Parte del molde sin llenar y secciones débiles	Temperatura demasiado baja
3. Marcas de flujo y de soldadura	Temperatura demasiado baja
4. Estriaciones	Temperatura demasiado alta
5. Escamas y marcas de asentamiento	Temperatura demasiado alta
6. Contracción excesiva	Temperatura demasiado alta
7. Quemaduras, decoloración, descomposición	Temperatura demasiado alta
8. Piezas que se pegan al molde	Presión demasiado alta
9. Marcas de llama	Temperatura y presión demasiado altas
10. Ampollas en las piezas	Humedad en el material y molde demasiado caliente
11. Puntos carbonizados	Aire atrapado en el molde

Hasta ahora sólo hemos hablado sobre dos tipos de equipos usados en la fabricación de los tubos y accesorios plásticos. Hay muchos otros aditamentos que son esenciales para una operación eficiente. Uno de éstos es una molidora de plásticos. En la producción de tubos y accesorios, se utilizan las molidoras para preparar materiales que han sido elaborados en tubos que no están de acuerdo con las especificaciones, para convertirlos en lo que se denomina material molido. Este es un material perfectamente bueno, que puede ser mezclado con material virgen del mismo tipo, densidad y especificaciones generales para producir productos de calidad. Es muy importante que todo el material molido se identifique debidamente para evitar su uso en forma inapropiada.

Algunos fabricantes prefieren procesar su material molido a través del expulsor primero, y luego de una máquina granuladora o productora de cubos, a fin de obtener partículas de

tamaño uniforme, que serán usadas en el expulsor de tubos o la moldeadora de accesorios.

Una sierra eléctrica corriente para cortar en trozos pequeños los tubos que serán molidos, es de gran ayuda en una fábrica de tubos plásticos.

Hay aditamentos adicionales de equipos que pueden ser utilizados ventajosamente y aumentarían la eficiencia en la producción de tubos plásticos y accesorios, pero los esenciales han sido ya mencionados.

Se incluye a continuación una lista parcial de fabricantes de equipos de expulsión. Los nombres de otros fabricantes pueden obtenerse a través de la Sociedad de la Industria de los Plásticos, o a través de algunos de los fabricantes de materiales plásticos básicos.

1. National Rubber Machinery Co., Akron, Ohio.
2. Davis Standard Division, 12 Water Street, Mystic, Connecticut.
3. Prodex Company, Ford, New Jersey.
4. Farris Universal Machine Corp., Palisades Park, New Jersey.
5. Frank W. Egan Co., Summerville, New Jersey.
6. Al-Be Industries, 9516 Rago Street, South Gate, California.
7. Robbins Plastic Machinery, 1430 Mishawakee Street, Elkhart, Indiana.
8. Hartig Extruder Division, 1137 Glove Avenue, Mountainside, New Jersey.
9. Royle and Sons, Patterson, New Jersey.
10. Johnson Manufacturing Co., Chippewa Falls, Wisconsin.
11. Foremost Machine Builders, Inc., 83 Dorsa Avenue, Livingston, New Jersey.
12. Waldron-Hartig Division, Midland-Ross Corp., Westfield, New Jersey.

La siguiente es una lista de fabricantes de moldeadoras:

1. R. H. Windsor Ltd., 56 Advance Road, Toronto 18, Ontario, Canadá.
2. National Automotive Tool Co., Richmond, Indiana.
3. HPM Division, Koehring Co., Mount Gilead, Ohio.
4. National Rubber Machinery Co., Akron, Ohio.

5. De Mattia Machine & Tool Co., Clifton, New Jersey.

6. Improved Machinery Inc., Nashua, New Hampshire.

7. Newbury Industries, Newbury, Ohio.

8. Trubor Mfg. Co., Inc., 712 Plantation St., Worcester, Massachusetts.

Las siguientes compañías, fabricantes de molidoras, granuladoras y productoras de cubos, al igual que las anteriormente mencionadas, pueden proporcionar información relacionada con el equipo auxiliar que pueda ser necesario en una fábrica de tubos y accesorios plásticos.

1. Cumberland Engineering Co., Inc., P.O. Box 6065, Providence 4, Rhode Island.
2. Ball and Jewell, Inc., 22 Franklin Street, Brooklyn 22, New York.
3. Rainville Company, 224 Seventh Street, Garden City, New York.
4. F. J. Stokes Corp., Philadelphia, Pennsylvania.
5. Getty Machine and Mold, Inc., Clifton, New Jersey.

La Marbon Chemical Co. ha proporcionado la siguiente información sobre "Un análisis de costos de equipo, producción y producto". Se notará que la información y los cuadros se refieren a la producción de tubos de ABS con material Cyclocac producido por la citada compañía. La producción de otros termoplásticos puede relacionarse en forma comparativa con la información contenida aquí.

Los datos se refieren a los costos del equipo y la producción, de los requerimientos de espacio, de los problemas de la producción, del potencial humano requerido, y contiene cuadros adicionales sobre la economía, en cuanto se relaciona con tubos plásticos en los Estados Unidos.

A. COSTOS DEL EQUIPO

Adjuntos (cuadro I)* aparecen los costos de equipos para la elaboración de tubos Cyclocac.

* Todos los cuadros aparecen al final del capítulo (véase págs. 164-169).

Los precios son los del equipo básico y no incluyen los de instalación o transporte e impuestos adicionales que puedan aplicárseles. Aun más, estos precios no incluyen ningún costo de artículos tales como herramientas de mano, bastidores para almacenamiento, equipo para manipulación de materiales y otros aditamentos necesarios para la operación. También debe notarse que el costo de los troqueles corresponde solamente a los diámetros de tubos incluidos en la lista, por lo tanto, es necesario ajustar estos costos, para diámetros adicionales de tubos. También debe recordarse que estos cálculos son muy aproximados y se ofrecen sólo como guía para un estudio preliminar de costos, para la instalación de una fábrica de producción de tubos plásticos. No se dan los costos del equipo para el moldeado de los accesorios u otros equipos auxiliares.

B. REQUERIMIENTOS DE ESPACIO

Los requerimientos de espacio, mostrados en el cuadro II, han sido desarrollados con base en las necesidades más indispensables para trabajar, esto es, los requerimientos de espacio por línea de expulsión, el almacenamiento de la materia prima necesaria para dos semanas de producción, por línea de expulsión, y el espacio para depósito de los tubos acabados correspondientes a dos semanas de producción, por línea de expulsión. Como se puede observar, se mencionan los requerimientos de espacio para cada tamaño de expulsor; por lo tanto, el espacio requerido para cualquier combinación de expulsores será la suma del espacio total requerido para cada tamaño. Se debe recordar que no ha sido considerado aquí el espacio necesario para las oficinas, laboratorios, cuartos de herramientas y otras facilidades para el personal, tales como comedores, etc. También será necesario tomar en cuenta las futuras ampliaciones, que podrán llevarse a cabo después de que la fábrica esté en producción. El costo de la construcción varía mucho de una zona a otra de los Estados Unidos, y aun estas cifras son bien diferentes a las del

costo de construcción fuera de los Estados Unidos. También debe recordarse que los tubos de PE, de ABS y de PVC que se almacenen expuestos a la luz solar directa, pueden deteriorarse.

C. COSTOS PARA FABRICAR TUBOS CON CYCOLAC LL-4001

El cuadro III da una lista del tiempo de expulsión y de los costos de producción del tubo Cicolac LL-4001. Debe notarse que este cuadro está elaborado en forma tal, que las horas-máquina y las horas-hombre se pueden multiplicar por los valores de mano de obra y costos del equipo por hora, de la zona geográfica en particular. El material se ha calculado en dólares, a razón de \$0,45 por libra, a precio f.a.s., que es lo actual en el grado LL. Como puede observarse en la gráfica I, la cifra 1,5 horas-hombre por hora de producción, será válida para varias combinaciones de máquinas de expulsión. El cuadro IV muestra las tasas de expulsión

GRÁFICA I—*Requerimientos de mano de obra (Estimados)*

Tamaño del expulsor	Clase de trabajador	Hombres por expulsor
2 1/2"	1 operador (capataz) 1 obrero	1,5
2 1/2"	1 operador	
2 1/2"	1 operador (capataz) 1 obrero	1,5
3 1/2"	1 operador	
3 1/2"	1 operador (capataz) 1 obrero	1,5
3 1/2"	1 operador	
3 1/2"	1 operador (capataz) 1 obrero	1,5
4 1/2"	1 operador	
2 1/2"	1 operador (capataz)	
3 1/2"	1 operador	1 obrero
4 1/2"	1 operador	1,3

esperadas y los tamaños que harán posible la eficiente producción de tubos Cicolac LL-4001. Otros tipos de materiales variarán en el costo por libra y, en algunos casos, el tiempo de producción será diferente.

D. ECONOMIA DE LOS TUBOS

Los cuadros V al VIII muestran los precios típicos de venta de los tubos de Cylolac LL-4001, comparándolos con los de materiales convencionales de tubos de tamaños nominales de 1, 2, 4 y 6 pulgadas. Estas cifras son para ventas al por mayor, pero son un índice de la estructura comparativa de precios en los Estados Unidos. Los precios de otros tipos de tubos termoplásticos son semejantes a los de los tubos de ABS.

E. PROCESO DE FABRICACION DE TUBOS
CYCOLAC LL-4001

Las resinas para tubos de Cylolac pueden ser procesadas satisfactoriamente en los expulsores convencionales que proporcionan potencia adecuada y tienen un diseño apropiado de tornillo. Sin embargo, debido a la alta viscosidad de las resinas Cylolac a las temperaturas de elaboración de las tuberías, el Cylolac requiere una fuerza motriz mayor, para producir un número de revoluciones del tornillo dadas, que la que requieren los plásticos más blandos y de más alta fusión. Los siguientes requisitos de potencia se recomiendan para los materiales Cylolac para tubos, en diferentes tamaños de máquinas:

Tamaño del expulsor	Caballos de fuerza	Rendimiento probable (libras/hr)
2½"	15-25	130-140
3½"	25-50	200-210
4½"	50-120	300-340
6"	120-150	

Estas recomendaciones se basan en equipos accionados por corriente directa o equivalentes. Los impulsores electromagnéticos (tipo dinámico) tienen una baja eficiencia a bajas velocidades de impulsión, debido a la pérdida de potencia a través del embrague magnético. En este respecto, es más deseable un impulsor electromagnético conectado con correa; con este

tipo de instalación se pueden usar varias poleas para obtener las menores rpm del tornillo normalmente empleadas en la producción de tubos, manteniendo a la vez altas revoluciones del impulsor, necesarias para obtener una eficiencia máxima de impulsión.

El diseño del tornillo de los expulsores usados en la producción de tubos de cada uno de los materiales termoplásticos puede ser suministrado por los fabricantes de expulsores.

Es preferible tener reguladores indicadores de temperatura a todo lo largo del cilindro, así como también para la matriz y la apertura, para mantener la temperatura del material a los niveles adecuados. Se debe proveer también un enfriamiento por agua en la sección de alimentación del expulsor, para así evitar el aglutinamiento y la retención del material en el área de la tolva. Se necesitan ventiladores de tipo convencional, camisas de agua u otros dispositivos de enfriamiento, para controlar cualquiera elevación excesiva de la temperatura en el cilindro del expulsor.

El diseño de la matriz dependerá, por supuesto, de las preferencias que se tengan. Se puede usar el diseño recto o el excéntrico, pero ambos deben ser perfilados al máximo posible. La superficie de la matriz tendrá de 16 a 20 veces el largo de la pared del tubo, y se diseñará de manera que durante la producción las espigas y los bujes sean intercambiables para los tamaños de 1" a 2" y de 2" a 4". Esto dará mayor flexibilidad a las matrices. Para el material Cylolac LL-4001 para tubos, la espiga es levemente más pequeña que el extremo más grande del mandril de enfriamiento.

El interior del mandril enfriador se diseña generalmente con un ahusamiento de 0,040" por pie, y la longitud varía de acuerdo con la velocidad del tornillo y el tamaño del tubo producido. Normalmente, el extremo menor es de 0,010"—0,020" más grande que el diámetro interno del tubo producido, dejando así margen por la contracción que ocurre al enfriar a la temperatura ambiente. Pero de nuevo, esto variará de acuerdo con la tasa de producción y las técni-

cas de enfriamiento. La longitud del mandril también depende de la velocidad de producción, pero para los tamaños de $\frac{1}{2}$ " a 2", generalmente estará en el intervalo de 8" a 15"; para los tamaños de 2" a 4" deberá estar alrededor de 12" a 24".

Las primeras placas de calibración son las más críticas, y generalmente se colocan de $1\frac{1}{2}$ " a 3" de separación, dependiendo del tamaño de los tubos producidos. Se reducen a incrementos de 0,010", hasta las placas finales, que son de 0,010" a 0,015" mayores que el diámetro externo del tubo. Las otras placas de calibración se colocan a través del tanque, para soportar al tubo y mantener su redondez.

Los tanques corrientes de enfriamiento de que se dispone en los Estados Unidos son satisfactorios para la utilización de Cicolac LL-4001 en la fabricación de tubos. Para fabricar tubos de buena calidad dimensional, también es necesario tener un tomafuerza o una unidad cabrestante con un buen control. Como existen muchas variaciones en las unidades cabrestantes y hay una serie de requisitos, sería ventajoso obtener las recomendaciones de varios abastecedores de maquinarias. Se adjunta una lista parcial de fabricantes de equipos de fabricación de tubos, para mayor conveniencia.

Los nombres de otros abastecedores se pueden obtener de la Enciclopedia de Plásticos Modernos.

Varias versiones de sierras de trozar para tubos desde $\frac{1}{2}$ " hasta 12" se ofrecen a la industria de tubos. Algunas son manuales, mientras que otras son semiautomáticas o automáticas. La elección depende de las preferencias que se tengan.

También se debe recalcar que el Cicolac debe secarse completamente antes de procesarlo. Se pueden obtener secadores de tolva para secar el Cicolac, de los siguientes fabricantes:

- 1) National Rubber Machinery, Akron, Ohio.
- 2) Gouling Manufacturing Co., Saginaw, Michigan.
- 3) Whitlock Associates, Inc., 21655 Coolidge Highway, Oak Park 37, Michigan.
- 4) Ball and Jewell, Inc., 24 Franklin Street, Brooklyn, New York.
- 5) Thoreson-McCosh, Inc., 18208 McNichols Street, Detroit 19, Michigan.

Debe recordarse que se pueden necesitar varios ensayos antes de obtener una tasa de producción de calidad óptima, con cada máquina en particular. Muchas variables, tales como la relación L/D, el diseño del tornillo y la potencia disponible también afectarán el rendimiento de cualquier matriz o máquina.

En general, puede asegurarse la producción de tubos plásticos de calidad, obteniendo el equipo correcto para el tipo de material que se va a procesar. Deben seguirse las recomendaciones de los fabricantes de materiales en cuanto a las temperaturas, las presiones y la tasa de expulsión.

CUADRO I—Costo de equipos
(dólares E.U.A.)

	Precio por línea de expulsión de 2 $\frac{1}{2}$ " (a)	Precio por línea de expulsión de 3 $\frac{1}{2}$ " (b)	Precio por línea de expulsión de 4 $\frac{1}{2}$ " (c)
Expulsor (20/1 NRM)	\$11.000	\$18.000	\$27.000
Matrices, baño de agua *	4.000	10.000	10.000
Sierra de tubos	2.900	4.000	5.000
Secador (tolva)	2.200	3.200	3.200
Extractor de tubos	4.500	4.500	5.000

NOTA: El precio del expulsor incluye el equipo de impulsión.

* Precios para los siguientes diámetros de tubos:

- (a) $\frac{1}{2}$ " a 2"
- (b) $\frac{1}{2}$ " a 6"
- (c) 6" a 8"

CUADRO II—Requisitos de espacio

	Espacio (en pies cuadrados)		
	Expulsor de 2½"	Expulsor de 3½"	Expulsor de 4½"
Espacio por línea de expulsión.....	1.200 (75 x 16)	1.440 (80 x 18)	1.700 (85 x 20)
Almacenamiento de materia prima para dos semanas de producción por expulsor	1.000	1.500	2.300
Espacio para almacenamiento de materia prima en el sitio del expulsor.....	400	600	800
Espacio de depósito para dos semanas de producción para diferentes tamaños de tubos	800 a 1.000	1.200 a 1.500	1.800 a 2.250
Total aproximado por línea de expulsión	3.600	5.040	7.050

CUADRO III—Tiempo de expulsión y costos para tubos de Cyclocac LL-4001

(Tubos clase 40 I.P.S.)

Diámetro nominal	Diámetro exterior	Pared	Libras/1.000 pies	Costo del material por 1.000 pies *	Expulsor de 2½"		Expulsor de 3½"		Expulsor de 4½"	
					Horas-máquina por 1.000 pies (140 libras/hora)	Horas-hombre por 1.000 pies (1,5 hombres/hora)	Horas-máquina por 1.000 pies (210 libras/hora)	Horas-hombre por 1.000 pies (1,5 hombres/hora)	Horas-máquina por 1.000 pies (320 libras/hora)	Horas-hombre por 1.000 pies (1,5 hombres/hora)
1"	1,315"	0,133"	222	100	1,6	2,4	1,05	1,6		
1¼"	1,660"	0,140"	301	135	2,1	3,2	1,4	2,1		
1½"	1,900"	0,145"	360	162	2,6	3,9	1,7	2,6		
2"	2,375"	0,154"	485	218	3,5	5,2	2,3	3,5	1,5	2,3
3"	3,500"	0,216"	1.005	453			4,8	7,2	3,1	4,7
4"	4,500"	0,237"	1.430	644			6,8	10,2	4,5	6,7
6"	6,625"	0,280"	2.520	1.135			12,0	18,0	7,9	11,8

* Basado en un precio f.a.s. de \$0,45/libra.

CUADRO IV—Tasas de expulsión y diámetros de tubos producidos con Cyclocac LL-4001

Diámetro del expulsor	Producción (libras/hora)	Capacidades recomendadas
2½"	130 a 140	Tubos hasta de 2"
3½"	200 a 210	Tubos hasta de 6"
4½"	300 a 340	Tubos hasta de 16"

CUADRO V—Economía de tubos en los Estados Unidos. ABS Tipo 1, Grado 2, Cynolac LL-4001
Tubos de diámetro nominal de 1"

	ABS, 80 psi	ABS 100 psi	ABS 160 psi	ABS Clase 40	Tubos de ABS para gas, dimen- siones AGA	Tubos de cobre para agua tipo K	Hierro galvanizado	Acero recubierta	Asbesto- cemento	Cobre para drenaje, aguas negras y ventilación cloacal
Diámetro externo	1,315	1,315	1,315	1,315	1,315	1,125	1,315			
Diámetro interno nominal		1,181	1,111	1,049	1,127		1,049			
Espesor mínimo de la pared		0,063	0,097	0,133	0,090	0,065	0,133			
Peso por 100 pies		11,8	17,5	22,2	16,4	84,0	168			
Costo del material \$/libra	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45					
Costo del material \$/100 pies		5,31	7,88	9,99	7,38					
Tamaño óptimo del expulsor	2½"	2½"	2½"	2½"	2½"					
Tasa de expulsión (libras/hora)		140	140	140	140					
Costo horario de fabricación, \$ (trabajo-carga-fuerza)	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00					
Costo estimado de fabricación \$/100 pies		0,84	1,25	1,59	1,17					
Costo total estimado de fabrica- ción \$/100 pies		6,15	9,13	11,58	8,55					
Precio de venta típico \$/100 pies, compra al por mayor		8,85	13,10	16,50	12,30	50,00	17,00			
Presión de trabajo de clasificación, psi	80	100	160	225	147					
Comentarios generales	No se fa- brica en este ta- maño—ver tubo de 100 psi.							Uso no ge- neralizado.	No se fa- brica en pequeños diámetros.	Comienza en 1¼"

CUADRO VI.—Economía de tubos en los Estados Unidos. ABS Tipo 1, Grado 2, Cyclocac LL-4001
Tubos de diámetro nominal de 2'

	ABS 80 psi	ABS 100 psi	ABS 160 psi	ABS Clase 40	Tubos de ABS para gas, cimen- taciones AGA	Tubos de cobre para agua tipo K	Hierro galvanizado	Acero recubierta	Asbesto- cemento	Cobre para drenaje, aguas negras y ventilación cloacal
Diámetro externo	2,375	2,375	2,375	2,375	2,375	2,375	2,375	2,375		2,125
Diámetro interno	2,183	2,137	2,007	2,067	2,195	2,067	2,067			
Espesor mínimo de la pared	0,091	0,113	0,176	0,154	0,090	0,203	0,203	0,154		0,042
Peso por 100 pies	31,0	38,0	57,0	48,5	30,6	57,0	57,0	365		107
Costo del material \$/libra	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45					
Costo del material \$/100 pies	13,95	17,10	25,60	21,80	13,77					
Tamaño óptimo del expulsor	3 1/2"	3 1/2"	3 1/2"	3 1/2"	3 1/2"					
Tasa de expulsión (libras/hora)	210	210	210	210	210					
Costo horario de fabricación, \$ (trabajo-carga-fuerza)	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00					
Costo estimado de fabricación \$/100 pies	2,22	2,71	4,06	3,47	2,18					
Costo total estimado de fabrica- ción \$/100 pies	16,17	19,81	29,66	25,27	15,95					
Precio de venta típico \$/100 pies, compra al por mayor	23,20	28,50	42,70	36,40	22,92		37,00	46,60		62,00
Presión de trabajo de clasificación, psi	80	100	160	140	79					
Comentarios generales						Uso no ge- neralizado por encima de 1 1/4" - 1 1/2".			No se fa- brica por debajo de 3".	

AGRADECIMIENTO

El autor desea expresar su agradecimiento a las empresas y organizaciones que se mencionan a continuación, por la ayuda que le prestaron al proporcionar libros, panfletos, revistas y otro material de referencia que fueron de gran utilidad en la preparación de los trabajos:

B. F. Goodrich Chemical Co.
Carlton Products Corp.
Celanese Plastic Co.—Yardley Division
International Pipe and Ceramics Corp.
Marbon Chemical Division of Borg-Warner Corp.
Modern Plastics Encyclopedia
Plastic Pipe Institute
Naugatuck Chemical Division of U.S. Rubber Co.
Union Carbide Plastic Company