

**Proyecto COAH-2010-C14-149646:
Plan integral de reúso de las aguas residuales municipales tratadas
(ARMT) de Saltillo, Ramos Arizpe y Arteaga**

Anexo L

**CÓMO DESARROLLAR UN PROGRAMA
DE REÚSO DE AGUAS RESIDUALES**

Manual de Prácticas

**ASOCIACIÓN WATEREUSE
Alexandria, VA
2009**

Traducido y Adaptado por Gloria T. de Garza



Nota de la traductora

Este documento presenta una traducción del Manual de Práctica “Como Desarrollar un Programa de Reúso de Agua”, publicado en 2009 por la Asociación WateReuse de EEUU.

Son dos las razones principales por la que se considera conveniente efectuar dicha traducción, y ponerla a disposición, tanto de la Comisión Nacional del Agua, como de los Organismos Estatales de Agua y Saneamiento, así como de los municipios y organismos operadores de agua en México:

- La regulación relacionada con el reúso de aguas residuales tratadas es muy escasa en México, como lo demuestran los siguientes párrafos:

- A nivel federal:

- ✓ La Ley de Aguas Nacionales menciona 23 veces las palabras “reúso” o “reusar”, pero no establece lineamientos específicos sobre el reúso.
- ✓ La Ley de Desarrollo Rural Sustentable menciona sólo una vez la palabra “reúso”.
- ✓ La Ley Federal de los Derechos del Contribuyente no menciona la palabra “reúso”.
- ✓ La Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable no menciona la palabra “reúso”.
- ✓ La Ley de Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente menciona cuatro veces la palabra “reúso” en relación al agua.
- ✓ El Proyecto de Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales menciona 14 veces la palabra “reúso”, y tiene un capítulo completo (el segundo del Título Séptimo “Prevención y Control de la Contaminación de las Aguas”) dedicado a este tema. Este capítulo (que contiene sólo tres artículos, los 344 a 346) se transcribe en su totalidad en el apéndice E.
- ✓ La única norma relacionada con el reúso de aguas residuales es la Norma Oficial Mexicana NOM-003-SEMARNAT-1997 (Publicada el 21 de septiembre de 1998.), que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reusen en servicios al público.

- A nivel estatal:

- ✓ Las leyes estatales de agua mencionan la palabra reúso en una o más ocasiones. La que más veces (29) cita este término es la Ley de Aguas del Distrito Federal.
 - ✓ El Reglamento de la Ley Ambiental del Estado de Nuevo León menciona una sola vez la palabra “reúso” en relación al agua.
 - ✓ No existen en México normas estatales relacionadas con el reúso de aguas residuales tratadas.
 - ✓ El Programa General de Desarrollo Urbano del Distrito Federal.
 - ✓ El *Programa Director para el Desarrollo Urbano del Distrito Federal* menciona dos veces la palabra “reúso” en relación al agua.
 - ✓ El *Programa de Manejo Sustentable del Agua para la Ciudad de México* (el único de este tipo que existe actualmente en nuestro país) considera como uno de sus ejes rectores el *Tratamiento y Reúso de Agua Residual Tratada*; y tiene un capítulo dedicado a este tema.
 - ✓ El *Reglamento de Protección Ambiental e Imagen Urbana de Monterrey* y el *Reglamento del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en el Municipio de Sabinas Hidalgo, N. L.*, entre otros en el Estado de Nuevo León, mencionan una sola vez la palabra “reúso” en relación al agua.
- La literatura técnica relacionada con el reúso de aguas residuales tratadas en México es muy escasa.

CÓMO DESARROLLAR UN PROGRAMA DE REÚSO DE AGUAS RESIDUALES – Manual de Prácticas

Índice

Prefacio	9
Reconocimientos	11
I. Introducción	14
II. Planeación de los Sistemas de Agua Recuperada	14
2.1 Identificación de la Cantidad Disponible de Agua Recuperada	14
2.2 Determinación de todos los Usuarios Existentes y Potenciales Futuros	15
2.3 Identificación de Usuarios Potenciales	16
2.4 Determinación de la Aceptación de Agua Recuperada por los Usuarios	16
2.5 Comparación del Suministro y la Demanda Potencial	16
2.6 Preparación de Planos (Layout) del Sistema de Distribución	16
2.7 Finalización de la Lista de Clientes	17
2.8 Determinación de la Factibilidad Económica	17
2.9 Recopilación de Lista de Usuarios Finales y Distribución	17
2.10 Preparación de Instalaciones en los Sitios de Uso de Agua Recuperada	18
2.11 Obtención de Permisos de los Organismos Reguladores	18
2.12 Implementación de Modificaciones en los Sitios de Uso de Agua Recuperada	18
2.13 Ejecución de Pruebas de Conexiones Cruzadas	18
2.14 Inicio del Envío de Agua	19
III. Diseño de los Sistemas de Agua Recuperada	20
3.1 Criterios de Diseño para el Sistema de Almacenamiento / Distribución de Agua Recuperada	20
3.1.1 Geometría	20
3.1.2 Bombeo	20
3.1.3 Materiales de Tuberías y Aditamentos	21
3.1.4 Almacenamiento	22
3.1.4.1 Materiales	22
3.1.4.2 Capacidad	22
3.1.4.3 Suministro Complementario	23
3.1.5 Estándares de Diseño de Sistemas de Agua Recuperada	23
3.1.5.1 Tamaño Mínimo	23
3.1.5.2 Materiales Aprobados para Tuberías	23
3.1.5.3 Requerimientos Mínimos de Recubrimiento	23
3.1.5.4 Localización Estándar	23
3.1.5.5 Requerimientos de Espaciado entre las Instalaciones de Agua Recuperada y las de Agua Potable	23
a. Separación Horizontal	24
b. Separación Vertical	24
3.1.6 Impactos de la Calidad del Agua sobre los Materiales de Tuberías, Tamaño de Depósitos y Tanques de Almacenamiento, y Requerimientos de Tratamiento Adicional	24
3.1.6.1 Crecimientos Biológicos	24
3.1.6.2 Efectos de la Desinfección	25
3.1.7 Presión del Sistema	25
3.2. Sistemas de Agua Recuperada en los Sitios de Uso	25

3.2.1	Criterios de Diseño de Sistemas de Agua Recuperada en los Sitios de Uso - Sistemas Nuevos	25
3.2.2	Tuberías de Riego	26
3.2.2.1	Profundidad Mínima	26
3.2.2.2	Instalación de Tuberías	27
3.2.2.3	Separación Mínima	27
3.2.2.4	Cintas de Advertencia	27
3.2.3	Aspersores	27
3.2.4	Válvulas de Acoplamiento Rápido	27
3.2.5	Cajas de Válvulas y Etiquetas de Advertencia	28
3.2.5.1	Cajas de Válvulas	28
3.2.5.2	Etiquetas de Advertencia para Válvulas	28
3.2.6	Dispositivos de Prevención de Retroflujos	28
3.2.7	Bebedores	28
3.2.8	Identificación del Sistema de Agua Recuperada	29
3.2.9	Etiquetado de Componentes del Sistema de Agua Recuperada	29
3.2.10	Reporte de Ingeniería	29
3.2.11	Prueba de Conexiones Cruzadas	29
3.3	Criterios de Diseño en los Sitios de Uso de Agua Recuperada - Sistemas Modificados	30
3.3.1	Tuberías de Riego	30
3.3.2	Separación Mínima	31
3.3.3	Cintas de Advertencia	31
3.4	Aspersores	31
3.5	Válvulas de Acoplamiento Rápido	31
3.6	Rotulado de Cajas de Válvulas y Etiquetas de Advertencia	31
3.7	Dispositivos de Prevención de Retroflujo	32
3.8	Bebedores	32
3.9	Identificación del Sistema	32
3.10	Etiquetado de Componentes del Sistema	32
3.11	Reporte de Ingeniería	32
3.12	Prueba de Conexiones Cruzadas	32
IV.	Construcción de los Sistemas de Agua Recuperada	33
4.1	Actividades Generales de Construcción	33
4.1.1	Consolidación de Rellenos de Trincheras	33
4.1.2	Prueba de Presión	33
4.1.3	Limpieza General	33
4.2	Sistemas de Código de Colores, Señales de Peligro y Etiquetas	33
4.3	Prueba de Presión y Limpieza con una Descarga de Agua Recuperada	34
V.	Operación de los Sistemas de Agua Recuperada	35
5.1	Operación del Sistema de Almacenamiento / Distribución	35
5.1.1	Aseguramiento del Residual de Cloro en el Sistema de Distribución	35
5.1.2	Variación Diaria y Estacional de los Patrones de Demanda	35
5.1.3	Requerimientos de Análisis de Calidad del Agua	36
5.1.4	Efectos del Agua Recuperada sobre Diferentes Equipos Operativos	36
5.1.5	Requerimientos de los Organismos Reguladores que Controlan los Equipos de Desinfección de Agua Recuperada	37
5.1.6	Requerimientos de Pruebas de Retroflujo y Conexiones Cruzadas	37
5.1.7	Capacitación del Personal	37
5.1.8	Limpieza de Depósitos de Agua Recuperada	37
5.1.8.1	Tanques	38
5.1.8.2	Pilas / Lagos	38
5.1.9.	Limpieza de Tuberías de los Sistemas de Agua Recuperada	38

5.1.10 Avisos al Público	38
5.2 Operación del Sistema de Agua Recuperada en los Sitios de Uso	39
5.2.1 Horas de Riego	39
5.2.2 Estancamiento e Inundación	39
5.2.3 Ajuste de Aspersores	39
5.2.4 Monitoreo	39
5.2.5 Guías y Regulaciones	39
5.2.6 Medidas de Control	40
5.2.7 Pruebas de Cobertura (Sistemas de Riego)	40
5.2.8 Supervisores de los Usuarios en los Sitios de Uso de Agua Recuperada	40
5.2.9 Control de Conexiones Cruzadas y Plan de Respuesta a Emergencias	41
5.3 Referencias	41
VI. Desarrollo de un Plan Financiero	42
6.1 Egresos e Ingresos (Salidas y Entradas de Dinero)	42
6.1.1 Gastos del Servicio de la Deuda de Capital, o Costos de Capital que Tienen Lugar en una Sola Ocasión	42
6.1.2 Gastos de Operación y Mantenimiento	43
6.1.3 Ingresos	43
6.2 Análisis de Flujo de Caja	43
6.2.1 Análisis Financiero de un Proyecto Pequeño (500 AFY=20 Lps)	43
6.2.2 Análisis Financiero de un Proyecto de Tamaño Medio (5,000 AFY=200 Lps)	44
6.2.3 Resultados	46
6.3 Comparación de Alternativas Financieras	46
6.4 Ingresos por Venta de Aguas Residuales Tratadas	49
6.4.1 Presupuesto de Operación y Reservas de Caja	49
6.4.2 Impuestos Prediales	50
6.4.3 Tarifas de Agua, Drenaje y Agua Recuperada	50
6.4.4 Gravámenes Especiales o Distritos Especiales de Impuestos	50
6.4.5 Cobros por Agua Recuperada que no se ha Vendido (en Reserva)	51
6.4.6 Tarifas de Conexión a Fraccionadores	51
6.4.7 Cobros por Mantenimiento de Medidores	51
6.4.8 Cobros a los Usuarios de Agua Recuperada	52
6.5 Organismos de Propósito Dual (de Agua Potable y Recuperada)	52
6.5.1 Repartición de Costos entre el Suministro de Agua y de Agua Recuperada	52
6.5.2 Precios Diferenciados por Usuario	53
6.6 Incentivos para Conexión y Participación	53
6.7 Otros Asuntos Relacionados con las Tarifas de Agua y las Políticas de Precios para el Agua Recuperada	54
6.7.1 Aceptación de los Clientes	54
6.7.2 Costos de Agua Recuperada vs. Costos de Aguas Subterráneas Locales	54
6.7.3 Tarifas de Agua Recuperada Fuera del Área de Servicio del Organismo	54
6.7.4 Fondo para Modificaciones Retroactivas de Plomería en los Sitios de Uso de Agua Recuperada	55
6.7.5 Política de Extensión de Tuberías Laterales	55
6.8 Referencias	55
VII. Involucramiento del Público	57
7.1 ¿Cuándo se debe iniciar el Programa de Involucramiento del Público?	58
7.2 Lista de Revisión Preliminar para Involucramiento del Público	59
7.3 Desarrollo de la "Historia del Proyecto"	59
7.4 Desarrollo de Planes Estratégicos de Involucramiento del Público y de Comercialización	60
7.4.1 Introducción	60

7.4.2	Análisis de Situaciones e Historia del Proyecto	60
7.4.3	Objetivos del Involucramiento y de la Comercialización	61
7.4.4	Desafíos y Oportunidades	61
7.4.4.1	Obstáculos y Desafíos que Puede Enfrentar el Proyecto	61
7.4.4.2	Lista de Oportunidades para el Éxito del Proyecto	62
7.4.5	Mensajes Claves para Promover el Involucramiento del Público	62
7.4.6	Partes Implicadas	63
7.4.7	Estrategias para Grupos de Partes Implicadas	63
7.4.7.1	Público en General	63
7.4.7.2	Autoridades Relacionadas con el Proyecto	65
7.4.7.3	Organismos Reguladores Gubernamentales	65
7.4.7.4	Medios de Comunicación	65
7.4.7.5	Staff Interno del Organismo	66
7.4.7.6	Clientes del Agua Recuperada	66
7.4.8.	Materiales de Comunicación y Publicidad	67
7.4.9.	Cronograma	69
7.4.10	Presupuesto	69
7.4.11	Estrategias Comunes para que el Programa de Involucramiento del Público Tenga Éxito	69
7.4.12	Información Adicional	70
7.4.12.1	Instituciones que Tienen Programas de Enseñanza Pública sobre Agua Recuperada	70
7.4.12.2	Otras Lecturas Recomendadas	70

VIII. Cumplimiento con las Regulaciones y Guías para Protección de la Salud Humana

8.1	Usos del Agua Recuperada	71
8.2	Cumplimiento con las Regulaciones	71
8.2.1	Derechos de Agua	73
8.2.2	Protocolo de Política Ambiental Nacional de EEUU (National Environmental Policy Act – NEPA)	74
8.2.3	Protocolo de Agua Limpia de EEUU (Clean Water Act - CWA)	74
8.2.4	Protocolo de Agua Potable Segura de EEUU (Safe Drinking Water Act - SDWA)	75
8.3	Factores y Componentes que Afectan las Regulaciones / Guías de Reúso de Agua	75
8.4	Diferencia entre las Regulaciones y las Guías para Reúso de Agua	78
8.5	Guías de la Agencia de Protección Ambiental de EEUU (USEPA) para Reúso de Agua	79
8.6	Regulaciones para Agua Recuperada	79
8.7	Reúso Potable Indirecto en EEUU	80
8.8	Aplicaciones Misceláneas del Agua Recuperada	85
8.8.1	Humedales	85
8.8.2	Usos Industriales (Diferentes del Enfriamiento)	86
8.8.3	Otros Usos No-Potables	86
8.9	Tratamiento, Calidad del Agua y Otros Requerimientos	87
8.9.1	Requerimientos de Procesos de Tratamiento	87
8.9.2	Requerimientos de DBO ₅ , SST y Turbidez	87
8.9.3	Límites para Bacterias Coliformes	88
8.9.4	Requerimientos de Desinfección	88
8.9.5	Confiabilidad de las Instalaciones de Tratamiento	89
8.9.6	Controles para los Sitios de Uso de Agua Recuperada	89
8.9.7	Requerimientos de Almacenamiento de Agua Recuperada	90
8.9.8	Láminas de Riego para Agua Recuperada	90
8.9.9	Monitoreo	90

8.9.10	Reúso Obligatorio	91
8.9.11	Ordenanzas Locales y Acuerdos / Contratos entre Productores y Usuarios	92
8.10	Referencias	92
IX. Asuntos Institucionales y Organizacionales		95
9.1	Marco Institucional	95
9.2	Cumplimiento y Sanciones	96
9.3	Capacitación del Personal	97
9.4	Manual de Políticas y Procedimientos	97
9.5	Desarrollo de Infraestructura para Agua No-Potable	97
9.5.1	Revisión del Plan	97
9.5.2	Inspecciones en los Sitios de Uso	98
9.5.3	Planos y Dibujos	98
9.5.4	Documentación de los Usuarios en los Sitios de Uso de Agua Recuperada	99
9.5.5	Procedimientos de Solicitud de Conexión al Servicio	99
9.5.6	Permisos	100
9.5.7	Operación y Mantenimiento de los Sistemas de Distribución	100
9.5.8	Responsabilidad Legal	100

APÉNDICES

Apéndice A.-	Tabla de Acrónimos y Abreviaturas	101
Apéndice B.-	Ejemplos de Especificaciones para Almacenamiento / Distribución de Agua Recuperada	103
Apéndice C.-	Ejemplos de Especificaciones para el Manejo de Agua Recuperada en los Sitios de Uso	104
Apéndice D.-	Guías de la Agencia de Protección Ambiental de EEUU (USEPA) para Reúso de Agua	105

FIGURAS

Fig. III-1a.-	Criterios de Separación entre las Tuberías de Agua Potable, Agua Recuperada y Alcantarillas de Drenaje	21
Fig. III-1b.-	Criterios de Cruce entre las Tuberías de Agua Potable y Recuperada	21
Fig. III-2.-	Tuberías de color morado y letreros de advertencia para el público usados en los sistemas de agua recuperada	22
Fig. III-3.-	Señal de Advertencia en un Sistema de Agua Recuperada	29
Fig. III-4.-	Cabezal de Aspersor de un Sistema de Riego que Usa Agua Recuperada	31
Fig. VI-1.-	Diagrama del Proceso de Obtención de Fondos del Comité de Control de Recursos Hídricos del Estado de California	48

TABLAS

Tabla VI-1.-	Análisis Financiero de Flujo de Caja (Proyecto Pequeño: 20 Lps = 500 acres-pie/año)	44
Tabla VI-2.-	Análisis Financiero de Flujo de Caja (Proyecto Mediano: 200 Lps = 5,000 acres- pie/año)	45
Tabla VIII-1.-	Usos del Agua Recuperada	71
Tabla VIII-2.-	Factores Considerados en las Regulaciones / Guías para Reúso de Agua	76
Tabla VIII-3.-	Componentes de Interés para el Uso de Agua Recuperada	77

Tabla VIII-4.- Ejemplos de Criterios Estatales para Reúso en Aplicaciones Seleccionadas de Agua Recuperada No-Potable	81
Tabla VIII-5.- Puntos que se Incluyen Típicamente en Acuerdos / Contratos entre Productores / Usuarios de Agua Recuperada	94

Prefacio

Los recursos hídricos están sometidos a tensiones sin precedentes en todo el mundo, debido al cambio climático y a la demanda cada vez mayor sobre las fuentes disponibles. Muchas comunidades no pueden ahora permitirse confiar en una sola fuente para cubrir sus demandas de abastecimiento de agua. Para abordar la necesidad de un suministro de agua sostenible, a prueba de sequías, cada vez más organismos operadores están considerando programas de reúso de agua. En la actualidad, el agua es demasiado valiosa para utilizarla sólo una vez.

El concepto de usar el agua más de una vez, antes de que pase nuevamente al ciclo natural del agua, no es nuevo. El Estado de California, en EEUU, adoptó sus primeras regulaciones de reúso de agua en 1918. En las últimas décadas, el reúso de agua ha demostrado ser una forma eficaz de cubrir las necesidades de abasto de agua, al mismo tiempo que protege la salud pública y el ambiente, en los estados de California, Florida, Nevada, Texas, Arizona y otros. El reúso del agua también se practica con éxito en Israel, Singapur, Australia, España, Namibia y otros países. Durante los pasados 100 años, no ha habido enfermedades documentadas u otros efectos adversos sobre la salud pública, relacionados con el uso apropiado del agua recuperada (efluente terciario desinfectado).

Durante muchos años, la mayor parte del reúso del agua ocurrió en áreas geográficas limitadas, pero esto está cambiando rápidamente. A medida que se consideran proyectos en nuevos lugares, los encargados de los sistemas de agua enfrentan el desafío de hacer que el nuevo abastecimiento de agua opere junto con las instalaciones existentes. La clave para un proyecto exitoso de reúso del agua es desarrollar un plan de implementación incluyente, práctico y realista. Los proyectos mejor planeados, que se basan en lecciones aprendidas de programas establecidos, dan lugar a una mayor aceptación pública, una implementación exitosa y al cumplimiento de los objetivos del proyecto. Sin embargo, puede ser difícil saber dónde empezar y qué trampas evitar a lo largo del camino.

Este manual proporciona un método de planeación estandarizado, para que las comunidades desarrollen y analicen nuevos proyectos de reúso de agua, que sean justificables y defendibles. Usando un formato conciso y fácil de entender, se proporciona la metodología para planear un proyecto exitoso, paso por paso. Cada paso del proceso, desde el diseño y la construcción, hasta el desarrollo de un plan financiero y el involucramiento del público, se presentan en detalle para ayudar al lector a evitar cualquier paso en falso.

Este manual se realizó, en parte, debido al trabajo del *Comité de Educación e Involucramiento del Público* de la *Asociación WaterReuse*; presidido por Mark Millan de *Data Instincts*. El comité concibió y manejó la producción del manual. El comité también reunió a un grupo de autores bien informados y experimentados en la industria de reúso de agua, que incluyen a Thomas Holliman de *Lee & Ro*; Richard Atwater de la *Agencia de Servicios Inland Empire*; James Crook, consultor de ingeniería ambiental; y Lois Humphreys de *TRG Asociados*. John Morris, del *Distrito Metropolitano de Agua del Sur de California* se integró al equipo como revisor técnico. Cada persona involucrada tiene décadas de experiencia en la planeación y ejecución de varios aspectos de proyectos de reúso del agua. Los consejos de este manual provienen de profesionales que tienen conocimientos de primera mano de lo que se requiere para desarrollar un programa exitoso de reúso de agua.

Hay muchas buenas razones para desarrollar un programa de reúso de agua. El agua recuperada puede: a) reducir la extracción que se hace actualmente de los ríos, lagos y agua subterránea sobre-apropiados y/o sobre-explotados; b) reducir las descargas a las aguas receptoras; y c) restaurar hábitats y humedales críticos. El agua recuperada puede

también reducir la demanda de agua potable; y aumentar los caudales de los ríos, o el almacenamiento de lagos y acuíferos que suministran agua potable.

La energía total requerida para producir agua recuperada es, por lo general, menor que la requerida para desarrollar, tratar y transportar agua de primer uso desde grandes distancias, a partir de los abastecimientos tradicionales de agua. El menor uso energético reduce a su vez las emisiones de gases de efecto invernadero.

El cambio climático y las fuentes decrecientes de abastecimiento de agua requieren opciones creativas para las necesidades presentes y futuras del líquido. Las tecnologías de tratamiento de agua han mejorado la salud y extendido la expectativa de vida de la gente en todo el mundo. Las tecnologías avanzadas de tratamiento de que se dispone actualmente permiten acelerar el ciclo natural del agua, para que ésta se pueda utilizar muchas veces en una comunidad.

La Asociación WateReuse está orgullosa de presentar este manual, con el fin de ayudar a los interesados a iniciar sus proyectos de reúso.

G. Wade Miller
Director Ejecutivo, Asociación WateReuse

Reconocimientos

El manual de práctica “Cómo Desarrollar un Programa de Reúso de Agua” fue concebido y manejado por el *Comité de Enseñanza e Involucramiento del Público* de la *Asociación WaterReuse*.

Sobre los autores

Thomas Holliman, PE, líder de equipo de proyecto, tiene más de 30 años de experiencia en la planeación, diseño, construcción y operación de proyectos de reúso de agua. Él ha recibido dos reconocimientos de mérito especial de la *Asociación WaterReuse*, por aplicaciones únicas del agua reciclada (“Sistemas de Plomería Dual en Edificios Altos de Oficinas” y “Control de Hundimientos por Medio de Inyección de Agua Reciclada”), dirigió las revisiones del manual sobre desarrollo de sistemas de agua reciclada de la *American Water Works Association* de California-Nevada, desarrolló los primeros edificios con plomería dual en California, y sirvió como desarrollador primario de los sistemas “morados” en toda la nación, para los sistemas de agua reciclada. El Sr. Holliman tiene una extensa experiencia en la adaptación de sistemas de agua reciclada a instalaciones existentes.

Richard W. Atwater tiene más de 30 años de experiencia en el manejo y desarrollo de recursos hídricos en el oeste de los EEUU. Él ha sido pionero en muchos proyectos de agua premiados y ha ejecutado numerosos programas innovadores de manejo de recursos hídricos que cumplen con los altos niveles para calidad, confiabilidad y rentabilidad requeridos actualmente. El Sr. Atwater fue Director General de los *Distritos Municipales de Agua de las Cuencas Oeste y Central* (1990-1996). Estos dos distritos, bajo la dirección del Sr. Atwater, implementaron el programa de reciclaje de agua más grande realizado hasta la fecha en EEUU (los costos de construcción fueron \$300 millones de dólares aproximadamente).

James Crook, Ph.D., es un consultor independiente de ingeniería ambiental, con 35 años de experiencia en organismos gubernamentales estatales, y ha asesorado varios proyectos en los sectores público y privado, en los EEUU y el exterior. El Dr. Crook es autor de más de 100 publicaciones y es un experto internacionalmente reconocido en la recuperación y el reúso de agua. Él se especializa en el reúso de agua, y ha estado implicado en numerosos proyectos, actividades de investigación, paneles y comités relacionados con salud pública, regulaciones y permisos, estudios de riesgo y tecnologías de tratamiento.

Lois Humphreys tiene lazos estrechos con la Asociación y la Fundación WaterReuse. Trabajó en la Junta Directiva de WaterReuse durante ocho años, cuando estaba en la etapa de formación, y su ayuda fue clave para que la asociación se extendiera nacionalmente. Fue Presidenta de la Asociación y ha trabajado en numerosos comités que manejan conferencias, involucramiento y educación pública, financiamiento y ayuda legislativa. Fue autora del libro “Comercialización del Agua Reciclada No-Potable - Guía para el Involucramiento del Público y la Comercialización”, publicado por la de la Fundación. Como funcionaria de *TRC & Asociados*, creó e implementó docenas de programas de involucramiento del público y comercialización de agua reciclada, en California y Hawai, durante los últimos 20 años.

Revisión técnica

Juan Morris, PE, tiene más de 40 años de experiencia en planeación, permisos, diseño y construcción de sistemas de suministro de agua, tratamiento de aguas residuales y sistemas de agua recuperada; estudios de factibilidad y planeación para instalaciones de recuperación de agua; y planeación, diseño y servicios de construcción para trabajos civiles

importantes. El Sr. Morris presidió el Comité de Distribución Dual de la *American Water Works Association* de California-Nevada, cuando se seleccionó el color morado para los sistemas no-potables, y presidió previamente el Comité de Reúso de Agua de la *Federación Ambiental de Agua* (Water Environment Federation – WEF).

Patrocinador corporativo

El Organismo de Servicios Inland Empire (IEUA) está situado en el condado de San Bernardino, California. Este organismo es miembro del *Distrito Metropolitano del Agua*, y proporciona servicios de agua y aguas residuales en bloque a más de 800.000 clientes. En la *Cuenca Chino de Aguas Subterráneas*, que es parte del área de servicio del organismo, se desarrolló el *Plan (premiado) de Gestión Óptima de la Cuenca*, que manejó más de \$150 millones de dólares de fondos estatales y federales. Durante los últimos años, el organismo ha ganado numerosos premios de la *Agencia de Protección Ambiental de EEUU* (USEPA), el Estado de California y otras organizaciones, por su planeación y desarrollo innovadores de proyectos de energía renovable y reúso de agua, planes integrados de recursos hídricos y proyectos energéticos en lecherías.

Comité Técnico Consultivo

Anita Jain, Whitley Burchett & Associates
Craig Lichty, PE, Kennedy/Jenks Consultants
Mark Millan, Data Instincts Public Outreach
Karen Molinari, ICF Jones & Stokes
Todd Tanberg, Pinellas County Utilities

I. Introducción

A medida que más organismos operadores de sistemas de agua, alcantarillado y saneamiento han empezado a considerar programas de reúso de aguas residuales tratadas para sus áreas de servicio, el desafío de desarrollar un plan de implementación comprensivo, práctico y realista se hace esencial para su implementación exitosa. La integración de un programa de reúso de agua en comunidades e industrias requiere de una metodología diferente a la de los sistemas tradicionales de agua y alcantarillado.

En primer lugar, es importante definir los términos "agua reciclada" y "agua recuperada". Estos términos, aunque frecuentemente se usan en forma intercambiable, son diferentes. El "agua recuperada" es un agua residual municipal que ha recibido un tratamiento intensivo y se puede utilizar para aplicaciones no-potables, tales como riego agrícola y de áreas verdes. El "agua reciclada" puede provenir de diferentes fuentes, tales como excedentes agrícolas, aguas residuales industriales, agua cruda o de calidad inadecuada. En este manual se considera sólo el caso de aguas residuales municipales tratadas, y se utiliza el término "agua recuperada".

Este manual se desarrolló para ayudar a las comunidades en la implementación del reúso de agua recuperada en sus áreas de servicio. Se supone que el sistema de agua recuperada: a) se adaptará a áreas de servicio existentes, o b) será parte de nuevos desarrollos. El manual aborda la planeación, el diseño, la construcción, la operación, el involucramiento del público, el cumplimiento con las regulaciones, así como también asuntos institucionales, de organización y económicos. Se hace énfasis en la integración del agua recuperada en áreas de servicio existentes.

Las consideraciones para demandas proyectadas, diseño, construcción, operaciones, involucramiento de la comunidad y cumplimiento con las regulaciones, son iguales para los sistemas modificados y para los que son parte de áreas nuevas de servicio.

II. Planeación de los Sistemas de Agua Recuperada

Para desarrollar sistemas modificados de agua recuperada se identifican primero los usuarios potenciales, se seleccionan los candidatos viables, se establece contacto con ellos para verificar su interés, se obtienen compromisos, se elaboran diagramas de los sistemas, se hace el diseño final y finalmente se construye el sistema. Conjuntamente con estas actividades, es esencial un programa eficaz de involucramiento del público, con el fin de asegurar su apoyo para el proyecto que se está implementando. Otro desafío es conseguir financiamiento y espacio para construir depósitos nuevos, y comprar e instalar tuberías y bombas. Finalmente, se deben ejecutar las modificaciones requeridas en los sitios de uso de agua recuperada.

Las demandas estacionales variables afectan el financiamiento de los programas de agua recuperada, ya que impactan los flujos mensuales de caja. Finalmente, hay un costo adicional incremental, debido a que se tiene que cumplir con normas de salud y seguridad rigurosas, que son específicas para el uso de agua recuperada, pero no se requieren para los sistemas de agua potable.

Al contrario de lo que ocurre con los sistemas de agua potable, la integración del agua recuperada en las áreas de servicio existentes requiere entender las limitaciones y oportunidades del uso de este tipo de agua, las percepciones de los usuarios, los requerimientos de costo-beneficio y los requerimientos específicos del organismo regulador. Los sistemas de agua recuperada, especialmente los que requieren modificaciones, responden a los requerimientos de los usuarios. No todos los usuarios potenciales desean utilizar agua recuperada; y su uso no es costeable para todos ellos. Mientras que el servicio de agua potable es esencial para todos los usuarios, el agua recuperada se ve como fuente sustituta.

Los pasos indicados en las secciones 2.1 a 2.14 permitirán que los proveedores potenciales de agua recuperada determinen la extensión de los sistemas y las ventas que son posibles dentro de sus áreas de servicio. El uso de un plan empresarial tradicional modelo puede ser provechoso para desarrollar una estrategia de modificación. Como ocurre cuando se introduce un producto competitivo en un mercado establecido, la implementación de un programa de modificación para agua recuperada requerirá: a) determinar la capacidad de producción, los mercados potenciales, las ventas estimadas del producto y la rentabilidad del mercado; b) establecer sistemas de distribución para transferir el producto al usuario; c) cumplir con las regulaciones que gobiernan el negocio; y finalmente d) aumentar y mantener la satisfacción y la lealtad de los usuarios.

2.1 Identificación de la Cantidad Disponible de Agua Recuperada

El primer paso en el desarrollo de un plan de negocios para agua recuperada es establecer la capacidad de producción de esta agua. El agua recuperada se deriva de las aguas residuales municipales y, como tal, la cantidad disponible depende de la cantidad de aguas residuales que recibe la planta de tratamiento de aguas residuales municipales. Las variaciones en flujo durante el día y las estacionales, significan que la fuente de agua recuperada es variable.

El riego agrícola y el riego de áreas verdes, que representan normalmente las demandas más grandes del sistema, pueden variar perceptiblemente entre los meses de invierno y de verano. El riego se hace normalmente en la noche, cuando la producción de agua recuperada puede no ser suficiente para la demanda. Sin almacenamiento de igualación, el suministro de agua recuperada es la cantidad que se puede proveer durante el período de demanda máxima. El tamaño de las instalaciones de tratamiento de aguas residuales y los

cambios en las regulaciones pueden afectar también la cantidad de agua recuperada disponible.

La recarga de acuíferos es el segundo uso más importante del agua recuperada. Este uso tiene requerimientos muy específicos y, como parte de la evaluación de demandas potenciales, se deben obtener los requerimientos para la recarga de acuíferos de los organismos reguladores apropiados. Normalmente se requiere tratamiento avanzado y, en algunos casos, mezcla con agua potable o cruda, por ejemplo escurrimientos pluviales.

Los usuarios industriales y comerciales potenciales, tales como compañías manufactureras o químicas, de limpieza en general, lavados de carros y los que operan torres de enfriamiento, pueden tener requerimientos específicos de calidad del agua que no se pueden cumplir con agua recuperada, a menos que ésta reciba un nivel adicional de tratamiento. El uso del agua recuperada para descarga de sanitarios en edificios comerciales se ha convertido en una práctica aceptada; pero las demandas potenciales y los requerimientos de calidad del agua son más rigurosos para este tipo de uso que para riego de jardines.

2.2 Determinación de Todos los Usuarios Existentes y Potenciales Futuros

Después de determinar la capacidad de producción existente, la demanda existente y la potencial futura de agua recuperada, la segunda fase de planeación es determinar la demanda final de mercado para este tipo de agua.

Los usuarios futuros potenciales para el agua recuperada pueden incluir nuevos campos de golf y otras áreas verdes; procesos industriales y proyectos ambientales, tales como restauración o preservación de bosques y humedales; prevención de tolvaneras; etc.

El mercado inicial de agua recuperada consiste en sustituir algunos de los usos existentes de agua potable. Para revisar y evaluar todos los usuarios existentes en el sistema, con el fin de establecer los usuarios potenciales del agua recuperada, se deben seguir los siguientes pasos:

- Empezar con la identificación de todos los usuarios existentes de riego -incluyendo usuarios agrícolas- y con la evaluación del potencial de recarga de acuíferos. Éstos constituyen por lo general el grupo más grande (por su cantidad) de usuarios potenciales.
- En segundo lugar, revisar el resto de los usuarios grandes en el área de servicio. Los negocios que son usuarios grandes de agua, y que potencialmente podrían ser usuarios del agua recuperada, incluyen: empresas que operan torres de enfriamiento industriales, fabricantes de concreto, lavados de carros, compañías que operan máquinas para limpieza de calles, lavanderías comerciales, viveros de plantas, fabricantes de fertilizantes, trituradoras de piedra (pedreras) y lagos ornamentales o recreativos, p.ej. los que se usan para pesca profesional.
- Finalmente, se debe revisar: a) la zonificación del área de servicio, b) los planes maestros, c) los planes de desarrollo de la comunidad y otros pronósticos, para identificar las áreas de crecimiento y los usuarios potenciales futuros. La integración de estos usuarios ayudará a desarrollar planes de largo alcance para instalaciones adicionales de producción.

2.3 Identificación de Usuarios Potenciales

Después de identificar los usuarios existentes que pudieran cambiarse a un producto competitivo, se debe determinar su disponibilidad para aceptar un sustituto. El usuario más grande de agua potable puede ser una compañía fabricante de bebidas; pero éste no es un candidato para el uso de agua recuperada. Esta agua tiene restricciones específicas que no se encuentren en sistemas de agua potable. El agua recuperada se puede utilizar para reuso potable indirecto sólo en los casos en que se somete a niveles adicionales de tratamiento. Mediante la aplicación de restricciones para el uso de agua recuperada a la lista de usuarios grandes de agua, se pueden identificar los usuarios potenciales de agua recuperada de primera prioridad.

2.4 Determinación de la Aceptación de Agua Recuperada por los Usuarios

Después de desarrollar la lista de usuarios potenciales existentes, es crítico establecer contactos con todos ellos, para determinar si tienen alguna objeción a la sustitución de agua potable por agua recuperada. Aunque muchos proveedores de agua recuperada establecen tarifas de agua más bajas para esta agua que las del agua potable, con el fin de incentivar el cambio, no todos los usuarios se muestran inmediatamente positivos sobre el cambio. El contacto con los usuarios individuales es crucial para la aceptación de la modificación. Se recomienda pedir a los usuarios potenciales que firmen cartas de intención para “confirmar” su participación.

2.5 Comparación del Suministro y la Demanda Potencial

Después de identificar los usuarios potenciales que están dispuestos a utilizar agua recuperada, el proveedor debe comparar los volúmenes de demanda y la capacidad de producción existente de agua recuperada. Si ésta es inadecuada, se podrían eliminar del sistema los usuarios más pequeños. Estos usuarios podrían agregarse a las demandas futuras y considerarse en la planeación de nuevas instalaciones de producción de agua recuperada, o en las transferencias de agua recuperada que puedan hacer otros proveedores cercanos que tienen exceso de capacidad

2.6 Preparación de Planos (layouts) del Sistema de Distribución

Después de determinar en forma adecuada la capacidad de producción para cubrir las demandas de los usuarios potenciales existentes, se debe desarrollar un sistema de distribución para entregar el producto a estos usuarios. Se utilizan normalmente modelos hidráulicos para crear redes múltiples de distribución potencial, y poderlas evaluar. En sistemas de agua recuperada, no existen los requerimientos de capacidad de flujo para combate de incendios, ni los niveles de redundancia que se encuentran en sistemas de agua potable. Se debe observar, sin embargo, que como el agua recuperada sustituye al agua potable en algunas aplicaciones comerciales, como descarga de sanitarios, enfriamiento industrial y manufactura, la necesidad de garantizar los volúmenes y la calidad del agua de reuso, y la confiabilidad del sistema, pueden ser semejantes a los de los sistemas de agua potable. Al contrario de lo que ocurre con los sistemas de agua potable, en los que normalmente existen circuitos para atender los sistemas contra-incendio y los requerimientos de salud y seguridad, los sistemas de agua recuperada pueden tener la misma configuración en ramales que los sistemas de alcantarillado y drenaje pluvial. Los usuarios-ancla grandes, tales como campos de golf, áreas verdes municipales, cementerios, escuelas y centrales eléctricas establecen el uso de primera prioridad. El sistema de distribución debe conectar a estos usuarios grandes con las plantas de la recuperación de

agua. Después de establecer las rutas para los usuarios grandes del sistema, se pueden conectar los usuarios más pequeños a lo largo de las redes principales.

2.7 Finalización de la Lista de Clientes

Aunque puede haber bastante agua recuperada disponible para servir a todos los usuarios potenciales existentes, puede ser que no se pueda atender a todos en forma costeable. El cruce de obstáculos importantes, tales como autopistas, barrancas, valles, ríos y estructuras existentes –aeropuertos, universidades, hospitales, prisiones, etc.-, puede dificultar la conexión de algunos usuarios potenciales, por lo menos a corto plazo.

2.8 Determinación de la Factibilidad Económica

Después de determinar la lista final de usuarios potenciales existentes, la demanda potencial total y la extensión del sistema de distribución requerido, se debe efectuar un análisis para determinar la viabilidad económica del nuevo proyecto de reúso. El análisis de la viabilidad económica es esencial para los nuevos programas de reúso de proveedores privados y públicos de agua recuperada. A los proveedores privados les interesa principalmente que el nuevo sistema de reúso proporcione las ganancias esperadas; a los proveedores públicos, que el período para dejar de operar en números rojos sea razonable.

Después de determinar la red de distribución requerida para servir a los usuarios potenciales, se debe determinar si las ventas potenciales de cada porción de la red cumplen con los requerimientos de viabilidad económica del proveedor. Para el cálculo de la venta se debe establecer -por anticipado- un precio unitario para el agua recuperada. Muchos proveedores rebajan el precio del agua recuperada para incentivar la demanda. Sin embargo, si el precio es más bajo de lo que se requiere para cubrir los costos de producción y distribución del agua recuperada, puede requerirse de un subsidio de la parte de agua potable del negocio -que puede ser aceptable o no-. Se deben incluir en el análisis todos los gastos de operación en que puede incurrir el sistema de agua recuperada, por ejemplo: el número creciente de dispositivos de retroflujo y su mantenimiento asociado, y los salarios del personal de laboratorio y de campo contratados para realizar inspecciones en los sitios de uso y asegurar que el agua se está utilizando correctamente.

Una vez que se determina el precio unitario, se pueden determinar los ingresos totales de dinero proyectados para el proyecto y compararlos con los costos de cada opción. Puede ser necesario analizar varias alternativas del sistema de distribución, para asegurar la viabilidad económica.

2.9 Recopilación de la lista Final de Usuarios y Distribución

Una vez que se han cumplido los criterios de costo-beneficio, la lista final resultante de usuarios potenciales permitirá comenzar los contactos entre los usuarios y el proveedor del agua. La meta de estos contactos debe ser obtener cartas-compromiso o acuerdos de servicio de agua recuperada. Esto proporcionará una base firme final de usuarios y de demandas, y permitirá el dimensionamiento de tuberías, bombas y depósitos.

No es infrecuente encontrar que la lista final de usuarios representa solamente una fracción de la demanda total de agua, y es perceptiblemente menor a la de todos los usuarios potenciales de agua recuperada. Sin embargo, representa el mercado potencial verdadero para el agua recuperada y los ingresos reales de ventas potenciales.

2.10 Preparación de las Instalaciones en los Sitios de Uso de Agua Recuperada

Antes de que se pueda comenzar con las entregas reales de agua recuperada a los usuarios, se deben preparar los sitios en que se va a utilizar esta agua. Los requerimientos de los puntos-de-uso incluyen: a) pintar todas las instalaciones que están por encima del piso de color morado; b) instalar señales de advertencia; c) identificar y eliminar conexiones cruzadas entre las instalaciones del sistema de agua potable y el de agua recuperada; d) capacitar al personal de operación y mantenimiento; e) designar en cada sitio de uso de agua recuperada, un supervisor que sea responsable del manejo del sistema; y f) preparar el informe de ingeniería del sitio.

Debido a que cada usuario tiene requerimientos especiales, como parte de la fase de planeación se debe preparar una evaluación separada de la extensión y costo de las mejoras requeridas para utilizar agua recuperada.

2.11 Obtención de la Aprobación de los Organismos Reguladores

En la misma forma en que un distribuidor al por menor debe obtener una licencia para su negocio, derechos de franquicia, permisos de salud y de seguridad, etc., antes de operar las instalaciones de agua recuperada también se requieren permisos y aprobaciones. El Organismo Estatal que regula el tratamiento, la distribución y el uso de agua recuperada debe aprobar normalmente, sitio-por-sitio, el uso de esta agua en toda el área de servicio del proveedor y en las áreas designadas.

Por lo tanto, se puede requerir un reporte de ingeniería para cada sitio de uso, o un documento maestro para toda el área de servicio. En escuelas y otros edificios con tuberías duales, en las que el agua recuperada se utiliza adentro -para descarga de sanitarios, por ejemplo-, se requieren a menudo reportes individuales. La aprobación del organismo regulador puede tardar varios meses; por lo tanto, en el cronograma de la modificación se debe tener en cuenta el tiempo requerido para obtener esa aprobación. Cada proveedor debe entrar en contacto con la Secretaría de Salud de su estado, con el fin de obtener los requerimientos específicos para su área. (Ver sección VIII).

2.12 Implementación de Modificaciones en los Sitios de Uso de Agua Recuperada

Antes de que un sitio de reúso de agua recuperada empiece a recibir esta agua, se deben realizar las siguientes actividades: a) pintar de color morado los sistemas de agua recuperada; b) instalar señales de advertencia que indiquen al público que en el área se está utilizando agua recuperada, y c) capacitar al personal en el uso apropiado de agua recuperada. También se puede requerir: modificar la plomería, instalar equipos adicionales de retroflujo y, en algunos casos, equipos nuevos que sean compatibles con el agua recuperada.

2.13 Ejecución de Pruebas de Conexiones Cruzadas

Debido a que el agua recuperada no es adecuada para beber, es imprescindible que no haya interconexiones entre los sistemas de agua potable y recuperada en los sitios de uso. Para asegurar esto es necesario realizar pruebas de conexiones cruzadas, antes de activar las conexiones de agua recuperada. Los requerimientos específicos para las pruebas de conexiones cruzadas los establece personal competente de la Secretaría de Salud, y varían de una localización a otra.

2.14 Inicio del Envío de Agua

Una vez que está instalado el sistema de distribución y se han establecido, aprobado y probado las instalaciones en los puntos de uso, se pueden comenzar las entregas de agua recuperada. Entonces, el punto focal será mantener la calidad y los volúmenes comprometidos de agua recuperada y garantizar la satisfacción del usuario.

III. Diseño de Sistemas de Agua Recuperada

En este capítulo se presentan las consideraciones de diseño de las instalaciones de almacenamiento / distribución de agua recuperada (necesarias para distribuir esta agua a los sitios de uso). Aunque la hidráulica de los sistemas de agua recuperada es similar a la de los sistemas de agua potable, hay diferencias que se deben tener en cuenta. Estas diferencias se deben principalmente al tipo de agua, al origen de las aguas residuales y al hecho de que la mayoría de los sistemas de agua recuperada tienen períodos de uso restringido. Este manual supone que el proveedor que estudia la viabilidad de modificar su sistema de agua para incorporar agua recuperada tiene ya estándares de diseño para su sistema de agua potable. En la sección siguiente (IV) se presentan provisiones de diseño que se deben tener en cuenta, como adiciones o modificaciones a los estándares existentes para agua potable.

3.1 Criterios de Diseño para los Sistemas de Almacenamiento / Distribución de Agua Recuperada

Este manual supone que el organismo que distribuye el agua recuperada la obtiene a su vez de un organismo separado de producción, o de sus propios sistemas de tratamiento. Los aspectos específicos de la producción de agua recuperada (tratamiento de aguas residuales municipales) están fuera del alcance de este manual.

Los criterios de diseño siguientes reflejan las características únicas de los sistemas de almacenamiento y distribución de agua recuperada.

3.1.1 Geometría

Al contrario de lo que ocurre con los sistemas de agua potable, donde los circuitos cerrados son críticos para la confiabilidad del envío; específicamente debido a las demandas de flujo de los sistemas contra incendio, los sistemas de agua recuperada son por lo general ramificados, como es el caso para los sistemas de recolección de aguas residuales. Cuando se introduce agua recuperada a un sistema existente de agua potable, el sistema de distribución de la primera se diseña para atender primero a los usuarios grandes, y después a los más pequeños -a lo largo de los alimentadores primarios a los usuarios grandes-. En la mayoría de los casos no es rentable construir circuitos cerrados en estos sistemas. En los desarrollos nuevos, las tuberías de agua recuperada se diseñan para las aplicaciones permisibles -tales como riego-, y en la mayoría de los casos son paralelas a las del sistema de agua potable, con criterios específicos de separación.

Las figuras III-1a y b (página siguiente) presentan un ejemplo de criterios típicos de separación entre las tuberías de agua potable y las de agua recuperada. Estos criterios son aplicables a los sistemas de reúso modificados y nuevos.

3.1.2 Bombeo

El uso más importante del agua recuperada es típicamente el riego, tanto agrícola como de áreas verdes. Este uso se restringe a menudo para reducir al mínimo el contacto no supervisado durante los períodos de riego, por lo general entre las 9 de la noche y las 6 de la mañana. El proveedor del agua debe discutir las necesidades de limitación del horario de riego con sus autoridades sanitarias locales. La duración del período de riego impacta la demanda de bombeo, por lo tanto afecta los costos de energía.

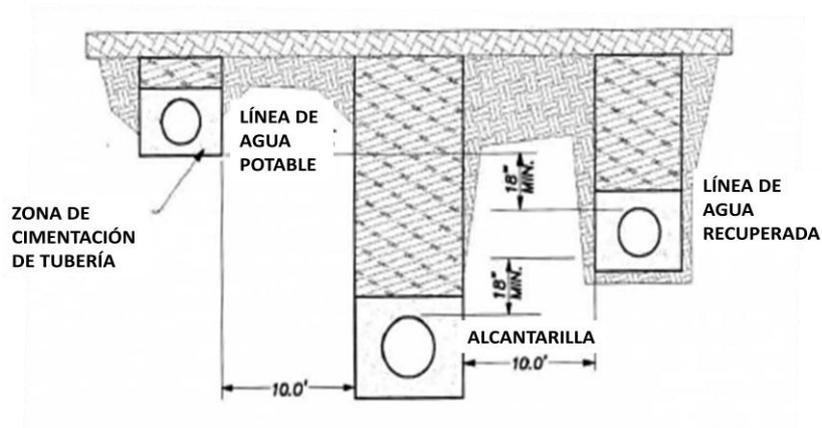


Fig. III-1a.- Criterios de separación entre las tuberías de agua potable, agua recuperada y alcantarillas de drenaje.

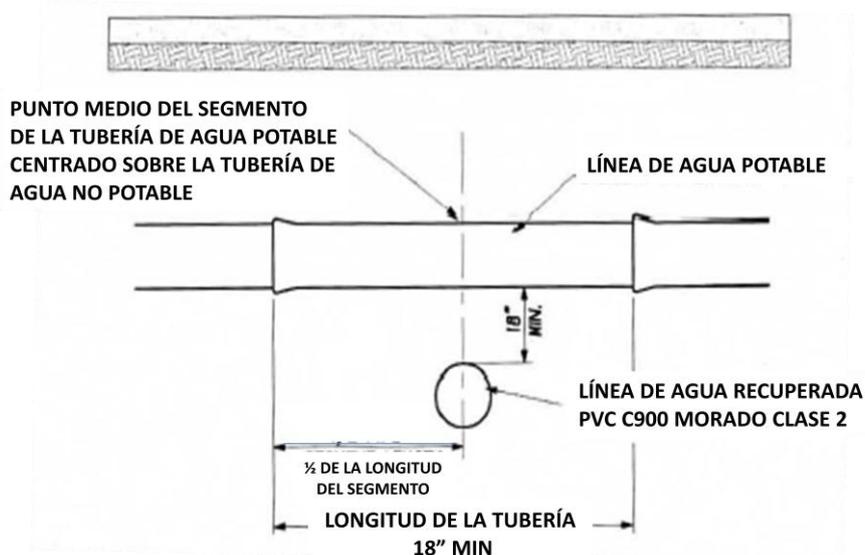


Fig. III-1b.- Criterios de cruce entre las tuberías de agua potable y recuperada.

Los períodos extendidos de riego pueden también ayudar a reducir los requerimientos de almacenamiento. A diferencia de lo que muestran las curvas de demanda diaria de un sistema típico de agua potable, las entregas de agua recuperada ocurren generalmente en períodos más cortos y dan lugar a mayores requerimientos de bombeo y factores pico más altos. Los factores pico para los sistemas de agua potable son típicamente dos veces la demanda diaria promedio para días máximos, y tres veces para horas pico. Debido a las restricciones en el periodo del uso, los factores pico para agua recuperada pueden ser de seis a nueve veces el promedio de la demanda diaria.

3.1.3 Materiales de las Tuberías y Aditamentos

Los materiales de tuberías, válvulas, servicios y desfuegos de agua recuperada están sometidos a los mismos criterios de diseño hidráulico que los sistemas de agua potable, a excepción del código de colores y los requerimientos de etiquetado. En la mayoría de las poblaciones que han implementado sistemas de agua recuperada, éstos se distinguen de los sistemas de agua potable por ser de color morado. Se pueden usar tanto tuberías de color morado, como envolturas plásticas de este color, o cintas moradas de advertencia. El

grado de etiquetado requerido y los materiales permisibles los determina el organismo regulador. En la figura III-2 se presentan ejemplos de sistemas de color morado y un letrero de advertencia.



Fig. III-2.- Tuberías de color morado y letreros de advertencia para el público usados en los sistemas de agua recuperada

3.1.4 Almacenamiento

3.1.4.1 Materiales

Los depósitos para almacenamiento de agua recuperada se construyen de los mismos materiales que los de agua potable, siendo el más común el concreto armado y pretensado. Cuando se selecciona el recubrimiento para los tanques de acero de agua recuperada, es importante tener en cuenta la calidad de la misma. El agua recuperada producida en una planta de tratamiento de aguas residuales municipales puede tener niveles elevados de cloro, que pueden afectar los materiales de revestimiento.

No se requiere que toda la estructura de los tanques de agua recuperada, sea morada.

3.1.4.2 Capacidad

En los sistemas de agua potable existen tres tipos de almacenamiento: a) de operación, b) de emergencia, y c) para los sistemas contra-incendio. El agua recuperada no se utiliza generalmente en sistemas contra incendio; por lo tanto, el almacenamiento de operación normalmente tiene por objeto balancear las variaciones diarias de oferta y demanda y, en algunos casos, proveer almacenamiento de emergencia, si es que el sistema de agua recuperada tiene aplicaciones que pueden tolerar solamente interrupciones breves (p.ej. torres de enfriamiento, descarga de sanitarios, o aplicaciones industriales). Por lo tanto, las reservas de agua recuperada tienden a ser más pequeñas que sus contrapartes de agua potable. Además, puede haber necesidad de proporcionar almacenamiento estacional en el sistema de reuso para balancear las variaciones entre las demandas de verano y las de invierno.

3.1.4.3 Suministro Complementario

Dependiendo de la base de usuarios para el sistema de reúso, podría ser necesario proveer abastecimiento de reserva. Los sistemas de reúso pueden tener una mezcla de usuarios que toleren o no paros periódicos o prolongados en el sistema de reúso. Los usuarios industriales y los usuarios comerciales pueden no poder tolerar interrupciones del servicio o trastornos del sistema de agua recuperada. Por lo tanto, puede ser necesario incluir un respaldo de agua potable, o un sistema auxiliar de suministro de agua.

3.1.5 Estándares de Diseño para los Sistemas de Agua Recuperada

Las secciones siguientes contienen los criterios de diseño generales para los sistemas de agua recuperada que se aplican a sistemas nuevos y modificados de reúso. En el apéndice B se presentan las referencias de los criterios detallados de diseño elaborados por los organismos de agua recuperada de los estados de California, Texas, Washington, Colorado, Nevada, Carolina del Norte y Arizona, en EEUU.

3.1.5.1 Tamaño Mínimo

El tamaño típico mínimo de la tubería principal de distribución es de 4 pulgadas. Estas tuberías se deben diseñar de modo que se transfiera regularmente suficiente agua para prevenir el estancamiento. Las líneas de servicio pueden ser de 1, 2 y 4 pulgadas, o más grandes si se requiere.

3.1.5.2 Materiales Aprobados para Tuberías

Todos los materiales de tuberías que se usan en los sistemas de agua potable se pueden utilizar también en los sistemas de agua recuperada. Los diseñadores deben evaluar la calidad del agua recuperada que se transportará y las velocidades proyectadas, para determinar los materiales apropiados. Las tuberías deben ser de color morado y se deben rotular para advertir a cualquier persona que las vea que contienen agua recuperada. Si las tuberías son de PVC, se recomienda que sean totalmente de color morado. Si se utilizan otros materiales, se pueden recubrir con una envoltura o empaque plástico, o pintar de color morado. También se recomienda colocar una cinta morada de advertencia en la superficie exterior de las tuberías enterradas, para evitar conexiones cruzadas accidentales.

3.1.5.3 Requerimientos Mínimos de Recubrimiento

Los requerimientos para el espesor del recubrimiento de las tuberías de agua recuperada son iguales a los de las de tuberías de agua potable.

3.1.5.4 Localización Estándar

Se recomienda que el proveedor del agua establezca una localización estándar para las instalaciones de agua recuperada dentro del sistema de distribución, diferente de la correspondiente al sistema de agua potable. Muchos organismos establecen una profundidad estándar para las tuberías de agua recuperada y agua potable, e indican que se deben instalar en lados opuestos de la calle. Esto puede ayudar a evitar conexiones cruzadas.

3.1.5.5 Requerimientos de espaciado entre las instalaciones de agua recuperada y las de agua potable

La instalación de tuberías de agua recuperada debe evitar conexiones cruzadas potenciales con las de agua potable. Se ha estandarizado dejar una separación horizontal de 10 pies y

una separación vertical de por lo menos 1 pie entre las tuberías de agua potable y recuperada. Hay condiciones en las que se puede reducir ese espaciamiento.

a. Separación horizontal

Las regulaciones típicas de los organismos reguladores de EEUU requieren una separación horizontal mínima de 10 pies entre las líneas de agua potable o recuperada y las de alcantarillado. Se pueden utilizar métodos especiales de construcción en los casos en que no se pueda alcanzar esta separación. Estas situaciones se deben discutir con los organismos reguladores estatales y locales.

b. Separación vertical

Las líneas de agua potable, alcantarillado y agua recuperada se colocan típicamente en forma vertical debajo de la superficie de la calle, en orden de calidad decreciente. Las tuberías de agua potable deben ser las más someras y las de alcantarillado las más profundas. La separación vertical típica es de un (1) pie mínimo, con las líneas de agua recuperada debajo de las líneas de agua potable. En los casos en que no se pueda mantener la separación vertical mínima, o en los que la línea de agua recuperada deba cruzar por encima de la línea de agua potable, se requieren métodos especiales de construcción y la aprobación de los organismos reguladores estatales y locales.

3.1.6 Impactos de la Calidad del Agua sobre los Materiales de Tuberías, Tamaño de los Tanques de Almacenamiento y Requerimientos de Tratamiento Adicional

La calidad del agua recuperada es resultado directo de la calidad del influente a la planta de tratamiento de aguas residuales y del tipo de procesos del tratamiento empleados. Además del efecto de la calidad del influente sobre la calidad del agua tratada, la forma en el cual se almacena el agua recuperada puede también afectar su calidad.

En muchas áreas, el agua recuperada se almacena en depósitos o lagos abiertos. Éste es a menudo el caso cuando los proveedores del agua balancean las demandas estacionales de agua recuperada (demanda alta en el verano y demanda baja en el invierno), almacenando excedentes en el invierno y liberándolos en el verano. Si se utilizan depósitos o lagos abiertos para almacenamiento estacional, la calidad del agua recuperada se puede degradar y el agua que se extrae para el sistema de reúso puede estar contaminada con sedimentos y basura. En algunos casos, se puede tener que filtrar otra vez el agua recuperada antes de usarla; por lo tanto, es necesario prestar atención a la calidad del agua que sale de la planta de tratamiento y a la que sale de las instalaciones de almacenamiento de agua recuperada.

3.1.6.1 Crecimientos biológicos

Los crecimientos biológicos en el sistema de distribución pueden causar problemas de disminución de la capacidad de flujo y deterioro de las características organolépticas (olor, sabor, color y turbiedad). Debido a que los sistemas de agua recuperada no funcionan típicamente en forma continua, hay períodos en los que hay flujos mínimos. Si no se mantiene en el sistema un residual de desinfectante (p.ej. cloro), puede ocurrir ensuciamiento. Para atender este problema potencial, se deben considerar instalaciones de refuerzo de la desinfección para el sistema de distribución. Se deben diseñar los depósitos para que se renueven con frecuencia y se deben adoptar provisiones en el diseño para limpiar los tanques de almacenamiento y disponer de los residuos de la limpieza. Se deben considerar instalaciones de limpieza con chorro de agua para limpiar las tuberías. En ambos casos, se debe notar que en muchos lugares no permiten la descarga directa de agua

recuperada en drenes y canales de aguas pluviales. El diseño de las instalaciones debe tener en cuenta disposición apropiada de los residuos de limpieza.

3.1.6.2 Efectos de la Desinfección

Dependiendo de la localización del sitio de uso en relación a la planta de tratamiento de aguas residuales, puede ser necesario considerar el efecto de niveles altos de desinfectantes en el agua, por dos razones principalmente: a) algunos materiales de las tuberías, tanques y equipos de las plantas industriales son sensibles a niveles elevados de cloro, y b) los usuarios pueden considerar que los niveles elevados de cloro son desagradables. En el plan de modificación se debe incluir la reducción de los niveles de descarga de desinfectantes a niveles aceptables, antes de la conexión del primer usuario. Debido a que los usuarios más cercanos a las plantas de recuperación pueden recibir agua recuperada con niveles elevados de cloro, el proveedor del agua debe ponerse de acuerdo con esos clientes, para monitorear los impactos indeseables.

3.1.7 Presión del sistema

En los proyectos nuevos de reúso, la presión del sistema no es una consideración tan importante como en los sistemas modificados. En los proyectos nuevos, los usuarios diseñan el sistema en sitio con la presión de servicio proyectada en el nuevo sistema. En un sistema modificado, los sistemas de los usuarios ya están instalados y en operación, en base a la presión del sistema de agua potable. Puede haber restricciones severas en las mejoras a los sistemas existentes, para tener en cuenta las diferencias en las presiones del sistema (p.ej. carencia de financiamiento para una estación de aumento o reducción de presión). Si los usuarios no tienen capacidad en sus instalaciones para acomodar diferencias significativas de presión, el sistema de distribución de agua recuperada se debe diseñar para emparejar la presión del sistema de agua potable existente, tanto como sea posible.

3.2 Sistemas de Agua Recuperada en los Sitios de Uso

Debido a que la mayoría de los proyectos actuales y previstos de reúso son sistemas de riego con agua recuperada, las secciones siguientes presentan los criterios típicos para estos sistemas. Esta sección también incluye una revisión de las responsabilidades del supervisor en cada sitio de uso, para el uso apropiado del agua recuperada.

3.2.1 Criterios de Diseño de Sistemas de Agua Recuperada en los Sitios de Uso – Sistemas Nuevos

Los sistemas de riego que usan agua recuperada se diseñan hidráulicamente en la misma forma que los sistemas que usan agua potable. Esta sección proporciona los criterios de diseño generales para sistemas nuevos de agua recuperada en los sitios de uso. El apéndice C presenta ejemplos de criterios de diseño específicos.

El diseño de las instalaciones nuevas de agua recuperada en los sitios de uso debe ajustarse a lo siguiente:

- a. El sistema de agua recuperada se debe separar e independizar de cualquier sistema de agua potable. Se prohíben las conexiones cruzadas entre las instalaciones de agua potable y de agua recuperada en los sitios de uso.
- b. Se deben prohibir las conexiones convencionales para mangueras en las instalaciones de agua recuperada.

- c. Se deben diseñar las instalaciones de riego para cubrir la demanda máxima de humedad de todas las plantas en el área de diseño. El uso de sensores de humedad es conveniente, pero no obligatorio.
- d. Se deben diseñar las instalaciones para prevenir descargas en áreas que no estén bajo el control del usuario. Por ejemplo, se deben usar aspersores de mitad o cuarto de círculo al lado de caminos y líneas de propiedad, para confinar la descarga de los aspersores al área de diseño.
- e. El diseño de las instalaciones de riego con agua recuperada debe permitir el riego durante los períodos de uso mínimo en el área de servicio. Esto ocurre típicamente entre las 9 de la noche y 6 de la mañana. Se debe considerar un plazo de secado antes de que el público utilice el área de diseño.
- f. El tiempo total requerido para regar el área de diseño no debe exceder 9 horas típicamente, en un período de 24 horas. Sin embargo, los organismos reguladores pueden revisar las horas de riego, y alargarlas o acortarlas, si lo consideran conveniente. Los sistemas de riego se deben diseñar para operar dentro de estos requerimientos de tiempo.
- g. El agua recuperada se debe aplicar a un flujo que no exceda el índice de infiltración del suelo. Si existen varios tipos de suelo, el diseño de las instalaciones de agua recuperada debe ser compatible con la tasa más baja de infiltración presente.
- h. Se deben proteger los bebederos contra las gotitas asperjadas de agua recuperada.
- i. Se deben limitar o prevenir la sobre-aspersión y la escorrentía de agua recuperada.
- j. Las líneas de agua potable y recuperada no se deben instalar en la misma trinchera, a menos que lo permitan los organismos reguladores.
- k. Se debe prohibir la instalación de medidores en circuito (looped) en los sitios de uso.

3.2.2 Tuberías de riego

Todas las tuberías del sistema de agua recuperada enterradas en los sitios de uso deben ser de PVC morado. La aceptación de tubería estándar de PVC envuelta totalmente con cinta morada de prevención, como alternativa a la tubería de PVC morada, podría aceptarse para algunos proyectos, según se especifica abajo, con la aprobación previa por escrito de los organismos reguladores. La tubería debe incluir la advertencia siguiente: "PRECAUCIÓN: AGUA RECUPERADA – NO BEBER", en los dos lados de la tubería.

3.2.2.1 Profundidad Mínima

Para los sistemas nuevos de agua recuperada en sitio, la profundidad mínima desde el piso acabado a la parte superior de la tubería (cubierta mínima) debe ser:

- Para líneas de presión constante de $\geq 3"$: 24".
- Para líneas de presión constante de $\leq 2.5"$: 18".
- Para líneas de presión intermitente: 12".

Cuando se instalen los tubos debajo de áreas pavimentadas, las dimensiones especificadas se deben medir por debajo de la sub-base.

3.2.2.2 Instalación de Tuberías

Todas las tuberías de agua recuperada se deben instalar de acuerdo con el Código Uniforme de Plomería (de EEUU, o el correspondiente a cada país) y demás códigos, reglas y regulaciones de los gobiernos locales.

3.2.2.3 Separación Mínima

Todas las tuberías de la línea de presión principal del sistema de agua recuperada se deben instalar manteniendo una separación horizontal mínima de 10 pies con todas las tuberías de agua potable. En los casos en que se crucen las líneas principales de tuberías a presión de agua potable y recuperada, se debe instalar la última por debajo de la de agua potable, en una manga (sleeve) morada de PVC clase 200, que se extienda mínimo 5 pies a cualquier lado de la tubería de agua potable. Se debe proporcionar una separación vertical mínima de 6 pulgadas. Se puede usar tubería (blanca) convencional de PVC si tiene una cinta morada de precaución que diga “PRECAUCIÓN: AGUA RECUPERADA – NO BEBER.”

3.2.2.4 Cintas de Advertencia

Si se utiliza cinta de advertencia, debe tener una leyenda en letras negras sobre fondo morado con las palabras “PRECAUCIÓN: AGUA RECUPERADA – NO BEBER”, la cual se debe colocar (centrada) directa y longitudinalmente encima de la tubería que está sometida a presión continua. La cinta de precaución se debe colocar a todo lo largo de la tubería y se debe sujetar a todo lo largo de la tubería con una cinta plástica colocada alrededor de la tubería con sujetadores con no más de 5 pies de separación. La cinta se debe pegar a las secciones de tubería antes de colocarlas en la trinchera y debe tener aletas suficientes para cobertura continua.

3.2.3 Aspersores

Los aspersores que se usan en los sistemas de agua recuperada son iguales a los de los sistemas de agua potable; sin embargo, deben pedirse con marcas moradas integradas o fabricarse con componentes de color morado. El diseñador debe considerar la calidad del agua recuperada al seleccionar los aspersores. Los niveles elevados de cloro pueden afectar el funcionamiento de algunos componentes de hule, tales como casquillos, anillos-O y otros sellos. Los sedimentos presentes en el agua recuperada; especialmente cuando ésta se almacena en depósitos naturales abiertos, pueden erosionar algunas piezas de los aspersores, por lo que se puede requerir la instalación de filtros en el sistema de distribución.

3.2.4 Válvulas de Acoplamiento Rápido

Las válvulas de acoplamiento rápido que se usan en sistemas de agua recuperada deben ajustarse a las especificaciones siguientes:

- a. Se deben fabricar de bronce, con una cubierta morada de hule o vinil y deben tener una entrada de 0.75” – 1”.
- b. La cubierta debe tener una advertencia con la siguiente información o características:
 - “AGUA NO-POTABLE” o “AGUA RECUPERADA”.
 - “NO BEBER” en inglés y español.
 - El símbolo internacional “No Beber”, por ejemplo, un vaso de agua con una diagonal.
 - Estampado o moldeo permanente de la advertencia sobre la cubierta.

- Capacidad de poner un candado a las cubiertas.
- c. Todas las válvulas de acoplamiento rápido de agua recuperada se deben instalar debajo del piso terminado, en una caja redonda diseñada para uso en riego.

3.2.5 Cajas de Válvulas y Etiquetas de Advertencia

3.2.5.1 Cajas de Válvulas

- a. Todas las válvulas de los siguientes tipos: de compuerta, de control manual, de acoplamiento rápido, eléctricas de control y reductoras de presión, así como los filtros de malla metálica (strainers) para los sistemas de agua recuperada en sitio, se deben instalar debajo del piso terminado, en cajas de válvulas apropiadamente clasificadas. Todos los componentes se deben etiquetar en la forma descrita más adelante.
- b. Las cajas de válvulas de control eléctricas y manuales deben tener etiquetas de prevención moldeadas permanentemente o colocadas sobre la tapa con remaches, pernos, etc. Las etiquetas de prevención se deben construir de un material morado a prueba de humedad, con la advertencia estampada o moldeada permanentemente en la etiqueta. La advertencia debe contener la información siguiente:
- “AGUA NO-POTABLE” o “AGUA RECUPERADA”
 - “NO BEBER” en inglés y español.
 - El símbolo internacional “No Beber”, por ejemplo, un vaso de agua con una diagonal.

3.2.5.2 Etiquetas de Advertencia para Válvulas

Todas las válvulas de control de aspersores de agua recuperada, filtros de malla metálica (strainers), reguladores de presión, acopladores rápidos y válvulas de aislamiento, deben tener etiquetas de identificación. Las etiquetas deben ser de plástico a prueba de humedad, de 3” por 4”, de color morado, con las palabras “ADVERTENCIA – AGUA RECUPERADA – NO BEBER” impresa en un lado en español y en el otro lado en inglés. La impresión debe ser permanente y de color negro.

3.2.6 Dispositivos de Prevención de Retroflujo

Normalmente los organismos gubernamentales no requieren dispositivos de prevención de retroflujo en las instalaciones de agua recuperada en los sitios de uso. Sin embargo, el fraccionador, el dueño, o los usuarios del servicio de agua potable pueden requerir estos dispositivos.

3.2.7 Bebederos

Los bebederos exteriores se deben mostrar y señalar en los planos del sistema de agua recuperada. Si no hay bebederos exteriores presentes en el área de diseño, se debe indicar específicamente en los planos que no existe ninguno. La línea que suministra agua potable a los bebederos debe tener una cinta de precaución instalada, la existencia de la cual se debe indicar en los planos. Los bebederos se deben proteger contra la aspersión directa de agua recuperada, mediante su colocación apropiada en el área de diseño; también se puede usar una fuente cubierta aprobada para este fin.

3.2.8 Identificación del Sistema de Agua Recuperada

Todas las áreas donde se utilice agua recuperada que sean accesibles al público en general, deben tener letreros visibles. Los letreros deben tener no menos de 10 cms. (4") de alto por 20 cms. (8") de ancho, con la leyenda "AGUA RECUPERADA – NO BEBER" o "AGUA RECICLADA – NO BEBER". Cada letrero debe exhibir también un símbolo internacional que represente la misma notificación. En los casos en que en el sitio donde se instala el sistema se usen con frecuencia otros idiomas, se recomienda incluir la traducción del texto.



Fig. III.3.- Señal de advertencia en un sistema de agua recuperada

3.2.9 Etiquetado de Componentes del Sistema de Agua Recuperada

En algunos casos se requieren etiquetas de prevención, aprobadas por el proveedor de agua recuperada o por el organismo regulador, las cuales se deben instalar en lugares designados; por ejemplo paneles de control, hidrantes de lavado, camiones-cisterna de agua recuperada y servicios temporales de construcción. El texto específico de estas etiquetas puede variar de acuerdo al lugar y área de servicio.

3.2.10 Reporte de Ingeniería

En algunos casos, los organismos reguladores pueden requerir que se prepare un informe específico para el sitio de uso de agua recuperada, que indique: a) los requerimientos de calidad de esta agua, b) las cantidades que se espera utilizar, c) los tipos de aplicaciones, d) la información del contacto, y e) otra información del sitio y del usuario, p.ej. dibujos de construcción.

Este informe lo prepara normalmente el usuario o el proveedor del agua recuperada, y los organismos reguladores lo deben revisar y aprobar antes de que se envíe el agua recuperada al sitio.

3.2.11 Prueba de Conexiones Cruzadas

Antes de empezar a usar agua recuperada en un lugar, se debe realizar una prueba de control de presión para conexiones cruzadas, con el fin de verificar que no hay interconexiones entre los dos sistemas. Si la prueba exitosa de conexiones cruzadas es exitosa, se puede empezar a usar agua recuperada en el sistema. Los organismos reguladores pueden requerir que se repita la prueba con cierta periodicidad.

3.3 Criterios de Diseño de Sistemas de Agua Recuperada en los Sitios de Uso – Sistemas Modificados

Los sistemas de riego que se modifiquen para utilizar agua recuperada deben ajustarse a lo siguiente:

- a. El sistema de agua recuperada se debe separar e independizar de cualquier sistema de agua potable. Se prohíben las conexiones cruzadas entre las instalaciones de agua potable y las de agua recuperada.
- b. A menos que los organismos reguladores aprueben otra cosa, se deben remover del sistema de agua recuperada las conexiones convencionales de mangueras, y cambiarlas por acopladores rápidos con código de colores adecuado.
- c. Se deben modificar las instalaciones existentes para prevenir descargas o fugas de agua recuperada sobre áreas que no estén bajo el control del usuario. Por ejemplo, se deben utilizar aspersores de medio círculo a un lado de los caminos y líneas de propiedad, y de cuarto de círculo en las esquinas, para confinar la descarga de los aspersores al área de diseño. En las áreas en que la sobre-aspersión es significativa, se pueden requerir burbujeadores o sistemas subterráneos de riego.
- d. Los controladores de tiempo (timers) existentes se deben ajustar para regar durante períodos de uso mínimo en otras áreas de servicio. Esto ocurre típicamente entre las 9 de la noche y las 6 de la mañana, o según lo indique el proveedor de agua recuperada. Se debe especificar un plazo mínimo de secado antes de que el área regada pueda ser utilizada por el público.
- e. El tiempo total requerido para regar toda el área no debe exceder de 9 horas típicamente, en un período de 24 horas; sin embargo, los organismos reguladores pueden alargar o acortar las horas de riego. Los sistemas de riego se deben diseñar para operar dentro de este requerimiento de tiempo.
- f. Los controles de flujo se deben ajustar de modo que no se exceda el índice de infiltración del suelo. Si existen varias pendientes y/o tipos del suelo, el diseño de las instalaciones de agua recuperada debe ser compatible con la tasa de infiltración más baja presente.
- g. Se deben proteger los bebederos contra la aspersion de agua recuperada.
- h. El agua recuperada se debe suministrar al sitio a través de una conexión nueva y separada de servicio. En la mayoría de los casos se requerirá un dispositivo de reducción de presión para prevenir retroflujos en los medidores de agua potable existentes en el sitio.

3.3.1 Tuberías de Riego

Se debe excavar y sustituir la tubería subterránea existente. Si el cambio se hace en forma parcial, es imprescindible que no se mezclen en el sitio los materiales y/o colores de las tuberías. Por ejemplo, si el sistema está construido de tubería blanca de riego, ésta se deberá reparar y modificar usando tubería blanca, aunque ahora se utilice agua recuperada.

Si se empalma tubería morada con tubería blanca de riego, se puede confundir al personal del campo si se les dice que la tubería morada indica agua recuperada y la blanca no.

3.3.2 Separación Mínima

En proyectos de modificación puede ser prácticamente imposible obtener la separación deseada. En todas las modificaciones futuras al sistema, las nuevas adiciones deben adherirse a los criterios de separación para sistemas nuevos.

3.3.3 Cintas de Advertencia

Cuando se instalan nuevas líneas de presión en un sitio modificado, aplican los mismos requerimientos de cintas de advertencia que para los sistemas nuevos de agua recuperada – Ver sección 3.2.24 ("Cintas de advertencia")-.

3.4 Aspersores

Como parte del proyecto de modificación, se deben cambiar los aspersores quebrados o gastados. Los aspersores del sistema de agua recuperada deben tener un casquillo morado suministrado por el fabricante, o estar pintados de morado (Ver figura III-4). El sistema de aspersores se debe ajustar para evitar sobre-aspersión y sobre-presión en los casos en que el agua recuperada tenga una presión mucho mayor que la fuente potable original.



Fig. III.4.- Cabezal de aspersor de un sistema de riego que usa agua recuperada

3.5 Válvulas de Acoplamiento Rápido

Como parte del proyecto de modificación, se deben instalar válvulas nuevas de acoplamiento rápido con casquillos morados integrales. Cuando los organismos reguladores y/o el proveedor del agua lo permiten, se pueden pintar y etiquetar en forma apropiada las válvulas existentes de acoplamiento rápido. En algunos casos, el proveedor de agua recuperada puede requerir un roscado específico para diferenciar las válvulas de acoplamiento rápido de agua recuperada de las de agua potable. Las válvulas de acoplamiento rápido usadas en sistemas de agua recuperada se deben ajustar a los requerimientos de la sección 3.2.4 ("Válvulas de acoplamiento rápido").

3.6 Rotulado de Cajas de Válvulas y Etiquetas de Advertencia

Todas las cajas de válvulas de control de los aspersores de agua recuperada se deben sustituir por cajas moradas, con tapas moradas y etiquetas moradas de advertencia en la

tapa, o estar pintadas de morado. Los organismos reguladores y el proveedor de agua recuperada determinarán las opciones específicas disponibles para cada sitio modificado. Todos los filtros de malla metálica (strainers), reguladores de presión, acopladores rápidos y válvulas de aislamiento para agua recuperada deben tener etiquetas de identificación. Estas etiquetas deben ser iguales a las descritas en la sección 3.2.5 ("Cajas").

3.7 Dispositivos de Prevención de Retroflujo

Se requieren dispositivos de prevención de retroflujo en las conexiones de agua potable cuando el sitio se convierte a agua recuperada. En los casos en que el sistema de riego se puede presurizar con un sistema de bombeo en sitio, el proveedor del agua recuperada puede requerir un dispositivo de retroflujo en la conexión del agua recuperada. Un ejemplo de una situación que puede incentivar este requerimiento es un vivero comercial en donde se bombea pesticida en el sistema de riego en sitio, cuando hay otros usuarios aguas abajo. Si la bomba del pesticida produce más presión que la de la tubería de agua recuperada en la calle, el pesticida se puede bombear a la tubería y transportarse a los usuarios aguas abajo.

3.8 Bebederos

Se debe evitar sobre-aspersión directa de los bebederos con agua recuperada, como se indica en la sección 3.2.7 ("Bebederos").

3.9 Identificación del Sistema

Para los sitios modificados, la identificación es igual que para los sitios nuevos de reúso, como se describe en la sección 3.2.8 ("Identificación del Sistema").

3.10 Etiquetado de Componentes del Sistema

Debido a que en un proyecto de modificación los sistemas subterráneos no son morados, es crítico que las porciones visibles del sistema estén marcadas e identificadas adecuadamente como instalaciones de agua recuperada. Los requerimientos de etiquetado descritos anteriormente para los sistemas nuevos de reúso, también aplican para los proyectos de modificación.

3.11 Reporte de Ingeniería

En algunos casos, los organismos reguladores pueden requerir que se prepare un reporte específico para el lugar, que presente: a) los requerimientos para el uso de agua recuperada, b) las cantidades usadas, c) los tipos de aplicaciones, d) la información del contacto, y e) otra información del sitio y del usuario, p.ej. los dibujos de construcción. Este informe se debe preparar de acuerdo a las indicaciones de la sección 3.2.10 ("Reporte de Ingeniería").

3.12 Prueba de Conexiones Cruzadas

Antes empezar a usar agua recuperada en un sitio modificado, se debe realizar una prueba de control de presión para conexiones cruzadas, con el fin de verificar que no hay interconexiones entre los dos sistemas, de acuerdo a las indicaciones de la sección 3.2.11 (Prueba de Conexiones Cruzadas).

IV. Construcción de Sistemas de Agua Recuperada

La construcción de sistemas de agua recuperada requiere el mismo trabajo básico que la construcción de los sistemas de agua potable y alcantarillado. El equipo, las herramientas y las técnicas de construcción son los mismos para los dos tipos de instalaciones. En esta sección se presentan recomendaciones para las modificaciones o reparaciones a realizar en las instalaciones existentes de agua recuperada. Las limitaciones específicas para la construcción de instalaciones que usan agua recuperada se deben obtener de los organismos reguladores.

4.1 Actividades Generales de Construcción

4.1.1. Consolidación de Rellenos de Trincheras

Por lo general se puede utilizar agua recuperada en la consolidación de rellenos de trincheras, pero se deben tomar precauciones para limitar salpicaduras, charcos e inundación. El agua recuperada se debe confinar a la trinchera y monitorearse en forma cuidadosa. Además, se deben utilizar mangueras de color apropiado para inundar la trinchera desde una fuente de agua recuperada, p.ej. hidrantes de construcción o camiones-cisterna.

4.1.2 Prueba de presión

También se puede utilizar agua recuperada para la prueba de presión de tuberías nuevas que utilicen este tipo de agua. Los calibradores de presión usados durante la prueba deben ser del color indicado en el código, y su uso se limitar a las instalaciones de agua recuperada. Las personas del equipo de prueba deben estar familiarizadas con el uso de agua recuperada. Se deben tener planes para atenuar los impactos de rupturas de tubería durante la prueba y prevenir inundaciones.

4.1.3 Limpieza general

Es una práctica común usar agua recuperada para controlar el polvo y remover los residuos de construcción y otra basura acumulados en las calles. Sin embargo, se debe evitar limpiar las calles por inundación, tener cuidado de confinar el agua recuperada al sitio de aplicación, y evitar que llegue al drenaje pluvial. Los camiones-cisterna usados para limpieza deben tener un letrero que diga "Agua Recuperada".

4.2 Sistemas de Código de Colores, Señales de Peligro y Etiquetas

Se debe efectuar una revisión para asegurar que todos los materiales en contacto con el agua recuperada estén identificados correctamente, y que las válvulas, cajas, cubiertas de sistemas de vacío, cubiertas de medidores, etc., estén correctamente etiquetadas y cumplan con el código de colores. También hay que cerciorarse de que todas las señales de peligro estén en su lugar, sujetadas en forma segura y que las señales y las etiquetas de advertencia estén instaladas correctamente y sean completamente visibles. Después de hacer las reparaciones requeridas, hay que cerciorarse de que las etiquetas, las señales y los letreros de agua recuperada estén en su lugar. Si no lo están, se deben colocar bien o reemplazarlas.

4.3 Prueba de Presión y Limpieza con una Descarga de Agua Recuperada

Durante la construcción, puede ser necesario limpiar las tuberías de agua recuperada con un chorro de agua para quitar basuras. El proveedor y los organismos reguladores locales deben aprobar este uso del agua recuperada. Debido a que el agua recuperada se deriva de aguas residuales, debe prohibirse la descarga de esta agua recuperada al drenaje pluvial, a los ríos y corrientes. En los procedimientos de construcción se deben incluir medios apropiados para capturar las descargas.

En forma similar, durante las operaciones de limpieza, tales como "pigging" (en las que se utiliza agua a presión con bolitas de plástico flexible), el sistema de tuberías debe permitir la disposición apropiada de agua recuperada a un cuerpo receptor aprobado.

V. Operación de los Sistemas de Agua Recuperada

5.1. Operación del Sistema de Almacenamiento / Distribución

El propósito de esta sección es proporcionar una guía de manejo para los sistemas de almacenamiento / distribución de agua recuperada. En la mayoría de los casos, el manejo de estos sistemas es comparable al de los de agua potable. Los requerimientos de presión y calidad del agua y el mantenimiento general de los componentes son iguales en ambos casos. Las secciones siguientes proporcionan recomendaciones que reflejan las diferencias entre los dos tipos de sistemas.

5.1.1 Aseguramiento del Residual de Cloro en el Sistema de Distribución

La razón primaria para mantener residuales de cloro en los sistemas de distribución de agua recuperada es proporcionar una barrera adicional para los patógenos y reducir el potencial de malos olores y limos en las líneas del sistema.

Los residuales de cloro en los sistemas de agua potable se mantienen típicamente entre 0.5 y 2 mg/l para evitar quejas de malos sabores y olores. Debido a que en los sistemas de distribución de agua recuperada se pueden presentar períodos de flujo bajo, el bioensuciamiento es una preocupación para los operadores de sistemas de agua recuperada. Se recomienda mantener los niveles de cloro en 1 a 2 mg/l en todo el sistema de agua recuperada. Para mantener estos residuales de cloro, puede requerirse instalar varios puntos de inyección de hipoclorito de sodio. Además, se recomienda realizar pruebas más frecuentes de residual de cloro en las áreas en las que se presentan períodos largos de flujos bajos.

El residual de cloro es también una preocupación en los sistemas nuevos que se construyen en respuesta a demandas actuales y potenciales. El sobrediseño de los sistemas de distribución para demandas futuras puede llevar a períodos extendidos de flujos bajos y bioensuciamiento potencial.

Los sistemas que se alimentan con agua recuperada que se almacena en depósitos estacionales abiertos pueden también demandar choques frecuentes de cloro, debido a los agentes contaminantes que puedan llegar al agua a través del aire.

5.1.2 Variación Diaria y Estacional de los Patrones de Demanda

Las instalaciones de recuperación del agua se diseñan para manejar flujos residenciales y comerciales de aguas residuales. Debido a que la demanda de agua potable tiene típicamente un patrón de flujo diurno, con picos entre las 7-9 de la mañana, las 2-3 de la tarde y las 7-8 de la noche, la fuente disponible de agua recuperada sigue el mismo patrón de flujo diurno –con más o menos retraso, dependiendo de las distancias-, si no hay almacenamiento de equilibrio.

Debido a que el agua recuperada se utiliza principalmente para riego de áreas verdes, y a que los períodos de demanda alta se presentan típicamente en las tardes, en muchas áreas los organismos reguladores y las ordenanzas locales restringen los períodos de riego con agua recuperada. Esto puede ser un problema para los operadores que intentan emparejar la producción con la demanda. Sin almacenamiento de equilibrio en el sistema, bien sea en la planta de tratamiento de aguas residuales o en el sistema de distribución, puede ser necesario reducir las demandas de sistema para tener en cuenta los flujos máximos en la planta durante las tardes.

Además de las fluctuaciones diarias en el influente a la planta y en la demanda de agua recuperada, ésta puede variar en forma estacional. Debido a que la mayor parte del agua recuperada se utiliza para riego agrícola y de áreas verdes, la demanda disminuye perceptiblemente en los meses de lluvia y en los de invierno. Sin almacenamiento estacional, los operadores pueden tener que disponer de excesos de agua recuperada durante la estación de lluvias y en el invierno, y restringir la demanda en los meses cálidos y secos.

5.1.3 Requerimientos de Análisis de Calidad del Agua

En los sistemas de agua potable, se aplican normalmente los criterios de calidad a todos los usuarios del sistema. En sistemas de agua recuperada, los criterios de calidad se pueden aplicar en los siguientes tres puntos: a) la descarga del efluente de la planta a los sistemas de distribución de agua recuperada, b) la descarga al almacenamiento, o c) el primer usuario del agua recuperada.

El proveedor debe verificar los puntos de análisis con su organismo regulador. Los proveedores de agua recuperada deben establecer programas periódicos de análisis y monitoreo para evaluar cualquier degradación de la calidad del agua, en especial los residuales de cloro en el sistema de distribución.

Cuando se intenta aumentar las aplicaciones no-potables del agua recuperada, la calidad del agua puede convertirse en un problema. A Los usuarios de riego agrícola y de áreas verdes no les preocupa por lo general la turbiedad, el color y el olor del agua; y la variación de la calidad del agua, dentro de rangos aceptables, no es un problema para ese tipo de aplicaciones. Sin embargo, si el agua recuperada se utiliza para usos industriales o comerciales (p.ej. procesos, descarga de sanitarios, fabricación de concreto, o usos similares), la calidad del agua debe ser más consistente.

Durante la evaluación de los programas de modificación o aplicaciones proyectadas en un sistema nuevo, el proveedor del agua debe evaluar los requerimientos de calidad del agua para cada tipo de usuario y determinar si el sistema puede cumplir con esos estándares. Se pueden requerir mejoras a los procesos de tratamiento, post-almacenamiento por filtración y refuerzo de la desinfección del sistema.

5.1.4 Efectos del Agua Recuperada sobre Diferentes Equipos Operativos

Debido a los niveles más altos de cloro y de sodio, y a la presencia potencial de amoníaco y nitratos en el agua recuperada, los usuarios deben evaluar los impactos en su equipo.

El cloro puede afectar ciertos tipos de hules usados en diafragmas, anillos-O y sellos. Los sedimentos finos en depósitos de almacenamiento estacional de agua recuperada pueden dar lugar a problemas de abrasión y/u obstrucción en el sistema de bombeo, las tuberías y los inyectores de los aspersores

Los usuarios deben evaluar la calidad típica del agua recuperada y cerciorarse de que su equipo no va ser afectado, e instalar sistemas para atenuar los impactos si se requiere. Esto puede lograrse modificando las especificaciones de materiales y equipos, o incluyendo equipo adicional, p.ej. filtros en línea.

5.1.5 Requerimientos de los Organismos Reguladores que controlan los Equipos de Desinfección para Agua Recuperada

Muchos organismos reguladores requieren que el equipo que se utiliza en operaciones con agua recuperada se desinfecte antes de usarlos en otras partes de los sistemas. P.ej. las mangueras que se usan para agua recuperada se deben desinfectar correctamente antes de usarlas en sistemas de agua potable. Los camiones-cisterna que se utilizan para acarrear el agua recuperada se deben desinfectar correctamente antes de que se puedan utilizar para transporte de agua potable.

Si el sistema de agua recuperada tiene dispositivos de retroflujo (p.ej. en los sitios en donde se bombean productos químicos a los sistemas de riego), se debe utilizar un manómetro separado para cada tipo de sistema, utilizando el código de colores apropiado.

Los equipos que utilizan agua recuperada para aplicaciones tales como limpieza de alcantarillas con chorro de agua, barrido de calles, o sistemas contra incendio, deben tener un dispositivo separador de aire (gap) aprobado, dedicado solamente al agua recuperada, o se deben desinfectar correctamente después de usar agua recuperada.

Los requerimientos de la desinfección varían de un estado al otro. Los proveedores de agua deben obtener las reglas específicas para desinfección en cada tipo de situación.

5.1.6 Requerimientos de Pruebas de Retroflujo y Conexiones Cruzadas

Los requerimientos de pruebas de retroflujo y de conexiones cruzadas varían de un estado al otro. Antes de ejecutar un programa de agua recuperada, el proveedor debe ponerse en contacto con el organismo responsable del control de conexiones cruzadas, con el fin de determinar los requerimientos específicos para su área de servicio. Por ejemplo, en el estado de California en EEUU, se requiere un dispositivo de presión reducida en la conexión del agua potable, en los sitios en donde también se utiliza agua recuperada.

5.1.7 Capacitación del Personal

Se debe proporcionar capacitación al personal que tendrá a su cargo la operación y mantenimiento de los sistemas de distribución de agua recuperada. Esta capacitación debe incluir:

- Descripción del proceso de recuperación del agua.
- Revisión de la calidad del agua recuperada que los operadores de sistema entregarán a los clientes.
- Manejo apropiado del agua recuperada.
- Revisión de los procedimientos de mantenimiento y uso apropiado de herramientas.
- Código de colores y etiquetado en las instalaciones de agua recuperada.
- Procedimientos de control de conexiones cruzadas.
- Medidas a ejecutar en caso de descarga de agua recuperada a aguas receptoras.
- Procedimientos de respuesta a emergencias.

5.1.8 Limpieza de Depósitos de Agua Recuperada

En los sistemas de agua recuperada se encuentran normalmente dos tipos de depósitos de almacenamiento: a) almacenamiento para operación a corto plazo (tanques y lagos pequeños), y b) almacenamiento estacional a largo plazo (lagos y pilas de mayores dimensiones).

5.1.8.1 Tanques

Los tanques de agua recuperada, tanto de acero como de concreto (pretensado y vaciado en el lugar), requieren una limpieza más frecuente que los tanques de agua potable. Debido a la carga de nutrientes más alta en el agua recuperada, es más frecuente que se presenten crecimientos biológicos en los tanques, los cuales se deben limpiar con mangueras de alta presión.

Al limpiar los tanques de agua recuperada, es importante proporcionar ventilación adecuada y equipo de limpieza, y determinar -antes de la limpieza- adónde irán las descargas. En muchas áreas, el agua recuperada no se puede descargar directamente a canales y drenes pluviales. Además, cuando se limpia el bio-ensuciamiento de los tanques, se forma un lodo que se debe capturar y transportar a un cuerpo receptor o sistema de tratamiento aprobado. Ésta puede ser un relleno sanitario, la misma planta de tratamiento de aguas residuales, o campos agrícolas donde se puedan extender los lodos.

5.1.8.2 Pilas / Lagos

Puede haber casos en los que, debido a problemas de calidad del agua o a su contaminación, se debe drenar el agua de las pilas o lagos. Si esto ocurre, el operador debe planear por adelantado la descarga del agua. En algunos casos puede ser necesario prefiltrar el agua antes de descargarla.

5.1.9 Limpieza de Tuberías de los Sistemas de Agua Recuperada

En forma similar a lo que ocurre con los tanques de almacenamiento, puede ser necesario limpiar las tuberías de agua recuperada con más frecuencia que las tuberías de agua potable.

En los casos en que se utilizan depósitos al aire libre, pueden entrar basuras y sedimentos al sistema de distribución. Además, debido a que la mayor parte de la demanda de agua recuperada tiene lugar en la tarde, habrá períodos de caudal bajo o nulo en el sistema de distribución. Cuando se instalan tuberías de gran diámetro en previsión de las demandas futuras, las velocidades reducidas que se obtienen para la demanda actual pueden dar lugar a la formación de depósitos.

Se debe incluir -en el programa de operación y mantenimiento del sistema de distribución de agua recuperada- la limpieza con chorro de agua o el "pigging", el cual consiste en agregar bolitas de hule-espuma (cubiertas a veces con superficies abrasivas de plástico) al agua a presión que se utiliza para la limpieza de las tuberías.

Una vez más, se debe tener cuidado con la disposición del lodo resultante de las limpiezas. Las opciones de disposición varían de un estado a otro; por lo que el proveedor de agua recuperada debe ponerse en contacto con los organismos reguladores para determinar los métodos aceptables de disposición antes de iniciar las limpiezas.

5.1.10 Avisos al Público

Los operadores deben avisar ampliamente al público antes de efectuar cualquier paro en el sistema de agua recuperada. Si se usa toda esta agua sólo para riego de áreas verdes, los paros periódicos en el sistema no son típicamente un problema; pero en los casos en que se incluyen otras aplicaciones como descarga de sanitarios, torres de enfriamiento y otros usos industriales y comerciales, o existen usuarios grandes, p.ej. campos de golf, los avisos previos de paros requeridos para actualizaciones y reparaciones del sistema son críticos para la aceptación a largo plazo del agua recuperada como sustituto viable del agua potable.

5.2 Operación del Sistema de Agua Recuperada en los Sitios de Uso

Las guías que se presentan esta sección constituyen criterios iniciales de operación para el uso del agua recuperada en el riego de áreas verdes. Debido a que los requerimientos regulatorios varían de un estado al otro, el proveedor del agua debe revisar estas recomendaciones con los organismos reguladores, y reducirlas o aumentarlas, según se requiera. En general los organismos reguladores determinarán, lugar por lugar, los criterios de funcionamiento para otras aplicaciones comerciales o industriales, p.ej. procesos productivos, torres de enfriamiento, descarga de sanitarios, etc.

5.2.1 Horas de Riego

Se recomienda restringir las horas de riego entre las 9 de la noche y las 6 de la mañana, para reducir al mínimo la exposición del público en los sitios de uso de agua recuperada. En proyectos de modificación, se pueden requerir cambios en los períodos de riego existentes. Las horas de riego pueden tener que escalonarse para reducir al mínimo los flujos pico en el sistema.

5.2.2 Estancamiento e Inundación

El riego se debe hacer de forma que se reduzca al mínimo la escorrentía, el estancamiento y la acumulación de agua. La tasa de aplicación no debe exceder la tasa de infiltración del suelo. Se deben ajustar los relojes controladores (timers) para que sean compatibles con la tasa más baja de infiltración al suelo en el área. Este procedimiento se puede facilitar mediante la programación eficiente de los relojes controladores (p.ej. dividiendo el tiempo total de riego en ciclos que promuevan la absorción máxima del suelo). Esto también ayudará a reducir las situaciones en las que la saturación del suelo da lugar a daños al pasto y a la formación de bacterias anaerobias en la zona de la raíz. Ver también sección 8.9.8 (“Tasas de Aplicación del Agua Recuperada”).

5.2.3 Ajuste de Aspersores

Se deben revisar periódicamente y ajustar los cabezales de los aspersores, para eliminar la sobre-aspersión en las áreas que no están bajo control del usuario; por ejemplo, los pasillos alrededor de albercas, patios privados, calles y aceras. Debido a que el área de riego puede ser accesible al público, se pueden dañar o quebrar los aspersores. En caso de que se utilicen anillos morados en las cabezas de aspersores, se deben revisar periódicamente para cerciorarse de que todavía están en su lugar.

5.2.4 Monitoreo

Los sistemas de riego se deben supervisar y mantener para reducir al mínimo las fallas de equipos y materiales. Se deben reparar los cabezales de los aspersores quebrados, las fugas, las válvulas no confiables, etc., tan pronto como se descubran. Todo el personal de mantenimiento se debe capacitar en forma continua en el uso seguro y apropiado del agua recuperada.

5.2.5 Guías y Regulaciones

Se debe dar mantenimiento a las instalaciones de agua recuperada en cada sitio, de acuerdo con las guías del proveedor de agua recuperada y las regulaciones de los organismos reguladores, y los códigos técnicos de edificación aplicables. Por ejemplo:

- a. No se deben permitir conexiones cruzadas entre las instalaciones de agua potable y las de agua recuperada en el sitio.
- b. No se deben permitir conexiones convencionales para mangueras en las instalaciones de agua recuperada. Éstas se deben sustituir por acopladores rápidos.
- c. Se deben proteger los bebederos y áreas de consumo de comida contra aspersiones de agua recuperada.

5.2.6 Medidas de Control

La operación y el control de los sistemas de agua recuperada en los lugares de uso, deben prevenir el consumo humano directo de esta agua, y controlar y limitar la escurrida. El dueño o usuario de las instalaciones es responsable de todas las aplicaciones que se den al agua recuperada. Se deben desarrollar medidas específicas de operación y control para el lugar, con el fin de:

- a. Reducir al mínimo las descargas sobre áreas que no estén bajo control del usuario.
- b. Operar las instalaciones de agua recuperada en sitio durante los períodos de uso mínimo del área de servicio.
- c. Aplicar el agua recuperada a una tasa que no exceda el índice de infiltración del suelo.

5.2.7 Pruebas de Cobertura (Sistemas de Riego)

Típicamente, el usuario es responsable de controlar la sobre-aspersión y la escurrida en los sistemas nuevos o modificados. Esto se debe verificar en cada sitio específico de uso. Para asegurar el control de la sobre-aspersión y la escurrida, se requiere una inspección del sistema en sitio.

Cuando se termina el sistema de aspersión y se planta la vegetación, o antes de activar una modificación, el usuario debe ponerse en contacto con el proveedor del agua recuperada y programar un recorrido para probar el sistema. Debe estar presente un representante del usuario, junto con personal capacitado para hacer ajustes en el sistema. Si se requieren modificaciones al sistema (exceptuando ajustes menores), se debe notificar al usuario -por escrito- de los cambios requeridos. Estas modificaciones, que se deben realizar a la brevedad posible, son responsabilidad del usuario.

5.2.8 Supervisores de los Usuarios en los Sitios de Uso de Agua Recuperada

Los usuarios deben asignar un supervisor en cada sitio de uso de agua recuperada. Este supervisor será responsable de la instalación y el uso de las tuberías y los equipos instalados en el lugar, y de la prevención de conexiones cruzadas. En caso de contaminación del sistema de agua potable, debido a una conexión cruzada en el sitio de uso, el supervisor del usuario debe cumplir con los requerimientos de notificación al proveedor del agua recuperada y a los organismos reguladores locales y estatales.

El supervisor del usuario debe:

- a. Informar y familiarizar al personal de operación sobre el uso apropiado del agua recuperada.
- b. Suministrar al personal bajo su cargo instrucciones de operación y mantenimiento, diagramas de control y dibujos de registro, para asegurar la operación apropiada del

sistema, de acuerdo con el diseño de las instalaciones en el sitio de uso, y las guías y regulaciones del proveedor del agua recuperada.

- c. Notificar al proveedor de agua recuperada sobre los cambios, actualizaciones, modificaciones o adiciones propuestos y/o realizados a las instalaciones en sitio.
- d. Monitorear el sitio para el uso apropiado de agua recuperada y asegurar la conformidad con los requerimientos de uso.
- e. Educar a todo el personal de mantenimiento en forma continua sobre el uso seguro y apropiado del agua recuperada.

Dado el alto índice de rotación de empleados en la industria de jardinería, es importante que esta información se difunda con frecuencia. Típicamente, el contratista de jardinería es responsable de capacitar a todos los trabajadores cuya actividad involucre el uso de agua recuperada.

5.2.9 Control de Conexiones Cruzadas y Plan de Respuesta a Emergencias

En los lugares en donde se utiliza agua recuperada, se deben hacer pruebas de los sistemas correspondientes y de los de agua potable, para verificar que no hay conexiones cruzadas. En todos los casos, los sistemas se deben probar antes de poner en servicio el sistema de agua recuperada y en forma periódica después, típicamente cada 1-4 años.

Las medidas aceptables para realizar pruebas de conexiones cruzadas varían de un estado al otro. El proveedor de agua recuperada debe determinar los métodos aceptables en su área, poniéndose en contacto con los organismos reguladores. Cada sitio debe tener también un plan de respuesta a emergencias, que indique los pasos necesarios en caso de que se descubra una conexión cruzada. Esto debe ser parte de la capacitación del supervisor en sitio y de las reglas y regulaciones del proveedor de agua recuperada.

5.3 Referencias

- *Foundation for Cross-Connection Control and Hydraulic Research* (Fundación para Control e Investigación Hidráulica de Conexiones Cruzadas). "Manual of Cross-Connection Control" (Manual para Control de Conexiones Cruzadas). 9a. ed., Los Angeles, CA, Universidad del Sur de California, 1993.

VI. Desarrollo de un Plan Financiero

Para cualquier proyecto que involucre el uso de agua recuperada, es necesario –y crítico– contar con plan financiero. Una vez que la Junta de gobierno local ha establecido la viabilidad del proyecto propuesto, es necesario desarrollar un plan financiero (en el que se determine quién y cómo se pagan los costos de capital y los gastos anuales de operación). Por ejemplo, un proyecto puede ser rentable, pero puede no ser financieramente factible si no se cuenta con contribuciones significativas de financiamiento externo. La viabilidad financiera es un asunto crítico para las Juntas de gobierno de los proveedores del agua y para otros organismos que determinan si se ejecuta o no un proyecto.

La implementación de un proyecto de agua recuperada implica una inversión sustancial de capital inicial para: estudios de planeación, reportes de impacto ambiental, diseño de ingeniería y construcción, antes de que se produzca un producto que se pueda vender. La mayoría de los proyectos implican la emisión de bonos u otros instrumentos de deuda a largo plazo, con el fin de extender los costos iniciales de capital a un período de 20 a 30 años. Con el fin de vender los bonos a tipos razonables de interés, el patrocinador del proyecto debe demostrar que habrá suficientes ingresos durante la vida del proyecto para pagar los bonos con interés, así como para cubrir la operación anual, el mantenimiento y los costos administrativos del proyecto.

Otros asuntos relacionados con el financiamiento de un proyecto de agua recuperada son: a) el retraso en la conexión de los clientes, y b) la carencia de ingresos suficientes por venta de agua recuperada, para cubrir los gastos del proyecto durante los años iniciales. Un plan de financiamiento identifica las fuentes disponibles de bonos o de capital y los pronósticos de ingresos potenciales por ventas de agua recuperada, impuestos y otros ingresos que, en forma combinada, cubran los costos de operación y pagos de la deuda proyectados cada año.

Esta sección de “Desarrollo de un Plan Financiero” proporciona guías generales sobre la preparación de análisis de movimientos de efectivo para este tipo de proyectos, y sobre las oportunidades de reducir al mínimo los gastos y aumentar los ingresos.

En la determinación de la factibilidad financiera, mucha de la información requerida de costos es parte de un análisis tradicional de rentabilidad. La diferencia está en la inclusión de las fuentes de ingresos en el análisis financiero de movimientos de efectivo. En este análisis se calculan los componentes de costo y los ingresos de un proyecto en una hoja de balance financiero. Esencialmente, se prepara un presupuesto plurianual para todos los costos incurridos y los ingresos que se espera recibir año con año, para determinar si los ingresos son suficientes para cubrir los costos en cualquier año y a través del tiempo.

Algunas de las categorías típicas de costos y los ingresos de los proyectos de agua recuperada que se deben incluir en el flujo de caja del proyecto son:

6.1 Gastos e Ingresos (Salidas y Entradas de Dinero)

6.1.1 Gastos del Servicio de la Deuda de Capital, o Costos de Capital que Tienen Lugar en una Sola Ocasión

- Adquisición potencial de terrenos
- Diseño
- Instalaciones de tratamiento terciario
- Sistema de distribución
- Permisos / Gastos Ambientales

6.1.2 Gastos de Operación y Mantenimiento

a. Tratamiento terciario

- Electricidad
- Productos químicos
- Partes de repuesto
- Mano de obra

b. Distribución

- Partes de repuesto
- Mano de obra
- Bombeo
- Electricidad
- Personal y administración
- Tiempos muertos
- Costos de depreciación y de reemplazo futuro

6.1.3 Ingresos

- Tarifas y cobros por agua recuperada
- Incentivos financieros de otros organismos
- Préstamos gubernamentales de bajo interés
- Cobros por capacidad
- Cuotas de conexión
- Subsidios del sistema de alcantarillado por evitar costos de disposición
- Ingresos fiscales (exención de impuestos)
- Otros

6.2 Análisis del Flujo de Caja

En las tablas VI-1 (sección 6.2.1) y VI-2 (sección 6.2.2) se presentan hojas de cálculo de análisis financieros típicos. En estos análisis no se hace la conversión de costos a valores actuales. El propósito es predecir las demandas de efectivo o renta neta que el proyecto producirá en cada año de su vida de 25 años. En efecto, éste es un presupuesto plurianual de gastos y réditos futuros. Se identifican, se calculan y se suman todos los costos. El balance anual neto es el ingreso total menos los gastos anuales totales. En la columna final del balance acumulado neto se identifica el resultado de los movimientos de caja de los proyectos.

Nota: El balance neto acumulado incluye un costo no especificado o cambio de renta basado en 5% del balance neto acumulado del año anterior, que supone que el déficit se debe financiar mediante otras fuentes.

6.2.1. Análisis Financiero de un Proyecto Pequeño (20 Lps)

La tabla VI-1 presenta el flujo de caja simplificado para un proyecto pequeño (de 1,700 m³/día = 20 litros por segundo). El costo de capital estimado para este proyecto es aproximadamente \$3 millones de dólares, con un costo anual total de operación y mantenimiento de aproximadamente \$5,000 (cinco mil) dólares por Lps, para tratamiento y distribución. En el ejemplo, el costo de capital es una deuda financiada con préstamos de bajo interés (3% durante 20 años). El ingreso es la tarifa al por menor que se cobra a los clientes del agua recuperada y un reembolso del organismo proveedor de agua en bloque o la autoridad correspondiente.

**Tabla VI-1.- Análisis Financiero de Flujo de Caja
(Proyecto pequeño: 20 Lps = 500 acres-pie/año)**

Año fiscal	Ventas anuales en Lps (1)	Costos Anuales del Proyecto (Dls.)			Ingresos Anuales del Proyecto (Dls.)			Balance Anual Neto (Dls.)	Balance Neto Acumulado (Dls.)
		O&M	Servicio de la Deuda (2)	Costos Totales	Ingresos por ventas de ART	Reembolso (3)	Ingresos Totales		
2000	10	\$0	\$201,647	\$201,647	\$135,875	\$62,500	\$198,375	-\$3,272	-\$3,272
2001	15	\$113,966	\$201,647	\$315,613	\$214,003	\$93,750	\$307,753	-\$7,860	-\$11,132
2002	20	\$118,524	\$201,647	\$320,171	\$285,338	\$125,000	\$410,338	\$90,167	\$79,035
2003	20	\$123,265	\$201,647	\$324,912	\$285,338	\$125,000	\$410,338	\$85,426	\$164,461
2004	20	\$128,196	\$201,647	\$329,843	\$285,338	\$125,000	\$410,338	\$80,495	\$244,956
2005	20	\$133,324	\$201,647	\$334,971	\$285,338	\$125,000	\$410,338	\$75,367	\$320,323
2006	20	\$138,657	\$201,647	\$340,304	\$285,338	\$125,000	\$410,338	\$70,034	\$390,357
2007	20	\$144,203	\$201,647	\$345,850	\$285,338	\$125,000	\$410,338	\$64,488	\$454,845
2008	20	\$144,971	\$201,647	\$346,618	\$285,338	\$125,000	\$410,338	\$63,720	\$518,565
2009	20	\$155,970	\$201,647	\$357,617	\$285,338	\$125,000	\$410,338	\$52,721	\$571,286
2010	20	\$162,209	\$201,647	\$363,856	\$285,338	\$125,000	\$410,338	\$46,482	\$617,768
2011	20	\$168,697	\$201,647	\$370,344	\$285,338	\$125,000	\$410,338	\$39,994	\$657,762
2012	20	\$175,445	\$201,647	\$377,092	\$285,338	\$125,000	\$410,338	\$33,246	\$691,008
2013	20	\$182,463	\$201,647	\$384,110	\$285,338	\$125,000	\$410,338	\$26,228	\$717,236
2014	20	\$189,761	\$201,647	\$391,408	\$285,338	\$125,000	\$410,338	\$18,930	\$736,166
2015	20	\$197,352	\$201,647	\$398,999	\$285,338	\$125,000	\$410,338	\$11,339	\$747,505
2016	20	\$205,246	\$201,647	\$406,893	\$285,338	\$125,000	\$410,338	\$3,445	\$750,950
2017	20	\$213,455	\$201,647	\$415,102	\$285,338	\$125,000	\$410,338	-\$4,764	\$746,186
2018	20	\$221,994	\$201,647	\$423,641	\$285,338	\$125,000	\$410,338	-\$13,303	\$732,883
2019	20	\$230,873	\$201,647	\$432,520	\$285,338	\$125,000	\$410,338	-\$22,182	\$710,701
2020	20	\$240,108	\$201,647	\$441,755	\$285,338	\$125,000	\$410,338	-\$31,417	\$679,284
2021	20	\$249,713		\$249,713	\$285,338	\$125,000	\$410,338	\$160,625	\$839,909
Totales	465	\$3,638,392	\$4,234,587	\$7,872,979	\$6,056,638	\$2,656,250	\$8,712,888	\$839,909	

(1) Para una demanda de ART de 50% en el año 2000, 75% en 2001 y 100% en los años siguientes.

(2) Se supone que el préstamo es de bajo interés (3%).

(3) Se supone que la autoridad regional otorga un reembolso de \$150 Dls./acre-pie.

En este ejemplo, se puede ver que el proyecto opera sobre una base anual de flujos de caja netos positivos a partir del tercer año, y recupera sus costos acumulados (equilibrio acumulado neto) en el quinto año de operación. Después de tres años, el proyecto tiene un flujo de liquidez positivo; pero el equilibrio acumulativo neto no alcanza números negros hasta el 3° o 5° año: El problema al que hacen frente los organismos es cómo financiar los años de flujo de liquidez negativo, aunque el equilibrio neto acumulará un flujo de caja positivo al final de 25 años. Generalmente se debe contraer algún tipo de deuda.

6.2.2 Análisis Financiero de un Proyecto de Tamaño Medio (300 Lps)

El proyecto de agua recuperada de tamaño mediano es un proyecto del sistema de distribución solamente. La hoja de cálculo financiera se muestra en la tabla VI-2.

**Tabla VI-2.- Análisis Financiero de Flujo de Caja
(Proyecto mediano: 200 Lps = 5000 acres-pie/año)**

Año fiscal	Ventas anuales en Lps (1)	Costos Anuales del Proyecto (Dls.)			Ingresos Anuales del Proyecto (Dls.)			Balance Anual Neto (Dls.)	Balance Neto Acumulado (Dls.)
		O&M	Servicio de la Deuda (2)	Año fiscal	Ventas anuales (1)	Costos Anuales del Proyecto	Ingresos Anuales del Proyecto		
2000	0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
2001	40	\$150,000	\$2,033,980	\$2,183,980	\$494,100	\$150,000	\$644,100	-\$1,539,880	-\$1,539,880
2002	80	\$300,000	\$2,033,980	\$2,333,980	\$1,022,580	\$300,000	\$1,322,580	-\$1,011,400	-\$2,551,280
2003	120	\$450,000	\$2,033,980	\$2,483,980	\$1,588,950	\$450,000	\$2,038,950	-\$445,030	-\$2,996,310
2004	160	\$600,000	\$2,033,980	\$2,633,980	\$2,192,040	\$600,000	\$2,792,040	\$158,060	-\$2,838,250
2005	200	\$750,000	\$2,033,980	\$2,783,980	\$2,836,800	\$750,000	\$3,586,800	\$802,820	-\$2,035,430
2006	200	\$750,000	\$2,033,980	\$2,783,980	\$2,922,116	\$750,000	\$3,672,116	\$888,136	-\$1,147,294
2007	200	\$750,000	\$2,033,980	\$2,783,980	\$3,012,385	\$750,000	\$3,762,385	\$978,405	-\$168,889
2008	200	\$750,000	\$2,033,980	\$2,783,980	\$3,102,655	\$750,000	\$3,852,655	\$1,068,675	\$899,786
2009	200	\$750,000	\$2,033,980	\$2,783,980	\$3,192,925	\$750,000	\$3,942,925	\$1,158,945	\$2,058,731
2010	300	\$1,125,000	\$2,033,980	\$3,158,980	\$4,924,791	\$1,125,000	\$6,049,791	\$2,890,811	\$4,949,542
2011	300	\$1,125,000	\$2,033,980	\$3,158,980	\$5,060,195	\$1,125,000	\$6,185,195	\$3,026,215	\$7,975,757
2012	300	\$1,125,000	\$2,033,980	\$3,158,980	\$5,195,599	\$1,125,000	\$6,320,599	\$3,161,619	\$11,137,376
2013	300	\$1,125,000	\$2,033,980	\$3,158,980	\$5,331,004	\$1,125,000	\$6,456,004	\$3,297,024	\$14,434,400
2014	300	\$1,125,000	\$2,033,980	\$3,158,980	\$5,466,408	\$1,125,000	\$6,591,408	\$3,432,428	\$17,866,828
2015	300	\$1,125,000	\$2,033,980	\$3,158,980	\$5,601,812	\$1,125,000	\$6,726,812	\$3,567,832	\$21,434,660
2016	300	\$1,125,000	\$2,033,980	\$3,158,980	\$5,737,216	\$1,125,000	\$6,862,216	\$3,703,236	\$25,137,896
2017	300	\$1,125,000	\$2,033,980	\$3,158,980	\$5,872,620	\$1,125,000	\$6,997,620	\$3,838,640	\$28,976,536
2018	300	\$1,125,000	\$2,033,980	\$3,158,980	\$6,008,025	\$1,125,000	\$7,133,025	\$3,974,045	\$32,950,581
2019	300	\$1,125,000	\$2,033,980	\$3,158,980	\$6,143,429	\$1,125,000	\$7,268,429	\$4,109,449	\$37,060,030
2020	300	\$1,125,000	\$2,033,980	\$3,158,980	\$6,278,833	\$1,125,000	\$7,403,833	\$4,244,853	\$41,304,883
2021	300	\$1,125,000		\$1,125,000	\$6,414,237	\$1,125,000	\$7,539,237	\$6,414,237	\$47,719,120
Totales	125,000	\$18,750,000	\$40,679,600	\$59,429,600	\$88,398,720	\$18,750,000	\$107,148,720	\$47,719,120	

- (1) Demanda esperada de ART.
- (2) Se supone que el servicio de deuda es de dos tipos: a) \$26 millones (75%) de bonos por ingresos, y b) 25% de fondos de construcción.
- (3) Las tarifas por venta de ART al por menor o en bloque son 25% menores que las correspondientes a agua potable.
- (4) Se supone que la autoridad regional otorga un reembolso de \$0.12 dólares/m³.

Los escenarios de financiamiento se basan tres componentes para las tarifas de servicios. Los tres componentes de las tarifas de agua recuperada son idénticos a los adoptadas para el agua potable, menos el 20%. El uso de agua recuperada se calcula en base a los datos del estudio de mercado realizado mediante entrevistas a clientes.

- Primer componente 7%
- Segundo componente 41%
- Tercer componente 52%

6.2.3 Resultados

- a. Los ingresos netos del proyecto de tamaño mediano aumentan con el uso de agua recuperada. Esto se debe a que la mayoría del uso en riego está en el tercer componente de la estructura tarifaria.
- b. El balance neto acumulado tarda más tiempo en ser positivo para el proyecto mediano de agua recuperada.
- c. La conversión a agua recuperada evita los aumentos futuros de tarifas resultantes de compras crecientes de agua importada, o de desarrollos futuros de fuentes adicionales de agua potable.

La tabla VI-2 proporciona un ejemplo de un análisis financiero de los movimientos de efectivo para el proyecto de tamaño mediano (300 Lps). Debido a que los usuarios de agua recuperada comprenden un área más extensa, se requiere la construcción de más de una tubería de espina dorsal, con la adición de varias conexiones laterales. Se supone que este proyecto se financiará con deuda a la tasa de interés del mercado durante un período de 30 años y con financiamiento gubernamental para agua recuperada (25% de los costos de construcción).

Se espera que el reembolso del organismo regional en este ejemplo sea de \$0.12 dólares/m³. Se podrían desarrollar panoramas financieros adicionales usando otra tarifa y otras opciones de financiamiento de capital. Por ejemplo, puede requerirse una rebaja superior al 20% en relación a la tarifa de agua, para incentivar a los clientes a adaptar su plomería existente para utilizar agua recuperada. La sección 6.7.1 ("Aceptación de los clientes"), presenta datos de tarifas para agua recuperada, que demuestran que en algunos casos éstas se han rebajado hasta en un 50% (Ciudad de Long Beach, Florida).

6.3 Comparación de Alternativas Financieras

Con el fin de optimizar el flujo de liquidez del proyecto, se deben comparar -y utilizar en los análisis- opciones alternativas de servicio y financiamiento de la deuda, p.ej. apoyos federales, préstamos de bajo interés, y otras opciones de tarifas. Se requieren generalmente análisis múltiples para comparar las alternativas de financiamiento y los impactos asociados con los movimientos de efectivo.

Se debe tener en cuenta que, además del productor / proveedor, otros se benefician de los proyectos de reúso. Al reconocer las ventajas del uso de agua recuperada, se puede lograr la participación de financiamiento de otras fuentes. El pago por los beneficios recibidos puede tomar la forma de préstamos de bajo interés y otros apoyos para el diseño y la construcción. En el sur de California, por ejemplo, están disponibles incentivos financieros para pagar los costos de proyectos calificados (p.ej., Distrito Metropolitano de Agua del Sur de California). Estos programas son proporcionados por proveedores regionales que experimentan beneficios de confiabilidad de proyectos de recuperación de agua. Cuando se está analizando la viabilidad financiera de un proyecto, se debe determinar el acceso a este tipo de programas y hacer el análisis financiero con y sin estas fuentes.

Los proyectos de agua recuperada requieren generalmente gastos significativos de capital. La amortización de estos costos para proyecto, o una porción de él, es crítica para la viabilidad financiera del mismo. A continuación se presentan varios ejemplos de opciones típicas de financiamiento de la deuda, que aplican en EEUU:

- a. Bonos exentos de Impuestos municipales - Permiten que el capital total para actividades de construcción del proyecto de reciclaje se financien por medio de la

venta de bonos de ingreso a largo plazo (20 - a 30 años), o por medio de certificados de participación.

- b. Subvenciones federales (Bureau of Reclamation de los EEUU – Programa título XVI) – Proporcionan hasta 25% de los costos de construcción de proyectos que califican, con un límite de \$20 millones).
- c. Fondos del Estado de California - incluye préstamos o concesiones de bajo interés, de acuerdo con las guías de financiamiento de fondos para recuperación de agua de la SWRCB y la Proposición 204.

En México deberán determinarse las fuentes de financiamiento disponibles.

Los organismos públicos pueden también obtener fondos de fuentes privadas, por ejemplo:

- a. Contribuciones de capital - Algunos proveedores de agua recuperada han llegado a acuerdos especiales con fraccionadores o usuarios industriales, mediante los cuales éstos aportan activos (p.ej. tuberías) o dinero para compensar los costos de conexión de un proyecto particular.
- b. Cuotas de conexión - Algunos proveedores de agua recuperada cobran cuotas de conexión a los clientes nuevos para conectarlos al sistema. Estas cuotas representan el costo de la porción del sistema de agua recuperada que se requiere para proporcionar el servicio al nuevo usuario.

Una fuente importante de financiamiento de capital para un proveedor de agua recuperada es contraer deuda; es decir, pedir dinero prestado vendiendo bonos exentos de impuestos. Dependiendo de la naturaleza del financiamiento, se puede o no requerir la aprobación de los votantes. Algunos tipos de bonos de uso general para el financiamiento de proyectos de obras públicas son:

- a. Bonos de obligación general - Compensados a través de ingresos generales colectados de contribuciones prediales o mediante el cobro del servicio (requieren generalmente un voto de referéndum).
- b. Bonos de gravamen especial - Compensados por medio de recibos de gravamen especial a propiedades (y en la mayoría de los casos, respaldados por embargos preventivos a propiedades, si los propietarios no pagan).
- c. Bonos de ingreso - Compensados a través de cuotas de los usuarios y cobros de servicio derivados de la operación de las instalaciones de reúso (útiles en proyectos regionales o subregionales, porque los ingresos se pueden coleccionar fuera de los límites geográficos del prestatario).
- d. Certificados de participación - Generalmente iguales a los bonos de ingreso.
- e. Notas a corto plazo - Pagadas generalmente a través de obligaciones generales o bonos de ingreso (papel comercial exento de impuesto y notas de anticipación de ingresos).

Un tesorero municipal y/o un consejero de bonos son por lo general responsables de analizar los requerimientos para justificar la viabilidad técnica y económica del proyecto de reúso. El organismo debe verificar las proyecciones de los gastos de capital requeridos; los costos de operación, mantenimiento y reemplazo anticipados (OM&R); el flujo de liquidez de las actividades de generación de ingresos (p.ej. el sistema de cobros a los usuarios); y el grado al cual la autorización de capital anticipada y los costos de OM&R son cubiertos por los ingresos potenciales. La figura VI-1 presenta un organigrama de financiamiento para un proyecto realizado en el Estado de California, EEUU.

**Comité de Control de Recursos Hídricos del Estado de California
Fondo Estatal Revolvente – Máximo \$20 millones de dólares**

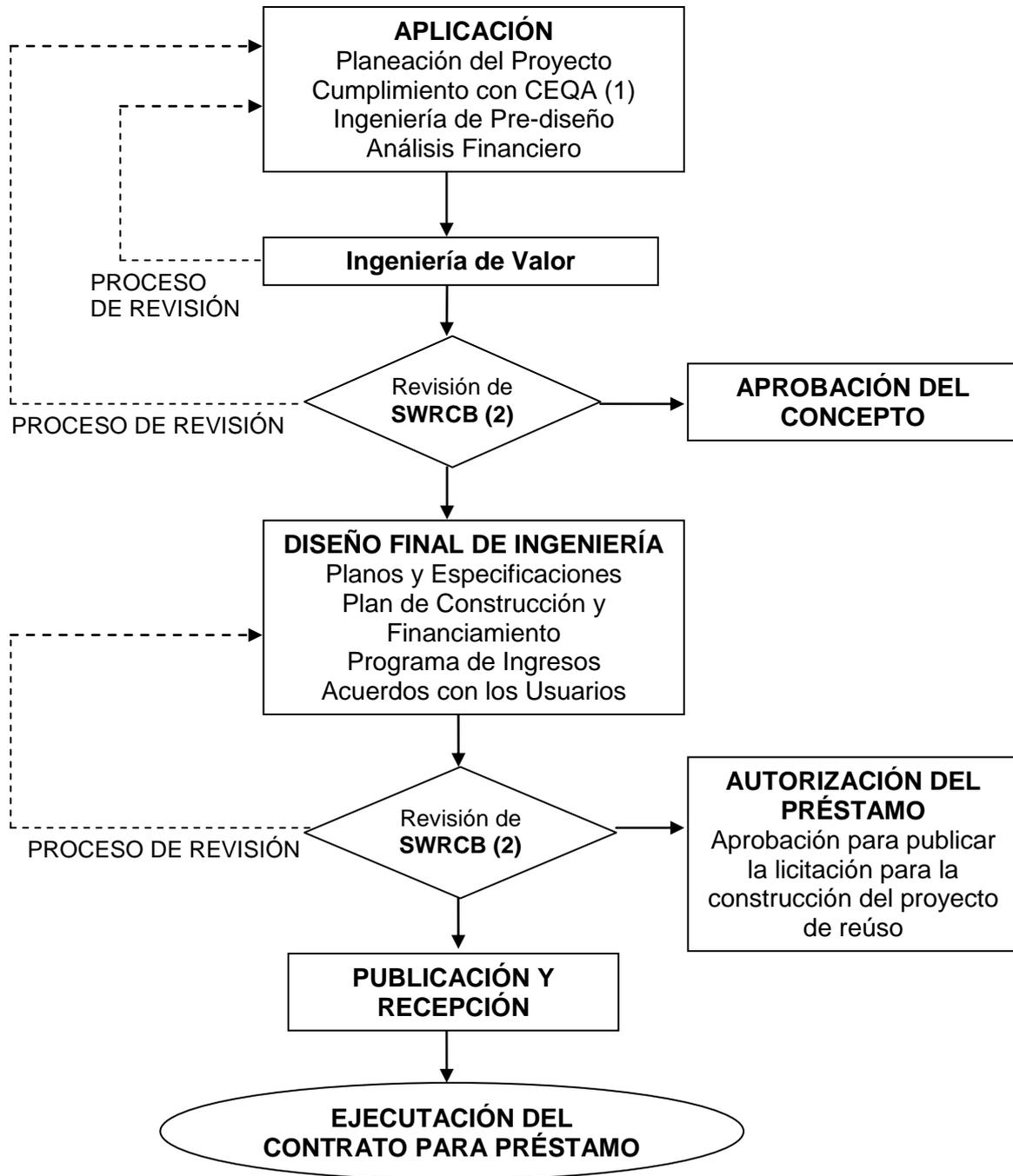


Fig. VI-1 Diagrama del Proceso de Obtención de Fondos del SWRCB (2)

- (1) CEQA: Protocolo de Calidad Ambiental de California (California Environmental Quality Act)
- (2) SWRCB: Comité de Control de Recursos Hídricos del Estado de California (State Water Resources Control Board)

6.4 Ingresos por Venta de Aguas Residuales Tratadas

Las alternativas de financiamiento precedentes describen los medios de generar capital de construcción; sin embargo, también se requieren ingresos para los costos de operación y mantenimiento y para pagar los préstamos. En la mayoría de los casos se utiliza una combinación de varias fuentes de financiamiento para cubrir costos de capital y de operación y mantenimiento.

A continuación se presentan varios ejemplos de fuentes de financiamiento generadas por los organismos operadores:

- Cobros a usuarios de agua recuperada.
- Presupuesto de operación y reservas de efectivo del organismo para compensar por déficits en ingresos por venta de agua recuperada.
- Impuestos locales sobre la propiedad.
- Tarifas y cobros por descarga de aguas residuales.
- Gravámenes o impuestos especiales.
- Cobros por agua recuperada que no se aprovecha (en standby) por parcela.
- Cuotas de conexión del fraccionador.
- Gastos de mantenimiento de los medidores de agua recuperada (u otros cobros mensuales fijos de servicio).

El cálculo de los costos de operación de un sistema de distribución de agua recuperada implica la determinación de los componentes de tratamiento y distribución que son directamente atribuibles al sistema de agua recuperada. Los costos directos de operación comprenden los de: instalaciones avanzadas de tratamiento, distribución, supervisión adicional de la calidad del agua, inspecciones y personal de supervisión. Los costos ahorrados por disposición de efluentes se pueden considerar como créditos. Los costos indirectos incluyen un porcentaje de la administración, manejo y otros gastos. Otro costo es la reserva para reemplazo, es decir, el fondo de reserva para pagar el reemplazo del sistema en el futuro.

Por ejemplo, en el ejercicio fiscal 1986-87, el Distrito de Agua de Rancho Irvine (IRWD), de Irvine, CA, calculó el costo anual de reserva deseado para reemplazo en 1.5% del costo original de las instalaciones (Young y otros, 1987). El estudio de IRWD también encontró que el costo total de producir y distribuir el agua recuperada (incluyendo la adquisición de agua adicional) era de \$0.24 de dólar/m³. El costo de distribución de agua potable era de \$0.36 de dólar/m³ en los mismos años. Se calculó que los ahorros calculados de \$0.12 de dólar/m³ durante el ciclo de vida del proyecto, eran casi suficientes para pagar por el servicio de la deuda de capital del sistema de distribución dual (Young y otros, 1987).

6.4.1 Presupuesto de Operación y Reservas de Caja

Las actividades asociadas con la planeación y posiblemente el diseño preliminar de las instalaciones de reúso pueden, en algunos casos, financiarse con el presupuesto de la planta de tratamiento de aguas residuales. También el organismo de abastecimiento de agua puede considerar apropiado aplicar una porción de sus fondos de operación de manera similar, con el fin de ampliar sus recursos hídricos. Además, se pueden utilizar los dineros disponibles en ciertas cuentas de reserva.

Puede ser apropiado, por ejemplo, utilizar fondos del presupuesto de operación para las actividades de planeación o la evaluación de oportunidades de reúso. Además, si se dispone de reservas de efectivo para proyectos futuros no especificados de capital, podrían usarse esos fondos, o hacer una reserva de efectivo con una porción de los ingresos de

operación, para las necesidades futuras. La ventaja obvia de usar esta fuente alterna de financiamiento es que el Consejo, o los órganos directivos de los organismos de abastecimiento de agua o de tratamiento de aguas residuales, pueden actuar por su propia iniciativa para asignar los recursos necesarios.

Estas fuentes son especialmente prácticas cuando se anticipan gastos no muy grandes para implementar o para iniciar el programa de reúso, o cuando el proyecto de reúso proporciona una ventaja general a la comunidad entera (representada por los clientes actuales del organismo). Además, utilizar tales recursos es práctico cuando el agua recuperada se distribuye a un precio bajo o nulo para los usuarios, y por lo tanto no se espera que se generen ingresos futuros que permitan compensar el costo del proyecto. Aunque es deseable recuperar completamente todos los costos directos de los servicios, esto puede no ser práctico durante las fases tempranas de implementación del sistema de reúso.

6.4.2 Impuestos Prediales

Si los recursos disponibles en el presupuesto de funcionamiento, o las reservas de efectivo, no son suficientes para cubrir las necesidades de operación y mantenimiento del sistema, las actividades de reparación y el financiamiento de deuda del capital, otra fuente de fondos a considerar es el ingreso que se puede generar aumentando las recaudaciones prediales existentes. Si algunos costos para uso general se financian actualmente con impuestos prediales, se podrían aumentar estos impuestos, y asignar los nuevos ingresos a los gastos asociados con el proyecto de reúso. En forma semejante, se podrían aumentar las tarifas que pagan actualmente los usuarios por servicios de agua y alcantarillado.

Como ocurre con el uso del presupuesto de operación o las reservas de efectivo, puede ser deseable usar impuestos prediales o de otro tipo, si no se anticipa que los gastos del proyecto sean grandes, o si se espera una ventaja general para la comunidad entera.

En algunos estados se puede requerir aprobación de los votantes para los nuevos impuestos prediales, o cobros por el agua tratada que no se ha vendido.

6.4.3 Tarifas de Agua, Drenaje y Agua Recuperada

Los cobros por agua y drenaje constituyen los ingresos principales para la mayoría de los organismos operadores. Con estos ingresos se recuperan por lo general los costos. Las tarifas de agua son por lo general de tipo bloques, y aumentan a medida que lo hace el consumo. Las tarifas de drenaje generalmente se basan en el consumo medido de agua (en el interior de las viviendas únicamente), o se hace el cobro en base al tipo de usuario (p.ej., residencial unifamiliar, residencial multifamiliar, o comercial).

El diseño y el monto de la tarifa son asuntos complejos que tienden a ser polémicos y a requerir consultas públicas extensas. Las tarifas de agua recuperada deben coordinarse con las de agua potable y drenaje, para asegurar: a) que los clientes tengan el incentivo económico apropiado para reusar el agua recuperada, y b) que los ingresos totales sean adecuados para operar y mantener los sistemas de agua potable y drenaje, tratamiento de aguas residuales y reúso.

6.4.4 Gravámenes Especiales o Distritos Especiales de Impuestos

Cuando se diseña un programa de reúso para que sea una empresa autosuficiente, independiente de los sistemas existentes de agua y drenaje, puede ser apropiado desarrollar impuestos o gravámenes especiales para recuperar los costos de capital directamente de los usuarios beneficiados. La ventaja de este mecanismo de recuperación de costos es que se determina los costos de acuerdo a los beneficios recibidos.

Un ejemplo de un área que usa gravámenes especiales para financiar la tubería dual de agua para protección contra incendios y agua de riego, es la ciudad de Cape Coral, Florida, en donde se cobra aproximadamente \$1,600 por residencia unifamiliar, con financiamiento durante 8 años y un interés anual de 8%.

Los gravámenes especiales se pueden basar en: a) los metros del frente de la propiedad, b) los metros cuadrados del lote, o c) el consumo estimado de agua para tipos específicos de clientes. Esta alternativa de ingreso es especialmente relevante si la deuda existente del sistema de agua y drenaje hace difícil apoyar un programa de reúso, o si el área a servir es independiente, sin control jurisdiccional sobre los sistemas de agua o drenaje. Una vez más, dependiendo del estado y de la ley local, se puede requerir la aprobación de los votantes.

6.4.5 Cobros por Agua Recuperada que no se ha Vendido (Standby)

Los proveedores de agua pueden imponer un cobro por el agua recuperada que no se ha vendido, para cada parcela dentro de su área de servicio, con el fin de proporcionar el agua disponible a la propiedad. Los cobros por agua recuperada que no se ha vendido (en espera) se pueden usar para el servicio de la deuda de capital, gastos de operación y otros propósitos.

6.4.6 Tarifas de Conexión a Fraccionadores

Las cuotas de conexión a fraccionadores, o cuotas de impacto, son medios de recolectar los dineros para construir un elemento de infraestructura de los sistemas de agua o drenaje o instalaciones de reúso, en base a los pagos de los nuevos clientes que se benefician del servicio. Las cuotas de conexión se pueden utilizar para generar capital de construcción, o para pagar préstamos. Estas cuotas se utilizan con frecuencia para generar una base equitativa para recuperación de costos, entre los clientes que se conectan con el sistema en los años iniciales del programa, y los que se conectan en años posteriores. Generalmente los costos (incluyendo intereses) no se recuperan por completo a través de la cuota de conexión, aunque los aumentos anuales proporcionen equidad entre los grupos que se conectan en los años iniciales y los que lo hacen en años posteriores.

Las cuotas de conexión para los sistemas de reúso de agua se implementan las determinan por lo general los órganos directivos. Sin embargo, la disposición a pagar una cuota de conexión al solicitar el servicio antes de la construcción, puede indicar la buena voluntad del público de participar en el programa de reúso. Los programas de incentivos se pueden ejecutar conjuntamente con las cuotas de conexión, anulando la cuota para los usuarios que hagan un compromiso temprano para conectarse al sistema de agua recuperada (p.ej., durante los primeros 90 días después de terminar la construcción) y recogiendo la cuota de conexiones posteriores.

6.4.7 Cobros por Mantenimiento de Medidores

Es común que los proveedores de agua cobren una cuota mensual por mantenimiento y costos administrativos a los usuarios del servicio de agua, sin importar la cantidad de agua consumida. Por ejemplo, si el dueño de una casa se va de vacaciones por un mes y el uso de agua es cero, el proveedor del agua cobra el costo de leer el medidor, proporcionar mantenimiento a las instalaciones, y asegurar que éstas se manejen correctamente. En forma similar, se podría imponer un cobro mensual para el agua recuperada, sin importar que el cliente la use o no.

6.4.8 Cobros a los Usuarios de Agua Recuperada

¿Cómo se debe determinar el precio a los clientes del agua recuperada? Generalmente la tarifa se relaciona con el pago del agua potable sustituida. Para incentivar la participación de clientes potenciales en el programa, a menudo se hace una rebaja en relación al precio del agua potable.

Si los ingresos potenciales de la venta del agua recuperada a un precio inferior al del agua potable son demasiado bajos para cubrir los gastos de operación, mantenimiento, y los costos de reparación y amortización del proyecto, se deben encontrar otros métodos para aumentar los ingresos. Para un organismo encargado del abastecimiento de agua, la decisión de ejecutar un proyecto de reúso de agua se debe tomar en base a políticas consistentes y razones generalmente financieras, porque no hay otra fuente disponible, confiable, o económica de agua para cubrir necesidades del futuro. Por lo tanto, el precio neto de proporcionar agua recuperada se debe tratar en la misma forma en que el organismo trataría cualquier nuevo abastecimiento de agua (es decir, el costo se distribuye uniformemente entre todos los usuarios de agua potable y recuperada en las tarifas del organismo).

Si las ventas de agua recuperada exceden el costo unitario de producirla y distribuirla, el organismo podría: a) acumular fondos para cubrir las necesidades futuras de agua, o b) bajar los costos del agua potable a los clientes.

Si las consideraciones de comercialización lo requieren, puede también haber justificación para hacer rebajas adicionales a los usuarios grandes, ya que el costo unitario de entregarles agua recuperada es menor que para los usuarios pequeños.

6.5 Organismos de Propósito Dual (de Agua Potable y Recuperada)

6.5.1 Repartición de Costos entre el Suministro de Agua y Agua Recuperada

Los organismos que se encargan del abastecimiento de agua y agua recuperada, tienen la oportunidad de repartir los costos o cuotas entre los usuarios de agua potable y drenaje y los de agua recuperada. Un método de repartir tales costos debe considerar: a) la cantidad y la calidad del agua, b) la capacidad de reserva que se debe mantener, c) el uso de cualquier instalación común, d) el sistema de distribución, y e) los costos directos asociados a cada grupo.

Una asignación proporcional de costos puede basarse en las ecuaciones siguientes:

- 1) Costo total de agua potable = Costo de tratamiento de agua +
Costo de abastecimiento de agua +
Costo de transmisión +
Costo de distribución
- 2) Costo total de servicio de drenaje y saneamiento = Costo de recolección +
Costo de tratamiento de aguas residuales a los estándares permitidos de disposición +
Costo de disposición del efluente +
Costo de transmisión +
3. Costo total de servicio de agua recuperada = Costo de tratamiento de agua recuperada +
Costo de tratamiento para cumplir con los estándares requeridos de disposición +
Costo de tratamiento adicional +
Costo de distribución adicional

Las ecuaciones anteriores ilustran un ejemplo de distribución de los costos completos de cada servicio al sistema y a los usuarios.

La segunda ecuación considera el costo de tratar las aguas residuales a los estándares requeridos para disposición; los costos adicionales para niveles más altos de tratamiento, p.ej. filtración, coagulación, o desinfección, se asignan al costo de servicio de agua recuperada.

En caso que los costos del tratamiento de aguas residuales disminuyan por el reúso, debido a que los estándares de descarga de efluentes son más rigurosos que los requeridos para el sistema de reúso, el crédito se reduciría del costo total de servicio del agua recuperada. Esto podría ocurrir, por ejemplo, si se requiriera tratamiento para remoción de nutrientes antes de descargar a una corriente del agua superficial, pero no para reúso agrícola.

Para los sistemas de reúso de agua, la base de repartición proporcional de la asignación puede ser la más apropiada. La asignación no debe ser muy difícil, porque las instalaciones requeridas para apoyar el sistema de reúso deben ser fácilmente identificables. Una regla empírica puede ser asignar los costos de todo el tratamiento requerido para cumplir con los Permisos de Descargas de Contaminantes a las tarifas de aguas residuales, y todos los costos adicionales -tales como los de recuperación y transporte del agua recuperada- a las tarifas de esta agua, siempre que éstos sean menores que el costo del agua potable.

Los costos administrativos generales se pueden también asignar en forma proporcional. Toda la administración de las aguas residuales se cobraría a los usuarios del alcantarillado, y toda la administración adicional a los usuarios de agua recuperada. Si se requiere un nivel reducido de tratamiento para el agua de reúso, el costo correspondiente bajará. Dependiendo de las circunstancias locales, el ahorro se puede asignar, bien sea a los responsables de la descarga de aguas residuales, o a los usuarios del agua recuperada. En última instancia, la decisión de cómo se asignan los costos es local.

6.5.2 Precios Diferenciados por Usuario

Cuando hay más de un usuario de agua recuperada en el sistema, se pueden tener que producir diversas calidades de esta agua. Si es así, el cálculo de las tarifas a los usuarios es más complicado, pero realmente no es muy diferente del correspondiente a las descargas de diversas calidades de aguas residuales. Si, por ejemplo, el agua recuperada se distribuye entre dos tipos de usuarios de riego, que requiera dos calidades diferentes de agua, el cálculo de las tarifas a los usuarios se puede basar en el costo del tratamiento requerido para alcanzar la calidad deseada.

6.6 Incentivos para Conexión y Participación

El programa de financiamiento se puede estructurar para construir las instalaciones de reúso de agua en fases, con un porcentaje del compromiso financiero requerido antes de la implementación de cada fase. Este compromiso asegura a los responsables del organismo que hay un deseo real del proyecto, y asegura la estabilidad financiera para comenzar la implementación. Se pueden utilizar incentivos para promover la conexión o la participación temprana, tales como la reducción o eliminación de cuotas de conexión para un tiempo predeterminado.

6.7 Otros Asuntos Relacionados con las Tarifas y las Políticas de Precios para el Agua Recuperada

6.7.1 Aceptación de los Clientes

Es importante, por varias razones, que el cliente de un servicio público esté dispuesto a aceptar la política de fijación de precios. La aceptación del cliente requiere de su comprensión de las bases del diseño de las tarifas, y también de que las considere adecuadas, eficientes e imparciales. Se puede esperar que las políticas que logran un equilibrio razonable entre objetivos competitivos logren su aceptación.

Las tarifas para venta de cantidades grandes de agua recuperada deben ser menores que las tarifas para abastecimiento de cantidades pequeñas. Esto tiene por objeto ofrecer un incentivo económico para que los usuarios grandes se conecten al sistema de agua recuperada.

El establecimiento oportuno de las tarifas de agua recuperada es una consideración importante relacionada con el ritmo en que los usuarios llevan a cabo los trabajos en sitio requeridos para modificar sus sistemas de agua. Para lograr esto, se debe establecer de antemano una tabla de tarifas para agua recuperada, de modo que el usuario esté seguro de su capacidad de amortizar sus costos de modificación con los ahorros esperados en la compra de agua recuperada. Una cuestión clave adicional en las tarifas son los cobros mensuales fijos, y la posibilidad de que éstos puedan desincentivar a los clientes a adaptarse al uso de agua recuperada.

6.7.2 Costos del Agua Recuperada vs. Costos de las Aguas Subterráneas Locales

Es necesario que las tarifas de agua recuperada sean menores en comparación con los costos de bombeo de agua subterránea en el área. Los costos para producir agua subterránea incluyen energía y, posiblemente, costos de reposición. Sustituir agua recuperada por agua subterránea permitirá al organismo que operador: (1) comprar menos agua importada, o (2) rentar derechos de agua subterránea a otro organismo (ingreso positivo).

Este análisis demuestra que usar agua recuperada es más rentable que usar agua subterránea. Por ejemplo, el Distrito Municipal de Agua de la Cuenca Oeste del Condado de Los Ángeles es responsable de todos los costos de capital y de O&M asociados con el proyecto de recuperación de agua de la Cuenca. Si el organismo elige proporcionar el servicio de agua recuperada a los usuarios finales, los costos para los usuarios serían solamente el precio de compra del agua recuperada y los costos en sitio de la modificación. En cambio, los costos asociados a la producción de agua subterránea incluyen: mantenimiento, reemplazo de pozos y bombas y renta de derechos de agua.

6.7.3 Tarifas de Agua Recuperada Fuera del Área de Servicio del Organismo

Ocasionalmente un proveedor de agua recuperada puede entregar esta agua a clientes fuera de su área de servicio, a través de un proveedor diferente. Éste ingreso adicional puede hacer que el proyecto sea más factible financieramente. Sin embargo, es necesario definir el precio que se cobrará a los clientes fuera del área de servicio.

La asignación de un costo mayor para el agua recuperada en estas áreas asegura que solamente las que contribuyan a aumentar los ingresos se beneficien del cobro fijo. Los

usuarios de agua recuperada fuera del área de servicio del distrito harían el pago completo de los costos que les corresponden.

6.7.4 Fondo para Modificaciones Retroactivas de Plomería en los Sitios de Uso de Agua Recuperada

Aunque las tarifas de agua recuperada sean económicas cuando se comparan con el costo de agua importada o agua subterránea bombeada, algunos usuarios pueden no tener la capacidad financiera para pagar por las modificaciones necesarias de plomería en sitio para aceptar el agua recuperada. Por ejemplo, un distrito escolar puede no tener fondos disponibles de capital para adaptar el sistema de riego de los jardines de una escuela para el uso de agua recuperada, y para separar el resto de la plomería de agua potable. Un distrito o un organismo podrían anticipar fondos para estos costos, incluyendo las inspecciones de obra y las del organismo regulador, los que serían reembolsados después, a través de una cuota mensual fija. Esta cuota -por inspección de las instalaciones en sitio- se sumaría a la tarifa de agua recuperada.

El propósito del programa de modificación de plomería en los en sitios de uso es asegurar que los usuario puedan recibir sin problemas el agua recuperada y reducir sus costos de servicio de agua. El proveedor de agua recuperada y todos sus usuarios se benefician al reducir la dependencia del agua importada.

6.7.5 Política de Extensión de Tuberías Laterales

No todos los usuarios potenciales dentro del área de servicio son candidatos para recibir el agua recuperada en la 1ª etapa. Se debe desarrollar primero un sistema de distribución de “espinas dorsales” para los usuarios cuyo servicio sea más económico. Por lo tanto, A petición de un cliente del agua recuperada, el organismo puede extender ramales laterales a nuevos usuarios, si los costos para estas extensiones se pueden recuperar dentro de un periodo de tiempo especificado, típicamente 10 años o menos.

Por ejemplo, en caso de que un cliente solicite la instalación de 1,000 metros lineales de tubería para servir un parque con agua recuperada, y los costos de capital para esta extensión se pueden amortizar en un plazo de 10 años y recuperar con ventas del agua recuperada al parque, entonces el proveedor del agua podrá proceder con la extensión. Si no se pueden recuperar los costos, el proveedor del agua podría pedir al cliente que éste pague una porción de los costos. El propósito de esta política general es maximizar el uso del agua recuperada al grado que sea rentable y evitar financiar los ramales laterales de costo elevado que benefician a solamente un cliente o grupo de clientes.

6.8 Referencias

1. *California State Water Resources Control Board (SWRCB)*. “Water Funding Guidelines and Facilities Planning Grant Application” (Guías y Solicitud para Obtener Financiamiento para Planeación de Instalaciones). Sacramento, Abril 1997.
2. *Organismo de Servicios Inland Empire*, “Three Year Business Plan” (Plan de Negocios para Tres Años) (Diciembre 2007). www.ieua.org
3. *Distrito Metropolitano del Agua del Sur de California*. “Request for Proposals, Local Resources Program, Reclaimed Water and Groundwater Recovery Projects” (Requerimiento de Propuestas, Programa Local de Recursos, Proyectos de Agua Recuperada y Recuperación de Aguas Subterráneas). Los Ángeles, CA: *Distrito Metropolitano del Agua del Sur de California*, 1998, 2007.
4. *Bureau of Reclamation*. “Guidelines for Preparing, Reviewing, and Processing Proposed Water Reclamation and Reuse Project under Title XVI” (Guías para Preparar, Revisar y

- Procesar Proyectos Propuestos de Recuperación y Reúso de Agua, bajo el Título XVI)". Documentos Guía - Título XVI. Washington, DC: GPO, Diciembre 1998.
5. *Bureau of Reclamation*. "Water Recycling: The Future Is Here" (Recuperación de Agua: El Futuro está Aquí). Título XVI Documentos Guía. Washington, DC: GPO, December 1996.
 6. Young, R. E. y K. A. Thompson, R. R. McVicker, R. A. Diamond, M. B. Gingras, D. Ferguson, J. Johannessen, G. K. Herr y J.J. Parsons. "Irvine Ranch Water District's Reuse Today Meet Tomorrow's Conservation Needs" (El Distrito de Reúso de Agua de Irvine Ranch Cumple Hoy con las Necesidades de Conservación de Mañana); en "Reúso y Recuperación de Aguas Residuales" ("Wastewater Reclamation and Reuse"), editado por T. Asano, 941-1036. Boca Raton, FL: CRC Press, 1987.

VII. Involucramiento del Público

El involucramiento del público, que es un elemento esencial para la gestión de los organismos públicos, es especialmente crítico durante la implementación de un nuevo proyecto de agua recuperada. Puede haber miedo y repulsión del público, relacionados con el reúso de aguas residuales cerca de sus hogares, negocios, parques, escuelas y en cualquier lugar donde haya personas o animales domésticos. Algunos proyectos de agua recuperada han fallado debido a falta de comprensión del público sobre el uso de aguas residuales tratadas, preocupaciones ambientales y económicas y motivos políticos. Algunos organismos esperan hasta terminar las fases de planeación y diseño, antes de comenzar con el involucramiento del público, y otros realizan pocas o ninguna gestión en este sentido. En algunos de estos casos, los proyectos fallan porque los organismos no tienen la habilidad de comunicar adecuadamente a la gente cómo se utiliza el agua recuperada y cuáles son sus ventajas.

Aunque muchos organismos todavía utilicen el término “agua recuperada”, varios estudios han demostrado que algunas personas prefieren y entienden más la palabra “agua reciclada” para describir las aguas residuales que se reutilizan para riego de áreas verdes y otros fines. Sin embargo, con el fin de mantener la continuidad en este manual, continuamos utilizando en esta sección el término “agua recuperada”.

Mientras que algunas personas pueden tener una comprensión adecuada del papel de la naturaleza en la purificación del agua y las aguas residuales, la persona media no sabe cómo se transforma y se purifica el agua para reúso, mucho menos de donde viene el agua. Uno de los mayores desafíos en relación con los proyectos de agua recuperada es la carencia de comprensión del público sobre el abastecimiento local de agua; donde se origina, cómo se recuperan las fuentes, y qué tan limitados son los recursos de agua. Es un desafío convencer a la gente de que el agua recuperada es segura, si ellos no saben inicialmente que la mayoría de las aguas residuales tratadas se descargan a ríos u otros cuerpos de agua, de los cuales proviene gran parte del agua potable que se usa en muchos lugares.

Puede haber controversias, problemas, y desafíos, incluso con los programas más dinámicos de involucramiento del público; sin embargo, el análisis de muchos de los programas de agua recuperada que fueron discutibles en su momento, permite evidenciar que la mayoría de los problemas se habrían podido evitar mediante la preparación y la implementación de un programa comprensivo de educación e involucramiento del público. Una base sólida de información sobre la región, la historia de controversias pasadas, datos demográficos, información publicada en los medios, etc., ayudarán a un organismo a llevar a cabo su proyecto de reúso sin muchos contratiempos. Un programa bien pensado de involucramiento del público incluye un proceso para tratar de prevenir oposición o disputas. El plan de involucramiento debe incluir investigación sobre los problemas que pueden presentarse (dónde, por qué y cómo). En algunos casos, las controversias pueden remontarse a percepciones u opiniones negativas sobre un organismo en relación a un acontecimiento pasado. Si los esfuerzos para reparar las relaciones son insuficientes, se mantienen estas opiniones negativas, y de hecho pueden fortalecerse, cuando se está tratando de ejecutar el proyecto de reúso.

Hay algunos ejemplos de proyectos en los que los procesos de involucramiento y educación fueron muy pobres y demasiado tardíos, lo cual -combinado con asuntos políticos y económicos pasados y preocupaciones no sustentadas sobre la salud- condujo a la falla de los mismos. En San Diego, la política y la historia locales tuvieron un impacto importante en la cancelación del programa propuesto de reúso de aguas residuales tratadas, al igual que

las percepciones sobre asuntos de justicia ambiental. Los medios acuñaron la frase “del sanitario a la llave de agua” y publicaron varios artículos basados en esta noción falsa. Aunque el proyecto tuvo el respaldo del público, de un número de funcionarios electos y de miembros de las comunidades científica y ambiental, el proyecto falló debido a la atención negativa que recibió de los medios, junto con las acciones de varios funcionarios electos oportunistas. Santa Rosa, California, también experimentó controversias sobre el uso de agua recuperada para riego; la oposición usó a varios doctores locales y a otros líderes de opinión para convencer al público que el agua recuperada no era segura.

Ha habido numerosas encuestas de opinión pública y grupos focales que han revelado conclusiones similares: cuanto más información tiene la gente sobre el agua recuperada –de donde viene, cómo se trata y se supervisa, cómo se transporta a través de sistemas separados de distribución, y cómo no ha habido casos documentados de personas que se enfermen después de entrar en contacto con el agua recuperada- mayor es el nivel de apoyo. Cuando la gente se convence de la necesidad y de las ventajas del agua recuperada, es mucho más probable que apoyen el proyecto.

Hay centenares de proyectos exitosos de agua recuperada en EEUU; p.ej. los de las ciudades de Irvine, Monterey y Carlsbad, en California. En éstos, el agua recuperada se ha convertido en un componente aceptado de los recursos hídricos locales. Las ciudades de Scottsdale y Phoenix, Arizona; San Antonio, Texas y Orlando, Florida, también tienen programas importantes de agua recuperada bien manejados, que incluyeron involucramiento del público. Los *Reportes de Estudios de Caso* de la *Asociación WasteReuse* contienen más ejemplos de proyectos exitosos.

Los proyectos de recuperación de agua impactan al público de diferentes maneras: a) lugares en que se usa agua recuperada (por ejemplo, escuelas y parques), b) localización y construcción de instalaciones de tratamiento y sistema del distribución, y c) aumentos potenciales de tarifas de agua o y drenaje.

El público se ha hecho mucho más vigilante de los proyectos de obras públicas y del uso de fondos provenientes de impuestos, y desea y necesita saber dónde se está gastando el dinero. Toda esta información debe ser parte de las campañas de involucramiento del público, junto con la explicación de las ventajas del reúso.

7.1 ¿Cuándo se debe iniciar el Programa de Involucramiento del Público?

El involucramiento del público debe comenzar durante las fases más tempranas del proyecto de agua recuperada, cuando se aprueba el financiamiento para la planeación, el diseño y los permisos. Durante esta fase, el involucramiento puede implicar reuniones con personal del organismo y los consultores técnicos; desarrollo de la investigación de base; desarrollo de planes de involucramiento y comercialización estratégicos; construcción de las herramientas de comunicación; y preparación de la interface inicial con varios individuos, organizaciones, e intereses comerciales, también conocidos como “partes implicadas”. Las reuniones preliminares con las “partes implicadas” que pueden influenciar la decisión del público para apoyar el proyecto, también pueden ayudar a determinar las preocupaciones y otros asuntos de interés para la comunidad.

El personal y/o los consultores públicos que participan en el programa de involucramiento del público necesitan estar conscientes de cada faceta del proyecto de agua recuperada, porque podría haber asuntos que parecen de menor importancia para los consultores técnicos, pero son una “bandera roja” para los representantes del público. Estas personas se deben incluir en las reuniones de planeación y mantenerlas al corriente sobre

presupuestos, cronogramas, financiamiento e información financiera, asuntos internos, políticas del organismo, contactos con los clientes del agua recuperada y conflictos con los organismos reguladores. Cuanto más saben los representantes del público, más constructivos puede ser para el éxito del proyecto. La comprensión que de éste tengan el personal del organismo y los consultores participantes es esencial para lograr una comunicación estratégica, directa y precisa con el público.

7.2 Lista de Revisión Preliminar para el Involucramiento del Público

- a. Designar personal del organismo y/o contratar un consultor para manejar el involucramiento del público. Si el organismo no tiene personal encargado de la información al público, se recomienda contratar a un consultor calificado para supervisar este aspecto del proyecto. En caso de que el personal encargado de relaciones públicas maneje otros proyectos, también puede requerirse un consultor.
- b. Reunirse con el equipo de trabajo (personal y/o consultores) al iniciar la etapa de planificación. Los expertos en involucramiento necesitan estar muy bien informados y familiarizados con el proyecto entero.
- c. Realizar investigaciones iniciales sobre la conducta de la comunidad. La historia de las relaciones del organismo con el público, los datos demográficos, el clima político y la identificación de los líderes de opinión dominantes, son factores que proporcionan el marco para los planes estratégicos de Involucramiento y de comercialización.
- d. Desarrollar planes estratégicos de Involucramiento y comercialización.
- e. Proveer fondos para el involucramiento público en el presupuesto de proyecto. El involucramiento será necesario, como mínimo, durante las fases de construcción de los sistemas de tratamiento y distribución de agua recuperada.
- f. Investigar programas exitosos de involucramiento. (La *Asociación WateReuse* tiene documentados un buen número de casos.)
- g. Incluir al equipo de involucramiento en las primeras reuniones con los clientes potenciales del agua recuperada. Mientras los consultores técnicos buscan información sobre necesidades del agua, presión, métodos de riego, etc., los expertos en involucramiento determinan las preocupaciones y objeciones potenciales, e identifican las categorías de usuarios (dueños de propiedades, golfistas, empleados, familias, etc.)
- h. Ponerse en contacto con otros organismos vecinos para conocer los asuntos de interés y las preocupaciones de sus comunidades, así como las estrategias exitosas de involucramiento utilizadas. La comunicación con otros ayuda a aumentar la curva de aprendizaje y a disminuir la repetición de errores.

7.3 Desarrollo de la "Historia del Proyecto"

El desarrollo de la *Historia del Proyecto* ayuda al equipo del mismo a tener una comprensión clara del porqué; qué, dónde y cómo del proyecto de agua recuperada. Cuando cada uno de los integrantes del equipo del proyecto puede articular claramente la historia del mismo, y todos entienden claramente la razón y las ventajas del proyecto, es más fácil comunicarse con el público y otras "partes implicadas". La historia del proyecto también sirve como marco para desarrollar los planes estratégicos de involucramiento y comercialización.

Para desarrollar la *Historia del Proyecto*, el equipo de trabajo debe contestar a estas preguntas en forma conjunta:

- a. ¿Por qué es necesario este proyecto? La razón más importante debe ser la necesidad de un abastecimiento de agua adicional y más confiable: sin embargo, también puede ser evitar costos adicionales de descarga de aguas residuales.
- b. ¿Por qué necesita más agua esta región?
- c. ¿Cuánta agua recuperada se requiere para satisfacer las demandas actuales y futuras?

- d. ¿De dónde se obtendrá el agua recuperada?
- e. ¿Qué procesos de tratamiento se utilizarán?
- f. ¿Dónde y cómo se utilizará el agua recuperada?
- g. ¿Cuáles son los costos del proyecto, y cómo se financiará? Hay que tener en cuenta que estos números son preliminares y que cambiarán muy probablemente debido a modificaciones de ingeniería y otras consideraciones.
- h. ¿Cuándo se terminará este proyecto?
- i. ¿Cuáles son las ventajas del proyecto para la comunidad?
- j. ¿Quién se beneficiará del agua recuperada?
- k. ¿Qué otras alternativas se consideraron, y por qué fueron rechazadas?

7.4 Desarrollo de Planes Estratégicos de Involucramiento del Público y de Comercialización

Los planes estratégicos de involucramiento del público y de comercialización comprenden los procedimientos, estrategias y tareas que un municipio u organismo operador debe implementar para que el proyecto tenga éxito. El plan debe incluir: el presupuesto, la cronología y las metas. Se debe tener una dirección clara y disponer de fondos suficientes para costear las actividades requeridas en las fases de planeación, diseño, permisos y construcción del proyecto de agua recuperada. Un buen cronograma ayudará a dar seguimiento al plan y a las actividades de involucramiento del público, mientras que procede el trabajo técnico.

El plan, una vez sea aprobado por los órganos directivos o la gerencia, se debe distribuir a los consultores, a los ingenieros del staff, a los planeadores y al personal de operaciones, para que ellos estén conscientes de cómo se complementarán el involucramiento y la comercialización; y cómo se coordinarán éstos con la planeación, el diseño y otros trabajos que estén en curso. Es esencial que los miembros del equipo entiendan la importancia del esfuerzo de involucramiento, para evitar retrasos o paros del proyecto.

El *Plan Estratégico* que se presenta en el resto de este capítulo es un modelo que se debe completar con información relevante, que deberán desarrollar el personal encargado del municipio u organismo y/o el consultor del involucramiento.

7.4.1 Introducción

La introducción debe explicar porqué se desarrollan los planes estratégicos de Involucramiento y comercialización. Se aconseja utilizar la información proporcionada en la sección “¿Por qué las comunidades se benefician del Involucramiento del Público?”; para explicar la importancia crítica del involucramiento del público en proyectos de agua recuperada en particular. Los planes estratégicos de Involucramiento y comercialización son una herramienta necesaria para ayudar al organismo a tener éxito, manteniendo el proyecto dentro del presupuesto y los tiempos acordados. Es también importante enfatizar la importancia de la comunicación, tanto interna como externa, para ganar apoyos para el proyecto de agua recuperada.

7.4.2 Análisis de Situaciones e Historia del Proyecto

Se deben describir las razones por las que el municipio u organismo operador y la comunidad tienen necesidad del proyecto de agua recuperada. Éstas pueden incluir: población en crecimiento, condiciones de sequía, fuentes limitadas de agua, problemas de descarga, o algún otro factor. El análisis debe incluir las razones por las que el organismo pretende recuperar agua residual para aumentar el abastecimiento de agua. También se deben contestar las preguntas siguientes:

- a. ¿Se estudiaron otras alternativas, además de la recuperación? ¿Por qué se descartaron esas alternativas?
- b. ¿Cuáles son los impactos económicos, ambientales y políticos del abastecimiento limitado de agua en la comunidad?
- c. ¿Cómo se utilizará el agua recuperada para mejorar la situación? Hay que articular claramente las ventajas y valores específicos para la comunidad

Esta sección debe también incluir una breve descripción de las políticas, datos demográficos, historia del organismo y otros asuntos que proporcionen el contexto para el proyecto.

7.4.3 Objetivos del Involucramiento y de la Comercialización

Algunos objetivos sugeridos son:

- a. Proveer información adecuada a los clientes identificados, las “partes implicadas” y la comunidad, para asegurar su apoyo para el proyecto y prevenir controversias.
- b. Obtener el consenso del público y de las “partes implicadas” a favor del proyecto.
- c. Promover la venta de agua recuperada entre los clientes potenciales, de modo que estén dispuestos a utilizarla y conscientes de sus ventajas.
- d. Apoyar los esfuerzos del municipio u organismo para diseñar y construir las instalaciones de agua recuperada dentro del marco de tiempo y el presupuesto previstos.

7.4.4 Desafíos y Oportunidades

Es importante identificar los problemas potenciales y los asuntos que hay que enfrentar al iniciar y desarrollar el proyecto, y desarrollar soluciones para cada uno. Es preferible anticipar cómo prevenir o abordar tales asuntos a esperar que se presenten los obstáculos. Es igualmente importante desarrollar una lista de oportunidades y beneficios esperados para la comunidad; para que el municipio u organismo consolide su posición, y tenga argumentos para enfrentar o contrarrestar a los detractores del proyecto.

7.4.4.1 Obstáculos y Desafíos que Puede Enfrentar el Proyecto

Los obstáculos y desafíos a los que se puede enfrentar el proyecto, por lo general provienen del público, los medios de comunicación, los organismos reguladores u otras oficinas gubernamentales, los clientes, o grupos de intereses especiales. A continuación presentamos algunos ejemplos:

- a. Autoridades con jurisdicción en el área pueden no estar de acuerdo con los planes del proyecto, por asuntos institucionales.
- b. Hay asuntos potenciales relacionados con la calidad del agua, que se deben abordar antes de que los clientes que usan agua potable o de pozo acepten usar la recuperada.
- c. Grupos del público se oponen en forma sistemática a cualquier construcción en la región.
- d. Algunos medios locales tienen reporteros con poco conocimiento de asuntos relacionados con el agua, que escriben artículos con información incorrecta, o critican constantemente al municipio y/o al organismo.
- e. El aumento de las tarifas para pagar el proyecto de reúso, puede dar lugar a la oposición de algunos o muchos ciudadanos.
- f. Algunos activistas o grupos ambientales locales se oponen al proyecto, porque se percibe que acelerará el crecimiento en la región.
- g. Uno o varios candidatos a un puesto público, u oficial(es) electo(s), utilizan información engañosa para su propia ventaja (por ejemplo, ganar una elección), y pueden predisponer a la comunidad en contra del agua recuperada.

- h. A algunos funcionarios de organismos reguladores y/o otros organismos estatales, que no tienen experiencia con proyectos de agua recuperada, les puede preocupar su calidad, o creen el agua subterránea o el suelo podrían ser afectados por el agua recuperada.
- i. Los últimos proyectos de obras públicas no fueron acertados, o dieron lugar a controversias que han dado al municipio u organismo una imagen negativa en la comunidad.

7.4.4.2 Lista de Oportunidades para el Éxito del Proyecto

Algunos ejemplos, tomados de otros proyectos, incluyen:

- a. El abastecimiento de agua local se ha reducido debido a la sequía, los controles reguladores, o la sobre-extracción de las fuentes del agua subterránea, y la comunidad está experimentando ya medidas de racionamiento o conservación.
- b. Existen nuevos negocios (p.ej. campos de golf, centros turísticos, industrias, comunidades planeadas, etc.) que necesitarán una fuente de agua adicional para riego y aplicaciones industriales, antes de conseguir permisos para su desarrollo.
- c. Hay concesiones y préstamos de bajo interés fácilmente disponibles, que ayudarían a compensar el costo del proyecto.
- d. El uso de agua recuperada ayudará a reducir las descargas en ríos u otras aguas superficiales.
- e. Los líderes políticos, comunitarios y empresarios están de acuerdo en que el reúso es positivo para la comunidad.
- f. Un proyecto piloto, u otros proyectos próximos a la comunidad, han demostrado que el agua recuperada se puede utilizar con seguridad.
- g. El municipio u organismo han conducido una encuesta de opinión pública, y los resultados demuestran que, si se provee información adecuada, la mayoría de la población apoya el uso de agua recuperada.

7.4.5 Mensajes Claves para Promover el Involucramiento del Público

Se debe establecer un programa pro-activo de involucramiento del público, y mantener mensajes consistentes, para asegurar que la información no sea confusa. Los mensajes se pueden transmitir por medio de anuncios panorámicos, carteles, comunicados de prensa, presentaciones en un sitio web o en reuniones con todos los grupos de partes implicadas, etc. A continuación se presentan algunos ejemplos de mensajes utilizados en el pasado:

- a. El ciclo hidrológico recupera toda el agua. La cantidad de agua que existe ahora en el planeta es la misma que había en la época de los dinosaurios.
- b. El agua recuperada es una fuente confiable y a prueba de sequías.
- c. El agua recuperada es una fuente sostenible, que se controla localmente.
- d. El agua recuperada conserva nuestro recurso natural más crucial para fines potables.
- e. El agua recuperada es un elemento clave de un plan de manejo del agua.
- f. El uso de agua recuperada permite reducir el consumo de energía.
- g. El costo del agua recuperada es bajo en comparación con el de nuevas fuentes de abasto.
- h. El agua recuperada es segura y se regula para proteger la salud pública.
- i. El sistema de tuberías para el agua recuperada no tiene ninguna conexión con el de agua potable.
- j. El uso de agua recuperada es bueno para el medio ambiente.

7.4.6 Partes Implicadas

Una “parte implicada” es un individuo, grupo u organización que tiene interés en el resultado del proyecto. Una vez que se identifican las “partes implicadas” principales, se pueden desarrollar estrategias para asegurar todos los grupos estén bien informados sobre el proyecto.

La categoría “Público en General” se debe subdividir en sub-categorías, p.ej. organizaciones ambientales, profesionales o empresariales, académicos, ONG’s, etc. Si el municipio u organismo no tiene una lista de las “partes implicadas” de la comunidad, la deberá elaborar. Puede haber grupos en el área que quieran compartir datos de otras organizaciones; a través de Internet también podrían conseguirse muchos datos. Es importante que el proceso de identificar las “partes implicadas” sea incluyente; es decir, no se debe excluir a ningún grupo o persona, porque se opongan al proyecto o se piense que pueden crear problemas. La exclusión refuerza la opinión de que las preocupaciones del grupo o persona excluidos no se toman en cuenta.

A continuación se presenta una lista de categorías generales de partes implicadas potenciales. Cada una de ellas se puede subdividir:

- a. Público en General (vecinos de las instalaciones de tratamiento, asociaciones de vecinos, miembros de organizaciones cívicas y ambientales, etc.)
- b. Autoridades (del municipio u organismo que propone el proyecto, de organismos estatales y federales)
- c. Medios de comunicación (reporteros de periódicos, de radio y televisión, locutores, presentadores, etc.)
- d. Staff interno (operadores de tratamiento de agua y aguas residuales; directores de obras públicas; personal de parques y recreación, planeación, atención a clientes, finanzas y otros departamentos)
- e. Comunidad empresarial (Cámaras industriales, de Comercio, del sector de la construcción, negocios locales, etc.)
- f. Organismos gubernamentales reguladores y encargados de otorgar permisos.
- g. Usuarios de agua recuperada (campos de golf, industrias, universidades y escuelas, asociaciones de vecinos, etc.)

7.4.7 Estrategias para las “Partes Implicadas”

Se debe comenzar por desarrollar estrategias para involucrar a las “partes implicadas” desde el principio del proceso de planeación, y posteriormente con el diseño, las evaluaciones de mercado, las revisiones ambientales, los permisos, la construcción, la puesta en marcha, las operaciones y el desarrollo de clientes. A largo plazo, este acercamiento prevendrá retardos, ayudará a que el proyecto se mantenga dentro del presupuesto, y abordará en forma pro-activa cualquier asunto controversial.

Debido a que los intereses y las preocupaciones potenciales de las “partes implicadas” pueden variar, se recomienda desarrollar una meta para cada grupo individual.

Las estrategias se deben actualizar en base anual, para reflejar los progresos con la planeación, el diseño, los permisos, la construcción etc. Algunos ejemplos de estrategias incluyen:

7.4.7.1 Público en General

Es de esperarse que las personas tengan niveles diferentes de interés y opiniones divergentes sobre los proyectos de agua recuperada. Si el proyecto aumenta las tarifas de

agua y alcantarillado, es importante abordar los asuntos de los contribuyentes en forma conciliatoria.

Si el proyecto incluye la localización y la construcción de nuevas instalaciones para agua recuperada cerca de viviendas, escuelas, clubes sociales, edificios públicos, etc., entonces es probable que el interés del público se centre más en este asunto. La comunidad puede tener vigilantes activos u organizaciones ambientales que tienen interés en los impactos ambientales del proyecto. La construcción de tuberías, estaciones de bombeo u otras instalaciones, también afectará las viviendas, escuelas, caminos, etc.

Bajo la categoría de “Público en General”, se agrupan varias organizaciones cívicas y de activistas, p.ej. Foros de abogados, contadores u otros profesionistas; Clubes de Leones, Rotarios y otros clubes de servicio; grupos culturales; etc.

Al desarrollar las estrategias para el público en general se deben tener en cuenta que incluso un pequeño grupo de personas, a veces una sola persona, puede debilitar un proyecto que tenga el apoyo de la comunidad, y generar -o incrementar- las controversias, retardos o gastos innecesarios. Se recomienda:

- a. Discutir con el personal y los consultores cualquier problema potencial que se pueda prever (tarifas, retrasos en la construcción, asuntos de salud y de seguridad, etc.)
- b. Si el presupuesto lo permite, realizar una encuesta de opinión pública antes de lanzar el programa de involucramiento, que incluya: niveles de entendimiento y conocimiento del proyecto, opiniones sobre el mismo, así como información sobre la población afectada.
- c. Reunirse en forma individual con individuos participativos o activos que representan organizaciones, al principio del proyecto. Para establecer una relación positiva, es más efectivo reunirse con uno o dos individuos, en lugar de hacerlo con grupos más grandes de personas.
- d. No suponer que el público está consciente de la situación del abastecimiento de agua o de dónde proviene ésta. Se debe explicar al público conozca porqué es necesaria el agua recuperada.
- e. Crear una lista de personas que apoyan el proyecto, y mantener una base de datos para enviar correos, invitaciones y actualizaciones.
- f. Muchos organismos han creado un Comité Consultivo Ciudadano que representa a varios grupos de “partes implicadas”. El papel de los miembros del grupo se debe establecer desde el principio. Puedan ayudar a comunicar la información a sus organizaciones respectivas, dar opiniones sobre la estética y las instalaciones de tratamiento, declararse partidarios del proyecto, o proporcionar retroalimentación sobre las rutas y asuntos relacionados con la construcción. Se recomienda permitir a cualquier persona que quiera participar, que lo haga, pero estableciendo reglas claras para no permitir que se interrumpen las reuniones.
- g. Realizar presentaciones a organizaciones de la comunidad. Identificar los grupos y asociaciones interesados y pedirles una oportunidad de hablar.
- h. Pedir al personal de los departamentos de salud u otros expertos que ayuden al público a entender cómo se monitorea y se analiza el agua recuperada, con el fin de crear confianza en su seguridad
- i. Establecer contactos especiales con la comunidad empresarial. Pedir a los empresarios que ayuden a diseminar la información.
- j. Difundir información sobre el proyecto, en exhibidores adecuados, eventos locales y en sitios concurridos.
- k. Realizar campañas de publicidad y de prensa para aumentar el conocimiento sobre la disponibilidad regional de agua y las ventajas del agua recuperada, y para promover la asistencia a las reuniones públicas.
- l. Invitar al público a visitar la(s) planta(s) tratadora(s) de aguas residuales.

m. Elaborar materiales de comunicación y distribuirlos por correo y mediante inserciones en los periódicos locales, así como en lugares públicos, reuniones, etc.

7.4.7.2 Autoridades Relacionadas con el Proyecto

Las autoridades relacionadas con el proyecto son cruciales para el éxito del mismo, porque controlan presupuestos, cronogramas y otros asuntos críticos. Debido a que la mayoría de los proyectos de agua recuperada requieren varios años para ejecutarse y puede haber elecciones en medio del proceso de planeación, es esencial poner al día e informar regularmente a las autoridades relacionadas con el proyecto, ya que si éstas no tienen una comprensión amplia de éste, pueden cambiarlo o cancelarlo. Es especialmente importante informar regularmente a las autoridades sobre el manejo de los dineros.

Las estrategias de involucramiento de las autoridades incluyen:

- a. Reunirse con las autoridades electas, uno a uno, desde el inicio, para darles a conocer el proyecto y para contestar a sus preguntas.
- b. Proporcionarles actualizaciones diseñadas para educar, recibir retroalimentación y ganar aceptación.
- c. Animar a las autoridades electas a participar activamente en el proyecto, invitándoles a que hablen en o participen en eventos comunitarios, la entrega inicial de agua a los primeros clientes, ruedas de prensa, etc.
- d. Debido a que los integrantes de comités y organismos locales pueden cambiar con cada elección, hay que buscar la forma de conocerlos y actualizarlos sobre el proyecto.

7.4.7.3 Organismos Reguladores Gubernamentales

Los permisos y la planeación de un programa de agua recuperada implican varios organismos reguladores y permisos, así como jurisdicciones traslapadas. Es importante:

- a. Reunirse, uno por uno, con todos los organismos que puedan representar un desafío, preferiblemente antes de que comience el proyecto.
- b. Mantener comunicación constante con los organismos reguladores, y enviarles actualizaciones en tiempo real.
- c. Buscar la ayuda de otros organismos estatales o locales. El involucramiento de todos los organismos que tengan que ver con el proyecto hará que éste proceda con más facilidad.
- d. Buscar oportunidades de subsidios federales y estatales.
- e. Contactar a los funcionarios/dependencias que puedan ayudar a obtener financiamiento federal.

7.4.7.4 Medios de Comunicación

Los medios desarrollarán historias basadas en el conocimiento que tienen de los asuntos. Los periódicos pequeños de una comunidad, por ejemplo, pueden asignar a un reportero para cubrir muchos asuntos diferentes, y éste tiene poco tiempo para investigar una historia a profundidad. Las noticias sobre agua y aguas residuales se publican a menudo en las últimas páginas, en donde no aparecen artículos polémicos.

Vale la época hacer el esfuerzo de reunirse con reporteros y redactores locales, para proporcionar información de fondo sobre el proyecto de recuperación de agua, y para dar a conocer por qué éste es necesario. Hacer una invitación personal a uno o varios reporteros ayuda a crear una relación positiva, a la vez que consigue transmitir el mensaje. Es fundamental proveer a los reporteros, o a la redacción del periódico, de actualizaciones regulares del progreso y enviar comunicados de prensa a los periódicos, con el fin de

conseguir que se publique una historia exacta. Si uno es sincero, incluso en medio de una situación de crisis, en la mayoría de los casos los medios serán justos y exactos.

A continuación se presentan algunas estrategias generales los medios de comunicación, tomadas de otros programas exitosos de involucramiento:

- a. Educar a los reporteros sobre el proyecto de reúso, mediante: a) invitaciones individualizadas para exponerles el tema; b) visitas a las instalaciones de tratamiento; c) llamadas telefónicas, y d) materiales informativos.
- b. Entregar a los medios comunicados y/o boletines de prensa regulares cuando se inician o terminan las diferentes fases del proyecto.
- c. Organizar ruedas de prensa u otros eventos relacionados con los medios, para celebrar el inicio o término de las fases importantes del proyecto.
- d. Utilizar publicidad pagada en periódicos y estaciones de radio, para promover reuniones públicas, celebraciones, avisos importantes y conocimiento general del agua recuperada.
- e. Preparar una carpeta con material informativo para la prensa, que contenga listas de contactos, descripción del proyecto y otros datos relevantes.

7.4.7.5 Staff interno del Municipio u Organismo

En muchas comunidades, el personal del municipio u organismo vive y trabaja localmente y tiene vecinos, amigos y parientes que hacen preguntas acerca del proyecto. Estas personas son los “ojos y oídos” de la comunidad, y por lo tanto se les debe proporcionar información exacta y actualizada. No es inusual, especialmente en un organismo grande, encontrar miembros del staff que saben poco o nada sobre el agua recuperada, y que tienen tantas sospechas sobre su seguridad como el público en general. En un municipio, el departamento de parques y jardines puede estar manejando agua recuperada y los trabajadores necesitan tener confianza en su seguridad.

A continuación se presentan algunas sugerencias para involucrar al personal del municipio u organismo:

- a. Organizar un taller, para proveer información y repartir folletos. Llevar a cabo un ejercicio de práctica, para dar respuestas a preguntas potenciales del público.
- b. En las invitaciones al taller se deben tener en cuenta todos los departamentos que están o estarán implicados en el programa de agua recuperada. Además de los operadores de tratamiento del agua o de aguas residuales, debe haber personal del servicio de atención a clientes, facturación, operaciones y otros.
- c. Proporcionar actualizaciones sobre el progreso del proyecto, en las reuniones de personal o por correo-e.

7.4.7.6 Clientes del Agua Recuperada

Un programa de agua recuperada no puede tener éxito, a menos que existan clientes satisfechos y que paguen por el servicio. Es importante ver a los clientes potenciales del agua recuperada en la misma forma en que un negocio lo hace cuando pretende vender un producto y ganar clientes a largo plazo. Una buena relación de negocio se funda en la confianza, el buen servicio, la entrega oportuna de un producto de calidad y una comunicación clara, especialmente cuando hay problemas.

A continuación se presentan algunas estrategias que son útiles en la construcción de relaciones positivas con los clientes:

- a. Reunirse con los clientes potenciales uno a uno, para determinar su nivel de conocimiento del agua recuperada, su grado de interés y sus preocupaciones. Esto debe ocurrir antes de diseñar o instalar las tuberías a las instalaciones de los clientes,
- b. Tratar a los clientes potenciales en la forma en que éstos desean que los traten. El proveedor de agua recuperada debe dar a sus clientes un trato honesto y cordial, tarifas justas y respuestas adecuadas a los problemas.
- c. Desarrollar una relación con cada cliente basada en la satisfacción a largo plazo, y un servicio de atención que se adapte al tipo de clientes del agua recuperada.
- d. Ayudar a los clientes que usan agua recuperada para riego, especialmente en campos de golf, con los asuntos relacionados con el riego, tales como drenaje, "quemado" del pasto o los arbustos y niveles de riego. Muchos organismos contratan expertos en paisaje para esta actividad.
- e. Realizar presentaciones a la junta directiva, empleados (superintendente, trabajadores del mantenimiento) y socios de campos de golf, etc.. Estos grupos se oponen en muchos casos al uso de agua recuperada y necesitan más información.
- f. Efectuar visitas a otros programas de agua recuperada, de escala y tamaño similares al que se está planeando, y encontrar clientes satisfechos, dispuestos a hablar con los clientes potenciales.
- g. Prestar especial atención a las escuelas, incluyendo administradores, personal de operación y mantenimiento; organizaciones de padres y maestros y estudiantes. Las escuelas pueden convertirse en incubadoras de controversia, si los padres temen que los campos regados con agua recuperada pueden ocasionar problemas de salud a los niños que juegan en ellos.
- h. En cuanto sea posible, proporcionar el precio exacto del agua recuperada y el precio aproximado de las modificaciones en sitio, de modo que el cliente pueda presupuestar exactamente sus gastos. Se deben evitar sorpresas con aumentos de tarifas, ya que las empresas -como los organismos públicos- tienen que calcular y adherirse a un presupuesto.
- i. Mantener la comunicación con los clientes mediante boletines de noticias, mensajes de correo-e y reuniones periódicas. Muchos organismos tienen reuniones mensuales o trimestrales con sus clientes.
- j. Publicar listas de clientes (con su permiso), y promoverlos como "buenos ambientalistas" que están ayudando a conservar el agua. Aunque en general ellos apreciarán esta atención positiva, hay que cerciorarse de que quieran recibirla, y de que revisen los artículos antes de su publicación.
- k. Promover a los clientes como socios del proyecto. El término "asociación" transmite la idea de que los clientes están dispuestos y entusiasmados.
- l. Escuchar las necesidades y preocupaciones de los clientes, y atenderlas debidamente.
- m. Discutir las necesidades de los clientes con otros departamentos con los que ellos tienen que interactuar, p.ej. contabilidad o permisos; para asegurar que los empleados responsables entiendan la filosofía de servicio. En caso de problemas, disponer de un sistema de comunicación interna que incluya a todos los departamentos involucrados.
- n. Simplificar los procesos de conexión, divulgación, envío de cuentas y otros, en la medida de lo posible. Desarrollar formatos fáciles de usar para proporcionar ayuda a los clientes.
- o. Apoyar a los clientes en caso de problemas, tales como sobre-aspersión o fugas, ya que ellos necesitan tratar con sus vecinos o con sus propios clientes.
- p. Desarrollar un folleto, u hoja de hechos, que los clientes puedan distribuir a terceros afectados por problemas del sistema de agua recuperada.

7.4.8 Materiales de Comunicación y Publicidad

Los materiales de comunicación son un elemento necesario para cualquier programa de involucramiento. Aunque las comunicaciones y las presentaciones cara a cara son ideales, también se necesitan materiales que permitan a las partes implicadas revisar la información posteriormente. Estos materiales se deben distribuir en varios lugares, incluyendo

reuniones, presentaciones y eventos públicos o por medio del correo. También se pueden publicar en formato pdf, en la página web del organismo, para su descarga.

Estos materiales pueden incluir:

- a. Nombre y logo: Algunos organismos han desarrollado un nuevo nombre y un logo específicamente para el proyecto de agua recuperada. El nombre debe ser fácil de recordar. Un logo ayudará a las audiencias a identificar fácilmente el proyecto y a recordar sus beneficios.
- b. Folleto: Su objetivo es explicar los beneficios del proyecto, discutir la situación de abastecimiento de agua en la región, abordar los asuntos de salud y de seguridad, y mostrar gráficamente el proceso en un diagrama muy sencillo. Es también provechoso mostrar ilustraciones o fotos que indiquen cómo se utilizará el agua recuperada, p.ej. un jugador de golf, niños en un campo de fútbol, trabajadores en un edificio industrial, y una familia en un parque. Las imágenes son tan importantes como las palabras, y deben reflejar las características de la comunidad.
- c. Hojas de hechos: Se deben enfocar en asuntos específicos, como: salud y seguridad, riego de áreas verdes, preguntas frecuentes, beneficios y preocupaciones ambientales.
- d. Boletines de noticias: Deben incluir noticias actuales, tales como hitos del proyecto, cambios de fechas, mapas y otros mensajes importantes.
- e. Anuncios de radio: No deben exceder de un minuto. En ellos se deben presentar notas relacionadas con el abastecimiento de agua, impacto de las sequías en la economía local, sugerencias para ahorrar agua, e información sobre sistemas de tratamiento de agua.
- f. Anuncios en revistas y periódicos: En ellos se debe presentar información más detallada que en los anuncios de radio. Consistirán en una serie de artículos breves, de complejidad progresiva. La publicidad tendrá por objeto estimular a la gente a mantenerse informada y a asistir a reuniones públicas relacionadas con el tema.
- g. Descripción del proyecto: Su objetivo es proporcionar información fácil de entender, p.ej. sobre la producción de agua recuperada; la salud y la seguridad, temas que son de importancia primordial para el público, especialmente para los padres de familia; y la importancia del proyecto.
- h. Sitios web: Constituyen una fuente de información adicional para las “partes implicadas”, los clientes y otras partes interesadas. Los sitios web pueden contener una visión general del proyecto; información de las reuniones y eventos; una página educativa para profesores; concursos; descripciones de los procesos de tratamiento que sean interesantes y fáciles de entender; y documentos importantes (reportes relacionados con las consecuencias para el medio ambiente y comunicados de prensa). Se recomienda mostrar la dirección del sitio web en todas las publicaciones y en la publicidad del proyecto, para promover su uso.
- i. Artículos documentados: Proporcionan actualizaciones e información periódica. Se pueden enviar a las organizaciones y asociaciones locales de usuarios y otras, distritos escolares, autoridades relacionadas con el tema, etc., para que las incluyan en sus boletines de noticias.
- j. Presentaciones en PowerPoint: Las presentaciones se deben adaptar para cada grupo específico de “partes implicadas”.
- k. Carpeta de material para los medios de comunicación: Se debe distribuir a los representantes de los medios en eventos sociales, o enviarlo a directamente a los reporteros o directores de los medios. Se recomienda incluir en la carpeta comunicados de prensa, hojas de hechos, fotos, tarjetas de visita, cronograma y estadísticas del proyecto, folletos y boletines de noticias.
- l. Exhibidores (Cabinas o tableros): En ellos se pueden presentar fotos, gráficas, un mapa regional, una representación colorida del proceso del tratamiento, y más. Se recomienda utilizar los exhibidores en los eventos de la comunidad.

7.4.9 Cronograma

Se debe desarrollar, y actualizar en base anual, un cronograma para las tareas del programa de involucramiento del proyecto. Este cronograma se debe cotejar con el correspondiente al proyecto total, y deberá incluir las fases de planeación, diseño, revisión, permisos ambientales y construcción.

7.4.10 Presupuesto

Tanto si el programa de involucramiento lo desarrolla personal del organismo y/o un consultor, el presupuesto debe mostrar los costos de implementación de las estrategias, completar tareas, y desarrollar materiales de comunicación y publicidad. Un presupuesto ayuda a darle seguimiento al programa, asignar los presupuestos de los años futuros (asegurar la financiamiento a través de las fases de planeación e implementación) y proporciona documentación, si el organismo está recibiendo subvenciones.

Aunque el Plan y la lista de materiales de Comunicación sean comprensivos, en algunos casos se debe dar prioridad y utilizar solamente algunos de las materiales recomendados de comunicación, debido a restricciones presupuestales. Las necesidades más básicas, si los fondos son limitados, deben incluir los planes estratégicos de Involucramiento y comercialización, un folleto, hojas de hechos, páginas web y una presentación en PowerPoint. Estas herramientas pueden proveer al público información adecuada sobre el proyecto. Hay que tener presente que el costo total del esfuerzo de involucramiento del público es solamente una fracción del costo del proyecto total, y que es crítico tener suficientes recursos y materiales de comunicación.

7.4.11 Estrategias Comunes para que el Programa de Involucramiento del Público Tenga Éxito

- a. Preparar un presupuesto adecuado para el staff y/o los consultores a cargo del involucramiento del público y comercialización, y asegurar que ellos trabajen junto con el personal técnico.
- b. Desarrollar planes adecuados de involucramiento y comercialización.
- c. Realizar un estudio de mercado. Esto ayudará a diseñar el plan de involucramiento del público y a utilizar mensajes precisos.
- d. Involucrar a los clientes y otras “partes implicadas” en el proceso de planeación inicial; escucharlos y responder a sus preocupaciones.
- e. No suponer que los clientes potenciales serán clientes dispuestos hasta reunirse con ellos para discutir las ventajas del proyecto.
- f. Proporcionar respuestas adecuadas a las preguntas y preocupaciones de los clientes y otras “partes implicadas” para desarrollar su confianza.
- g. Incorporar el tema de agua recuperada en los programas educativos ambientales de las escuelas.
- h. Contratar expertos para realizar investigaciones independientes y/o presentaciones a la comunidad sobre asuntos de salud, calidad del agua y otros, si se considera necesario convencer a las “partes implicadas” de las ventajas del reúso.
- i. Buscar la ayuda de autoridades que apoyan el reúso. Pedir su orientación para educar y convencer al público.
- j. Explicar al público las razones del proyecto de reúso de agua desde las fases iniciales del mismo, ayudará a que lo apoyen.
- k. Comunicarse con los reguladores tan pronto como sea posible, ayudará a evitar obstáculos inesperados a lo largo del proyecto,

- l. En caso de que otros organismos públicos tengan injerencia en el proyecto, hay que buscar su apoyo a la brevedad posible. La política puede ser un obstáculo importante si los asuntos jurisdiccionales no se manejan cuidadosamente
- m. Recordar que la calidad y el costo del agua recuperada son los factores principales a tratar con los clientes.
- n. Desarrollar un buen programa de atención a clientes, y asegurar que los trámites de conexión al sistema de agua recuperada estén tan libres de burocracia como sea posible.
- o. Informar a los clientes por adelantado de cualquier aumento en los precios del agua recuperada, para que ellos puedan ajustar sus presupuestos.
- p. Enfatizar la importancia de los clientes a todos los empleados del organismo. El servicio de atención al cliente y una buena comunicación con ellos son herramientas esenciales.
- q. Mantener comunicación continua con los vecinos e instituciones involucradas o afectadas, durante la fase de construcción.
- r. Asignar staff a las operaciones de agua recuperada. Debido a que puede haber responsabilidades cruzadas con los operadores de los sistemas de agua, drenaje y saneamiento, se debe asegurar la comprensión completa del nuevo servicio de parte del personal de estos sistemas.
- s. Educar a todo el staff en el programa de agua recuperada.
- t. Ser honesto si ocurren errores. Se debe enviar a los sitios de uso, antes de la conexión al sistema de agua recuperada, un plan de manejo de problemas, que explique claramente qué hacer en caso de derrames, conexiones cruzadas, etc.
- u. Mantener una visión clara. Tener presente que en todo proyecto se pueden presentar obstáculos y reveses, y puede requerir más tiempo que el anticipado llevarlo a feliz término.

7.4.12 Información Adicional

La *Asociación* y la *Fundación WateReuse* tienen mucha información relevante sobre proyectos de agua recuperada. Los miembros del staff pueden: a) proporcionar ideas sobre obtención de recursos, b) proveer contactos con organismos que tienen programas exitosos de involucramiento público, y c) proporcionar material relacionado con el tema.

7.4.12.1 Instituciones que Tienen Programas de Enseñanza Pública sobre Agua Recuperada

- WateReuse Association - www.watereuse.org
- American Water Works Association - www.awwa.org
- Water Environment Federation - www:wef.org
- American Water Resources Association www.awra.org
- Environmental Protection Agency - www.epa.gov
- Water Education Foundation - www.water-ed.org

7.4.12.2 Otras Lecturas Recomendadas

- *WateReuse Foundation*. "Marketing Non-Potable Reclaimed Water: A Guidebook for Successful Public Outreach and Customer Marketing" (Comercialización de Agua Recuperada No-Potable: Manual para Involucramiento del Público y Comercialización Exitosa), Alexandria, VA: WateReuse Foundation, 2006.

VIII. Cumplimiento con las Regulaciones y Guías para Protección de la Salud Humana

8.1 Usos del Agua Recuperada

La tabla VIII-1 presenta un resumen de los usos de agua recuperada más comunes actualmente en los EEUU. La información detallada de estudios de caso de los usos enumerados en la tabla VIII-1 está disponible en varias publicaciones, que incluyen las “Guías para Reúso del Agua” (Agencia de Protección Ambiental de los EEUU, 2004) y varios reportes de estudio de caso de la *Asociación WaterReuse* (Crook, 2004; Crook, 2007).

Tabla VIII-1. Usos del Agua Recuperada

Categoría de Uso	Tipos Específicos de Uso
Riego de áreas verdes	Parques, áreas de juego, cementerios, campos de golf, derechos de vía de carreteras, patios escolares, cinturones verdes, jardines residenciales y otros.
Riego agrícola	Cosechas alimenticias, forrajes, producción de fibras y semillas, viveros, granjas de puercos, silvicultura, protección contra heladas.
Usos urbanos no-potables (diferentes del riego)	Descarga de sanitarios y mingitorios, protección contra incendios, agua de enfriamiento en acondicionadores de aire, lavado de vehículos, lavanderías comerciales, limpieza de calles, fuentes decorativas, etc.
Usos industriales	Enfriamiento, alimentación a calderas, limpieza de gases de chimeneas (scrubbers), agua de proceso, mezclado de cemento, etc.
Lagos recreativos	Ornamentación, paisajismo, recreación (incluyendo contacto corporal)
Usos ambientales	Aumento del flujo de corrientes de agua, pantanos, humedales, criaderos de peces.
Recarga de acuíferos (usos no-potables)	Almacenamiento y recuperación de acuíferos; control de intrusión de agua salina, control de hundimientos del suelo.
Aumento del suministro de agua potable (reúso potable indirecto)	Recarga o relleno de aguas subterráneas, aumento de aguas superficiales.
Misceláneos	Acuicultura, compactación del suelo, control de polvos, lavado de equipos, construcción de caminos y edificios, combate de incendios, provisión de agua para animales domésticos, etc.

Esta sección se centra en asuntos regulatorios y de protección de la salud humana.

8.2 Cumplimiento con las Regulaciones

La planificación para el cumplimiento regulatorio incluye la evaluación de leyes, reglamentos y normas federales, estatales y locales, y otras regulaciones y políticas que pueden afectar los proyectos de reúso del agua. Los controles regulatorios estatales y locales pueden incluir:

- a. Regulaciones o guías estatales y locales de recuperación y reúso del agua.
- b. Regulaciones del control de fuentes de agua.
- c. Reúso obligatorio, requerido por el estado o los municipios.

- d. Ordenanzas estatales o locales.
- e. Leyes de protección ambiental.
- f. Regulaciones de permisos y reportes.
- g. Regulaciones del control de conexiones cruzadas.

Los autores del proyecto deben ponerse en contacto con la(s) autoridad(es) reguladora(s) responsables de la recuperación y reúso del agua, p.ej., las Secretarías o Delegaciones encargadas de Salud, Protección Ambiental, Calidad Ambiental y Recursos Hídricos. En algunos estados, el organismo que tiene la autoridad y la responsabilidad de desarrollar las regulaciones de reúso del agua, puede ser diferente del encargado de hacer cumplir esas regulaciones. Por ejemplo, en el Estado de California, en EEUU, el Departamento de Salud Pública (CDPH) establece los criterios estatales para reúso de agua (Estado de California, 2000); y los nueve Comités regionales de Control de la Calidad del Agua los hacen cumplir, por medio de permisos.

Algunos estados utilizan el proceso del Sistema Nacional de Eliminación de Descargas de Contaminantes (NPDES), para elaborar los permisos. Sin importar qué organismo estatal tiene la autoridad para establecer y hacer cumplir las regulaciones para el uso de agua recuperada, hay que ponerse en contacto con las oficinas estatales y municipales de salud, ya que ellos pueden tener regulaciones adicionales que afecten el reúso del agua, por ejemplo, relacionadas con la separación de las líneas de distribución de agua potable y agua recuperada, control de conexiones cruzadas, u otros estándares para proteger los abastecimientos de agua potable.

A continuación se presenta una lista de leyes y regulaciones federales de EEUU relacionadas con el reúso de agua, algunas de las cuales se han delegado a los estados, o han sido adoptadas en forma modificada por los éstos:

- a. *Ley de Derechos de Agua (Water Rights Laws)*
- b. *Protocolo Nacional de Política Medioambiental de 1969 (National Environmental Policy Act of 1969 - NEPA)*
- c. *Protocolo Federal del Agua Potable - Derecho Público 92-500 (Federal Clean Water Act – Public Law 92-500)*
- d. *Protocolo de Agua Potable Segura (Safe Drinking Water Act - SDWA)*
- e. *Protocolo de Especies en Peligro (Endangered Species Act)*
- f. *Sistema Nacional de Eliminación de Descargas de Contaminantes (National Pollutant Discharge Elimination System – NPDES)*
- g. *Programa de Control de Inyección Subterránea (Underground Injection Control Program - UIC)*
- h. *Código Uniforme de Plomería (Uniform Plumbing Code)*
- i. *Código Uniforme de Construcción (Uniform Building Code)*

En México, la reglamentación relacionada con el reúso de agua es muy incipiente. Prácticamente lo único que hay es:

- Una norma de SEMARNAT, la *NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-003-SEMARNAT-1997, QUE ESTABLECE LOS LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES DE CONTAMINANTES PARA LAS AGUAS RESIDUALES TRATADAS QUE SE REUSEN EN SERVICIOS AL PUBLICO.*
- Una norma de la CONAGUA, la *NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-014-CONAGUA-2003, REQUISITOS PARA LA RECARGA ARTIFICIAL DE ACUIFEROS CON AGUA RESIDUAL TRATADA.*

A continuación se presentan varios ejemplos de requerimientos federales de EEUU, que pueden afectar la planeación y la implementación de proyectos de reúso de agua.

8.2.1 Derechos de Agua

Los dos tipos básicos de derechos de agua superficial en los EEUU son: a) derechos ribereños de agua, y b) derechos de agua anteriores a la apropiación. Cualquiera de ellos puede afectar directamente o indirectamente las actividades de reúso.

Los derechos ribereños de agua, sobre todo en estados del este, ligan el uso de la fuente de agua con la propiedad adyacente. La doctrina de apropiación anterior, usada principalmente en los estados del Oeste, asigna el agua sobre la base de precedencia o "primero en tiempo, primero en derecho" y no se relaciona con la proximidad de la propiedad a la fuente de agua.

Los derechos de agua pueden afectar indirectamente la aceptabilidad del reúso, bien sea incentivando o desincentivando el uso del agua recuperada. Por ejemplo, puede no permitirse a un usuario que descarga aguas residuales que reduzca su descarga a un arroyo o cambie el punto de descarga o de uso, lo que puede dar lugar a que no pueda reusar sus propias aguas residuales.

Por el contrario, las provisiones de derechos que previenen la extracción creciente de agua incentivan generalmente el uso de agua recuperada para cubrir las necesidades existentes o futuras. También existe una jerarquía de uso, tanto para derechos ribereños como para los anteriores a la apropiación; y durante períodos de escasez de agua es posible que se pueda requerir un uso mayor de agua recuperada (Agencia de Protección Ambiental de los EEUU; 2004).

Durante la fase del planeación de un proyecto de reúso del agua, es importante considerar quién tiene el derecho de utilizar el agua recuperada, si el que descarga aguas residuales, el proveedor del agua, los posibles usuarios o los intereses ambientales. En California, por ejemplo, los organismos encargados del tratamiento de aguas residuales tienen derecho exclusivo al agua recuperada hasta que el punto de descarga al cuerpo receptor, a menos que exista un acuerdo que indique lo contrario (Cologne y MacLaggan, 1998).

Las leyes o las políticas federales, estatales o locales pueden afectar la deseabilidad de reusar el agua. Un ejemplo de esto es el "crédito de flujos de retorno", concepto que se aplica a lo largo del río de Colorado en EEUU. El derecho de Nevada al agua del río Colorado se basa en asignación por consumo. Es decir, por cada galón de aguas residuales tratadas que se originaron en el río y que regresan al río, se puede extraer y tratar -para uso potable- una cantidad de agua igual. El agua que no regresa al río se deduce de la asignación de Nevada. Por lo tanto, no se gana ningún recurso hídrico adicional usando agua recuperada para riego u otras aplicaciones consuntivas (Crook, 2007).

Cuando el proyecto de reúso impacta fuentes de agua de más de un estado, de tribus nativas americanas protegidas, o de otros países, hay que tener en cuenta las leyes federales desde la etapa de planeación.

Los derechos al agua subterránea varían de un estado a otro e incluso dentro de un estado. Éstos incluyen: a) derechos relativos a la extracción de agua subterránea para fines de riego, b) el requerimiento de permisos para extracción, c) la protección de otros usuarios, o e) el acceso al recurso de otros dueños de permisos de extracción.

Otros derechos se relacionan con el manejo de agua almacenada y su transferencia a otros organismos o jurisdicciones (Consejo Nacional de Investigación de EEUU, 2008). Los derechos de agua asociados a proyectos de recarga de acuíferos pueden afectar

directamente a un proyecto de reúso de agua; por lo que es importante investigar y entender las leyes y regulaciones aplicables desde el inicio de la etapa de planeación.

Debido a la complejidad de las leyes y de las regulaciones de los derechos de agua, los autores del proyecto deben consultar a asesores legales, para determinar la forma en que los derechos de agua pueden afectar a su proyecto específico.

8.2.2 Protocolo de Política Ambiental Nacional de EEUU (National Environmental Policy Act – NEPA)

En los EEUU, el NEPA exige evaluar y mitigar los impactos ambientales causados por proyectos federales. También ordena que se debe dar oportunidad para que el público intervenga durante todas las etapas del proceso de evaluación ambiental, incluyendo la formulación de los objetivos del proyecto y de las alternativas a analizar. Si se identifican impactos significativos al medio ambiente, el NEPA requiere una declaración de impacto ambiental, que debe incluir un análisis de los impactos asociados con las diferentes alternativas, y la identificación de medidas de mitigación que se deben implementar. El NEPA trata específicamente de proyectos federales, pero muchos estados han aprobado leyes similares que se aplican a proyectos estatales y locales.

8.2.3 Protocolo de Agua Limpia de EEUU (Clean Water Act)

El Protocolo Federal de Agua Limpia (Ley Pública 92-500 de EEUU) requiere que los estados fijen estándares de calidad del agua. La jurisdicción primaria bajo el Protocolo mencionado corresponde a la Agencia de Protección Ambiental de los EEUU (USEPA), pero los Organismos Estatales de Control de la Contaminación del Agua administran y hacen cumplir el Protocolo en la mayoría de los estados.

Las regulaciones de descarga de aguas residuales se refieren principalmente a la calidad del efluente tratado; específicamente a la remoción de agentes contaminantes biológicos y químicos que podrían tener un efecto perjudicial sobre las aguas receptoras, y pueden incluir límites totales diarios de carga máxima. Los permisos de descarga pueden también restringir el volumen de efluente que se descarga a las aguas receptoras, para limitar los efectos sobre el ecosistema local.

Los permisos se publican conforme al Sistema Nacional de Eliminación de Descargas de Contaminantes (NPDES). El Protocolo de Agua Potable exige que los estados: a) desarrollen y ejecuten planes y prácticas de manejo o tratamiento de aguas residuales para toda una zona, con el fin de atender las preocupaciones y necesidades regionales de calidad del agua, b) apliquen las mejores tecnologías practicables de tratamiento de aguas residuales, antes de su descarga a las aguas receptoras, incluyendo la recuperación y el reciclaje de agua, y c) confinen la disposición de contaminantes, para que no emigren y causen contaminación del agua o el medio ambiente.

En México, las descargas a los cuerpos de agua propiedad de la nación están regulados por la *NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-001-ECOL-1996, QUE ESTABLECE LOS LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES DE CONTAMINANTES EN LAS DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES EN AGUAS Y BIENES NACIONALES*; y las descargas a sistemas municipales de alcantarillado por la *NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-002-ECOL-1996, QUE ESTABLECE LOS LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES DE CONTAMINANTES EN LAS DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES A LOS SISTEMAS DE ALCANTARILLADO URBANO O MUNICIPAL*.

En Coahuila no existe ninguna norma estatal que regule las descargas a los sistemas municipales de alcantarillado.

8.2.4 Protocolo de Agua Potable Segura de EEUU (Safe Drinking Water Act - SDWA)

El SDWA de 1974, y sus enmiendas subsecuentes, tienen el propósito de asegurar que los sistemas públicos de agua cumplan con estándares mínimos para la protección de la salud pública. El SDWA afecta directamente los proyectos de reúso potable, e indirectamente los proyectos de reúso no-potable, en los que el agua recuperada puede alcanzar en última instancia aguas superficiales o aguas subterráneas usadas como fuente de agua potable.

En México, la calidad del agua potable está regulada por la *norma NOM-127-SSA1-1994 modificada en el 2000, MODIFICACION A LA NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-127-SSA1-1994, SALUD AMBIENTAL. AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO. LIMITES PERMISIBLES DE CALIDAD Y TRATAMIENTOS A QUE DEBE SOMETERSE EL AGUA PARA SU POTABILIZACION.*

En Coahuila no existe ninguna norma estatal que regule la calidad del agua potable.

Por ejemplo, el manejo y la regulación de almacenamiento y recuperación de acuíferos (ASR) cae bajo el programa de Control de Inyección a Acuíferos (UIC), autorizado por el SDWA.

Muchos estados tienen primacía sobre el SDWA. En algunos casos, las regulaciones estatales de agua potable son más restrictivas que las regulaciones federales.

En México, la inyección a acuíferos está regulada por la *NORMA Oficial Mexicana NOM-014-CONAGUA-2003, REQUISITOS PARA LA RECARGA ARTIFICIAL DE ACUÍFEROS CON AGUA RESIDUAL TRATADA.*

8.3 Factores y Componentes que Afectan las Regulaciones / Guías de Reúso de Agua

Las regulaciones y las guías de reúso del agua se basan en diferentes factores, que se presentan en la tabla VIII-2.

La protección de la salud pública se logra eliminando o reduciendo las concentraciones de componentes microbianos y químicos significativos para la salud, por medio del tratamiento de aguas residuales, y/o limitando la exposición del público o de los trabajadores al agua al agua recuperada.

Hay varios componentes de las aguas residuales no tratadas que podrían presentar riesgos para la salud o ambientales, si su concentración no se reduce a niveles aceptables. En la tabla VIII-3 se presentan componentes microbiológicos y químicos y propiedades físicas que pueden estar sujetos, directamente o indirectamente, a controles regulatorios en los casos en que se utiliza agua recuperada.

Tabla VIII-2. Factores Considerados en las Regulaciones / Guías para Reúso de Agua

Factor (1)	Descripción
Protección de la salud pública	Las guías y las regulaciones de reúso del agua se dirigen principalmente a la protección de la salud pública. Para los usos no-potables del agua recuperada, los criterios se enfocan generalmente sólo a preocupaciones microbiológicas y ambientales. Es necesario tomar en cuenta los riesgos para la salud asociados con microorganismos patógenos y componentes químicos en los casos en que se utilizan agua recuperada para aumentar los abastecimientos de agua potable.
Controles en los sitios de uso	Los requerimientos de calidad del agua recuperada se basan en controles y medidas de seguridad apropiados implementados en los sitios en los que se utiliza el agua. Dependiendo de la calidad del agua recuperada y del tipo de uso, los controles pueden incluir señales de peligro, tuberías y aditamentos de color morado, cercas, confinamiento del agua a las áreas aprobadas para su uso, control de conexiones cruzadas y otras medidas de protección a la salud pública.
Requerimientos de uso	Muchas aplicaciones industriales y otros usos tienen requerimientos físicos y químicos específicos de calidad del agua que no se relacionan con consideraciones de salud. El efecto de componentes o parámetros individuales sobre cosechas u otro tipo de vegetación, suelos y agua subterránea u otras aguas receptoras, es una consideración importante para los usos del agua recuperada en riego. La calidad química, física y/o microbiológica puede limitar la aceptabilidad del agua recuperada para aplicaciones específicas. Los organismos reguladores no incluyen por lo general los requerimientos de calidad del agua no asociados con la salud pública o la protección del medio ambiente, en los criterios de reúso de agua.
Consideraciones medio-ambientales	El agua recuperada no debe afectar en forma negativa la flora y la fauna naturales en y alrededor de los sitios en que se use, y en las aguas receptoras.
Consideraciones económicas	En general, los organismos reguladores toman en cuenta los costos que las regulaciones imponen a los productores y usuarios del agua recuperada, y requieren sólo estándares ambientales o de salud que consideran seguros, con el propósito de hacer que los proyectos sean económicamente atractivos.
Consideraciones estéticas	Para las aplicaciones no-potables de alto nivel, p.ej., riego urbano y descarga de sanitarios, el agua recuperada no debe tener un aspecto diferente del agua potable, es decir, debe ser clara, incolora, e inodora. Para los lagos recreativos, el agua recuperada no debe promover el crecimiento de algas.
Realidades políticas	Las políticas públicas, la aceptación del público, la viabilidad técnica y las consideraciones financieras pueden influenciar las decisiones de los organismos reguladores con respecto a la recuperación y reúso de agua.

(1) Adaptado de Asano et al., 2007.

Tabla VIII-3. Componentes de Interés para el Uso de Agua Recuperada

Factor (1)	Descripción
Componentes microbiológicos	
Bacterias	Aunque las aguas residuales no tratadas puedan contener una gran cantidad de patógenos bacterianos, no se ha demostrado que las bacterias representen una amenaza importante de la salud pública en el agua recuperada adecuadamente tratada. Los tratamientos secundarios o terciarios convencionales, junto con un alto nivel de desinfección, eliminan con eficacia organismos coliformes totales o fecales en el agua recuperada.
Protozoarios	Varios brotes de enfermedades en todo el mundo se han atribuido a los parásitos protozoarios <i>Giardia lamblia</i> y <i>Cryptosporidium parvum</i> en aguas potables y recreativas. Aunque ninguno de los casos confirmados de giardiasis o cryptosporidiosis en los EEUU se ha relacionado con proyectos de reúso de agua, los protozoos son causas importantes de brotes de enfermedades. Algunos parásitos son más resistentes a la desinfección con cloro que muchas bacterias o virus.
Helmintos	Los helmintos (gusanos) representan una amenaza significativa para la salud en los países en desarrollo, donde se usan aguas residuales sin tratar o tratadas inadecuadamente para riego, pero causan menos preocupación en los países industrializados, en donde los niveles de tratamiento secundario o más avanzados remueven los helmintos. No se ha demostrado que éstos representen un problema de salud en ningún sitio en donde se usa agua recuperada en los EEUU.
Virus	Las aguas residuales municipales no tratadas contienen muchos virus patógenos. Algunos virus son más resistentes a la desinfección que las bacterias coliformes, y hay poca correlación directa entre el nivel de coliformes y la concentración de virus en el agua recuperada. Existe una cantidad significativa de información que indica que los virus entéricos se remueven, se destruyen, o se hacen inactivos a niveles bajos o no detectables, por medio de procesos de tratamiento de aguas residuales que incluyen filtración y desinfección.
Componentes químicos	
Orgánicos biodegradables	En los casos en que se utiliza agua recuperada para fines potables, la materia orgánica biodegradable -que proporciona alimento para los microorganismos- puede crear problemas estéticos, afecta en forma adversa los procesos de desinfección, hace que el agua sea inadecuada para algunas aplicaciones industriales y de otro tipo, y puede causar efectos agudos o crónicos sobre la salud.
Carbón orgánico total (COT)	El COT es el parámetro más común para el monitoreo del contenido orgánico en el agua recuperada usada para fines potables. Aunque sirve como medida de la eficacia del tratamiento, no se utiliza directamente como medida de seguridad para la salud pública, ya que no indica la presencia de algunos productos químicos significativos para la salud, cuyas concentraciones son muy bajas.
Nitratos	Cuando se aplican a niveles excesivos en el suelo, los nitratos se lixivian fácilmente a través de suelo y pueden hacer que las concentraciones en el agua subterránea excedan los estándares del agua potable. Los nitratos y nitritos son también de interés cuando el agua recuperada se utiliza para reúso potable.

Factor (1)	Descripción
Metales pesados	Algunos metales pesados, p.ej. cadmio, cobre, molibdeno, níquel y zinc se pueden acumular en las cosechas a niveles tóxicos para los consumidores de las mismas. Los metales pesados en el agua recuperada que ha recibido por lo menos tratamiento secundario, están generalmente dentro de niveles aceptables para la mayoría de las aplicaciones; sin embargo, si las descargas industriales no cumplen con los estándares de pre-tratamiento para aguas residuales, pueden aportar cantidades significativas de metales pesados al agua que llega a la planta tratadora.
pH	El pH de las aguas residuales afecta la eficacia de los procesos de desinfección y coagulación, la solubilidad de los metales y la alcalinidad de los suelos. El rango normal del pH en las aguas residuales municipales es 6.5 a 8.5, pero algunas aguas residuales industriales pueden tener niveles de pH fuera de este rango.
Componentes traza	Se ha demostrado que algunos compuestos farmacéuticamente activos (CFAs), compuestos disruptores de endocrina (CDEs), productos de cuidado personal y otros componentes orgánicos, tienen efectos nocivos sobre ranas, peces y otros animales acuáticos. Aunque los tratamientos convencionales remueven componentes orgánicos, las concentraciones –aun bajas- de algunos de ellos en el agua tratada podría representar riesgos para la salud, si el agua recuperada se utiliza para fines potables, o si la que se usa para riego u otras aplicaciones puede llegar a fuentes de agua subterránea o superficial.
Sub-productos de desinfección (SPDs]	La reacción de oxidantes químicos, como el cloro y el ozono, con la materia orgánica presente en el agua, puede crear una amplia gama de SPDs, que pueden ser dañinos para la salud humana a largo plazo, en caso de que se injiera esa agua.
Sólidos disueltos totales (SDT)	Concentraciones altas de SDT pueden tener efectos negativos para varias aplicaciones de reúso, que incluyen riego, procesos industriales y reúso potable.
Propiedades físicas	
Turbidez y sólidos suspendidos totales (SST)	Los SST pueden reaccionar con los desinfectantes, como cloro u ozono, y disminuir la eficacia de la desinfección. Para usos de alto nivel del agua recuperada, se requieren niveles bajos de turbiedad o SST.
Temperatura	En algunas aplicaciones especiales, se pueden imponer requerimientos de temperatura para el agua recuperada.

(1) Adaptado de Asano et al., 2007 y otras fuentes.

8.4 Diferencia entre las Regulaciones y las Guías para Reúso de Agua

Es importante comprender la diferencia entre las regulaciones y las guías. Mientras que las regulaciones se adoptan legalmente, son exigibles y obligatorias, las guías son voluntarias y no obligatorias, pero se pueden incorporar en los permisos de reúso del agua, con lo que se convierten en requerimientos obligatorios.

Algunos estados prefieren el uso de guías para proporcionar flexibilidad en los requerimientos regulatorios, dependiendo de las condiciones específicas de los proyectos. Esto puede dar lugar a requerimientos diferentes para aplicaciones similares dentro de un estado, y a injusticias en los permisos de reúso del agua, si las guías no se imponen uniformemente.

A medida que aumente el uso del agua recuperada en los estados que tienen guías, se puede esperar que eventualmente se conviertan en regulaciones.

8.5 Guías de la Agencia de Protección Ambiental de EEUU (USEPA) para Reúso de Agua

Al reconocer el papel cada vez mayor del reúso del agua como componente integral del manejo de los recursos hídricos de la nación, y con el fin de facilitar la planeación ordenada, el diseño, y la implementación de los proyectos de reúso del agua, la Agencia de Protección Ambiental de EEUU (USEPA), conjuntamente con la Agencia de los EEUU para el Desarrollo Internacional (USAID), ha publicado las “Guías para Reúso del Agua” (Agencia de Protección Ambiental de los EEUU, 2004). Las guías tienen en cuenta varios aspectos de reúso del agua, e incluyen los procesos del tratamiento recomendados, los límites de calidad del agua recuperada, las frecuencias de monitoreo, intervalos entre fallas de los procesos y otros controles, para varias aplicaciones de reúso de agua.

Se indica explícitamente en las guías para reúso del agua que los límites recomendados para los procesos unitarios del tratamiento y la calidad del agua “no se desarrollaron para utilizarse como criterios definitivos del reúso del agua; sino como una orientación razonable, particularmente para los estados que no han desarrollado sus propios criterios o guías.” (Agencia de Protección Ambiental de los EEUU, 2004).

No hay regulaciones federales que gobiernen la recuperación y reúso del agua en los EEUU. Para fines de planeación en proyectos de reúso en los estados que no tienen regulaciones o guías para agua recuperada, se pueden considerar el tratamiento, la calidad y las guías de monitoreo para agua recuperada sugeridas en el documento guía de la USEPA. Estas guías se resumen en el apéndice D. El documento completo se puede bajar de la página web de la Agencia de Protección Ambiental de los EEUU (www.epa.gov/ORD/NRMRL/pubs/625r04108/625r04108.pdf).

8.6 Regulaciones para Agua Recuperada

Debido a que no hay regulaciones federales que gobiernen la recuperación y reúso del agua en los EEUU, se desarrollan y se ejecutan regulaciones (o guías) a nivel estatal. La carencia de regulaciones federales ha dado lugar a estándares diferentes entre los estados que han desarrollado regulaciones de reúso del agua. Actualmente, ningún estado tiene regulaciones que cubran todas las aplicaciones potenciales del agua recuperada, pero:

- a) Algunos tienen regulaciones extensas que prescriben los requerimientos para una amplia gama de usos finales del agua recuperada.
- b) Otros estados tienen regulaciones o guías que se centran en la aplicación al suelo de aguas residuales tratadas, acentuando el tratamiento adicional o la disposición del efluente, en lugar de su reúso benéfico, aunque el efluente se puede utilizar para riego agrícola o de áreas verdes con acceso del público.
- c) Para los estados que no tienen regulaciones o guías, los organismos reguladores pueden prescribir requerimientos caso por caso. En tales casos, no se debe suponer que las aplicaciones propuestas no cubiertas en los estándares particulares de un estado están prohibidas. Ningún estado ha establecido criterios para todos los usos potenciales del agua recuperada y, con algunas excepciones, tales como reúso potable directo, los organismos reguladores probablemente consideren aplicaciones no reguladas actualmente.

Las regulaciones se centran en las implicaciones de usar agua recuperada, tanto para la salud pública como para el medio ambiente. Para los usos no-potables, los criterios se

dirigen principalmente a la reducción o la eliminación de microorganismos patógenos, mientras que los criterios para reúso potable consideran componentes microbianos y químicos. Los criterios de la calidad del agua no relacionados con la salud o la protección del medio ambiente no se incluyen generalmente en regulaciones de reúso del agua. Los estados que tienen regulaciones o guías de reúso de agua por lo general prescriben procesos unitarios de tratamiento, además de requerimientos de calidad del agua. Texas y Nuevo México no prescriben procesos de tratamiento, sino solamente límites de calidad del agua.

Muchas regulaciones estatales de reúso incluyen requerimientos para asegurar la confiabilidad del tratamiento y controles en los sitios de uso. Las regulaciones de reúso del agua permiten generalmente métodos de tratamiento alternativos, siempre que se demuestre que son equivalentes, a satisfacción del organismo regulador (en términos de funcionamiento y confiabilidad del tratamiento), a los prescritos en las regulaciones. Los estados pueden requerir datos operativos extensos para los procesos alternativos de tratamiento, y puede ser necesario realizar estudios de pruebas piloto o demostrativos, para validarlos.

La tabla VIII-4 ilustra las variaciones en requerimientos de calidad y tratamiento entre varias regulaciones estatales para usos no-potables de agua recuperada, que incluyen ejemplos de los estándares para aplicaciones que comprenden desde riego de forrajes, hasta descarga de sanitarios y mingitorios en edificios.

8.7 Reúso Potable Indirecto en EEUU

En los EEUU no hay proyectos de reúso potable directo, y ningún estado ha desarrollado regulaciones que lo permitan. Algunos estados han adoptado criterios para reúso potable indirecto de agua recuperada. California, que tiene el número más grande de proyectos de reúso potable indirecto existentes en todo el país, ha elaborado sólo borradores de regulaciones para recarga de agua subterránea. Otros estados han adoptado regulaciones para recarga de agua subterránea (p.ej. Washington); o para recarga de agua subterránea y aumento de los flujos de agua superficial (p.ej. Florida).

Los criterios para reúso potable indirecto incluyen criterios rigurosos de tratamiento y de calidad. Algunos estados han adoptado las regulaciones para Control de Inyección a Acuíferos (UIC) de la Agencia para la Protección Ambiental de EEUU (USEPA), para proteger los acuíferos de donde se extrae agua para fines potables; mientras que otros prohíben totalmente el reúso potable indirecto. En algunos estados, las regulaciones relativas al reúso potable indirecto son independientes de otras regulaciones de reúso. Por ejemplo, en Arizona el uso de agua recuperada para recarga de acuíferos obedece a los estatutos y reglas administrativas de los Departamentos de Calidad Ambiental y de Recursos Hídricos. No hay regulaciones federales que se refieran específicamente al reúso potable de agua recuperada.

En California, los proyectos para recarga de acuíferos -bien sea por aspersión superficial o por inyección- se evalúan caso por caso, pero se guían por los borradores de regulaciones para recarga del agua subterránea del Departamento de Salud Pública de California (CDPH). Estos borradores incluyen los siguientes criterios:

Continúa en la p. 84

Tabla VIII-4.- Ejemplos de Criterios Estatales para Reúso en Aplicaciones Seleccionadas de Agua Recuperada No-Potable

Estado	Criterios para							
	Riego de forrajes (1)		Riego de verduras que se procesan industrialmente (2)		Riego de otras cosechas alimenticias (3)		Lagos Recreativos con Uso Restringido (4)	
	Limites de Calidad	Tratamiento requerido	Limites de Calidad	Tratamiento requerido	Limites de Calidad	Tratamiento requerido	Limites de Calidad	Tratamiento requerido
Arizona	1000 colif. fecales / 100 ml	Secundario	No considerado	No considerado	Colif. fecales/ 100 ml no detectables - 2 UTN	Secundario - Filtración - Desinfección	Colif. fecales / 100 ml no detectables - 2 UTN	Secundario - Filtración - Desinfección
California	No especificado	Oxidación	No especificado	Oxidación	2.2 colif. totales/ 100 ml - 2 UTN	Oxidación - Coagulación (5) - Filtración - Desinfección	2.2 colif. totales/100 ml	- Oxidación - Desinfección
Colorado		No considerado	No considerado	No considerado	No considerado	No considerado	No considerado	No considerado
Florida	- 200 colif. fecales/ 100 ml - 20 mg/L DBOC - 20 mg/L SST	- Secundario - Desinfección	- Colif. fecales/100 ml no detectables - 20 mg/L DBOC - 5 mg/L SST	- Secundario - Filtración - Desinfección	Uso prohibido	Uso prohibido	- Coliformes fecales/100 ml no detectables - 20 mg/L DBOC - 5 mg/L SST	- Secundario - Filtración - Desinfección
Nuevo Mexico (Política)	- 1000 colif. fecales/ 100 ml - 30 mg/L DBO - 75 mg/L SST	No especificado	No considerado	No considerado	Uso prohibido	Uso prohibido	- 100 colif. fecales/100 ml - 30 mg/L DBO - 30 mg/L SST	No especificado
Utah	- 200 colif. fecales/ 100 ml - 25 mg/L DBO - 25 mg/L SST	- Secundario - Desinfección	- Coliformes fecales/100 ml no detectables - 20 mg/L DBOC - 5 mg/L SST	- Secundario - Filtración - Desinfección	- Colif. fecales/ 100 ml no detectables - 10 mg/L DBO - 2 UTN	- Secundario - Filtración - Desinfección	- 200 colif. fecales/100 ml - 25 mg/L DBOC - 25 mg/L SST	- Secundario - Desinfección
Texas	- 200 colif. fecales/ 100 ml - 20 mg/L DBO - 15 mg/L DBOC	No especificado	- 200 colif. fecales/ 100 ml - 20 mg/L DBO - 15 mg/L DBOC	No especificado	Uso prohibido	Uso prohibido	- 20 colif. fecales/100 ml - 3 NTU - 5 mg/L DBO o DBOC	No especificado
Washing-ton	- 240 colif. fecales/ 100 ml	- Oxidación - Desinfección	- 240 colif. fecales/100 ml	- Oxidación - Desinfección	- 2.2 colif. totales/100 ml - 2 UTN	- Oxidación - Coagul. - Filtrac. - Desinf.	- 2.2 colif. totales/100 ml	- Oxidación - Desinfección

- (1) En algunos estados se aplican requerimientos más restrictivos cuando se permite la presencia de ganado lechero en pastos regados con agua recuperada.
- (2) Tratamiento físico o químico suficiente para destruir microorganismos patógenos. Se pueden aplicar requerimientos menos restrictivos cuando no hay contacto directo entre el agua recuperada y la porción comestible de la cosecha.
- (3) Verduras o frutas que se consumen crudas en los casos en que hay contacto directo entre el agua recuperada y la porción comestible de la cosecha.
- (4) Usos recreativos limitados a: pesca, canotaje y otras actividades que no impliquen contacto con el cuerpo.
- (5) No es necesario si la turbidez del efluente filtrado se mide en forma continua y es: a) ≤ 2 UTN; b) ≤ 5 UTN por más de 15 minutos, nunca es ≥ 10 UTN, y hay capacidad de activar en forma automática la adición de químicos o descargar el agua residual si ≥ 5 UTN durante más de 15 minutos.

Tabla VIII-4.- Ejemplos de Criterios Estatales para Reúso en Aplicaciones Seleccionadas de Agua Recuperada No-Potable (Continuación)

Estado	Criterios para							
	Riego con Acceso Restringido (1)		Riego con Acceso no Restringido (2)		Descarga de Sanitarios (3)		Agua de Enfriamiento Industrial (4)	
	Limites de Calidad	Tratamiento requerido	Limites de Calidad	Tratamiento requerido	Limites de Calidad	Tratamiento requerido	Limites de Calidad	Tratamiento requerido
Arizona	200 colif. fecales / 100 ml	Secundario Desinfección	Colif. fecales/ 100 ml no detectables - 2 UTN	Oxidación Filtración Desinfección	Colif. fecales/ 100 ml no detectables - 2 UTN	Oxidación Filtración Desinfección	No considerado	No considerado
California	23 colif. fecales / 100 ml	Oxidación Desinfección	2.2 colif. fecales/ 100 ml - 2 UTN	Secundario Coagul. Filtración Desinfección	2.2 colif. totales/ 100 ml - 2 UTN	Oxidación Coagulación Filtración Desinfección	2.2 colif. totales/ 100 ml - 2 UTN	Oxidación Coagulación Filtración Desinfección
Colorado	126 colif. fecales / 100 ml - 3 UTN	Secundario Desinfección	126 colif. F/ 100 ml - 3 UTN	Secundario Filtración Desinf.	No considerado	No considerado	126 colif. F/ 100 ml - 3 UTN	Secundario Filtración Desinfección
Florida	200 colif. fecales/ 100 ml 20 mg/L DBOC 20 mg/L SST	Secundario Desinfección	Colif. fecales/100 ml no detectables 20 mg/L DBOC 5 mg/L SST	Secundario Filtración Desinfección	Colif. fecales/100 ml no detect. - 20 mg/L DBOC 5 mg/L SST	Secundario Filtración Desinfección	Colif. fecales/100 ml no detectables 20 mg/L DBOC 5 mg/L SST	Secundario Filtración Desinfección
Nuevo Mexico (Política)	200 colif. fecales/ 100 ml 30 mg/L DBO 30 mg/L SST	No especificado	A <100 pies de la vivienda: 5 colif. fec./100 ml 10 mg/L DBO 3 UTN	No especificado	100 colif. fecales/ 100 ml 30 mg/L DBO 30 mg/L SST	No especificado	No considerado	No considerado
Utah	200 colif. fecales/ 100 ml 25 mg/L DBO 25 mg/L SST	Secundario Desinfección	Colif. fecales/ 100 ml no detectables 10 mg/L DBO 2 UTN	Secundario Filtración Desinfección	Colif. fecales/ 100 ml no detectables 10 mg/L DBO 2 UTN	Secundario Filtración Desinfección	200 colif. fecales/100 ml 25 mg/L DBOC 25 mg/L SST	Secundario Desinfección
Texas	200 colif. fecales/ 100 ml 20 mg/L DBO 15 mg/L DBOC	No especificado	20 colif. fecales/ 100 ml 5 mg/L DBO o DBOC 3 UTN	No especificado	20 colif. fecales/ 100 ml 5 mg/L DBO o DBOC 3 UTN	No especificado	200 colif. fecales/ 100 ml 20 mg/L DBO 15 mg/L DBOC	No especificado
Washington	23 colif. fecales/ 100 ml	Oxidación Desinfección	2.2 colif. fecales/ 100 ml - 2 UTN	Secundario Coagul. Filtración Desinfección	2.2 colif. totales/ 100 ml - 2 UTN	Oxidación Coagulación Filtración Desinfección	2.2 colif. totales/ 100 ml - 2 UTN	Oxidación Coagulación Filtración Desinfección

- (1) La clasificación varía de un estado a otro y generalmente incluye: riego de cementerios, áreas verdes en autopistas, campos de golf y áreas similares con acceso restringido.
- (2) Incluye: riego de parques, áreas de juego, patios escolares, céspedes residenciales y áreas similares con acceso no restringido.
- (3) No se permite en casas unifamiliares.
- (4) Torres de enfriamiento donde se generan gotitas, que pueden llegar a áreas pobladas.
- (5) No es necesario si la turbidez del efluente filtrado se mide en forma continua y es: a) ≤ 2 UTN; b) ≤ 5 UTN por más de 15 minutos, nunca es ≥ 10 UTN, y hay capacidad de activar en forma automática la adición de químicos o descargar el agua residual si ≥ 5 UTN durante más de 15 minutos.

Continúa de la p. 80

- Control de las fuentes
- Plan de operación
- Control de microorganismos patógenos
- Control de compuestos de nitrógeno
- Control de productos químicos y aspectos físicos
- COT
- Contribución del agua recuperada
- Agua de dilución
- Análisis del laboratorio y monitoreo de componentes (incluyendo productos químicos no regulados)
- Pozos de monitoreo
- Tiempo de retención en el subsuelo y distancia al punto de extracción
- Informe de ingeniería

Los borradores de regulaciones para recarga de agua subterránea del CDPH prescriben diversos procesos de tratamiento, dependiendo del tipo de recarga; p.ej. un tratamiento terciario seguido por tratamiento en el suelo del acuífero es aceptable para las operaciones de aspersión superficial, mientras que para todos los proyectos de inyección se requieren procesos avanzados de tratamiento que incluyen ósmosis reversa. Para ambos tipos de recarga el agua producto tiene que cumplir con todos los estándares primarios del agua potable; además se deben monitorear los contaminantes orgánicos específicos que puedan estar presentes en el agua, p.ej. N-nitroxidimetilamina y dioxano 1.4.

Florida ha adoptado requerimientos similares de tratamiento y calidad del agua recuperada.

8.8 Aplicaciones Misceláneas del Agua Recuperada

8.8.1 Humedales

En la mayoría de los casos, el propósito primario de la aplicación de agua recuperada a humedales es proporcionar tratamiento adicional al efluente antes de su descarga o reúso, aunque en muchos casos se construyen humedales solamente con fines ambientales. En tales casos, el tratamiento secundario es generalmente aceptable como influente al sistema de humedales.

Muy pocos estados tienen regulaciones que consideren específicamente el uso de agua recuperada para la creación de humedales construidos, o la restauración o realce de humedales naturales. En los pocos estados que han adoptado regulaciones para el uso del agua recuperada en humedales, los requerimientos varían en base al tipo de sistema del humedal y el grado de acceso público.

En los casos en que no hay regulaciones, los organismos reguladores prescriben requerimientos caso por caso. Los humedales naturales, que se consideran aguas de los EEUU, se protegen mediante requerimientos estatales, permisos del Sistema Nacional de Eliminación de Descargas de Contaminantes (NPDES) de la Agencia de Protección Ambiental de EEUU (USEPA), y Estándares de Calidad del Agua.

Los humedales construidos, y operados con el fin de tratar aguas residuales, generalmente no se consideran aguas de los EEUU.

8.8.2 Usos Industriales (Diferentes del Enfriamiento)

Las aplicaciones industriales de agua recuperada incluyen: enfriamiento, agua de proceso, limpieza de chimeneas, alimentación a calderas, agua de lavado, transporte de materiales, e ingrediente de productos no-alimenticios. Debido a la gran diversidad de procesos industriales que utilizan agua, los organismos reguladores prescriben generalmente los requerimientos de calidad del agua recuperada para usos industriales, con excepción del enfriamiento, sobre una base caso por caso. El agua recuperada de procesos convencionales de tratamiento de aguas residuales es de calidad adecuada para muchos usos industriales que pueden tolerar agua de calidad inferior a la potable.

Las consideraciones regulatorias para el reúso del agua en aplicaciones industriales incluyen la exposición de los trabajadores y otras personas al agua recuperada, la generación de aerosoles, la seguridad de los productos manufacturados y la producción asociada de alimentos y bebidas.

Por ejemplo, las regulaciones de Florida prohíben específicamente el uso del agua recuperada en la fabricación o procesamiento de alimentos o bebidas para consumo humano, en donde se incorpora agua recuperada, o ésta entra en contacto con el alimento o la bebida.

Tampoco los estándares del Estado de Washington permiten el uso del agua recuperada para la preparación de alimentos y bebidas para consumo humano.

Muchas aplicaciones industriales requieren agua de calidad química más alta que la típicamente presente en agua recuperada, p.ej., la fabricación de chips de computadoras requiere tratamiento por ósmosis inversa para producir agua ultra-pura. Sin embargo, las regulaciones de reúso tienen como objetivo principal proteger la salud humana, e incluyen requerimientos solamente para lograr este propósito.

8.8.3 Otros Usos No-Potables

Todos los estados que tienen regulaciones o guías para reúso del agua incluyen criterios para riego agrícola y/o de áreas verdes; pero algunos incluyen requerimientos para aplicaciones menos comunes del agua recuperada, tales como: limpieza de alcantarillas, limpieza de calles, eliminación de polvos, compactación de suelos, fabricación de concreto, fuentes decorativas, lavado comercial de ropa, lavado comercial de carros, descarga de sanitarios y mingitorios, lavado de equipos y sistemas de protección contra incendios.

Para estas aplicaciones y similares, varios estándares estatales indican los procesos de tratamiento requeridos, los límites de calidad del agua recuperada y los requerimientos de diseño y operativos, de acuerdo al grado de contacto humano con el agua. Estos estándares son semejantes a los de otras aplicaciones más comunes del agua recuperada.

Por ejemplo, el tratamiento secundario con un nivel mínimo de desinfección es aceptable para las aplicaciones donde se prevé poco o ningún contacto humano con el agua, tales como limpieza de alcantarillas, descarga de sanitarios o fabricación de concreto. En cambio, aplicaciones tales como lavado de vehículos, en las que es probable el contacto humano con el agua recuperada, requieren generalmente tratamiento terciario con un alto nivel de desinfección.

8.9 Tratamiento, Calidad del Agua y Otros Requerimientos

8.9.1 Requerimientos de Procesos de Tratamiento

Con pocas excepciones, las regulaciones estatales de reúso de agua prescriben procesos unitarios de tratamiento. Donde se espera exposición fortuita o no probable; se acepta generalmente un bajo nivel de tratamiento de aguas residuales, y se puede permitir un efluente secundario con o sin desinfección, dependiendo del tipo de uso.

Algunos estados utilizan el término “aguas residuales oxidadas” para definir las aguas residuales tratadas en forma secundaria, en las cuales la materia orgánica se ha estabilizado, no es putrescible y contiene oxígeno disuelto.

La mayoría de las regulaciones estatales no requiere un tipo específico de tratamiento secundario; p.ej., pueden ser aceptables los sistemas de lodos activados convencionales, filtros percoladores, lodos activados / aireación extendida, sistemas de lagunas y otros.

En los casos en que se espera que ocurra contacto del público con el agua recuperada, se requiere generalmente tratamiento terciario, incluyendo desinfección. Algunos tipos de tratamiento terciario aceptables antes de la desinfección incluyen: filtración en arena, filtración en medios múltiples, sistemas de membranas u otros métodos que han demostrado su eficacia en la reducción de partículas y materia orgánica.

Los métodos más comunes para desinfectar agua recuperada que ha recibido tratamiento secundario o terciario son cloro y luz ultravioleta.

8.9.2 Requerimientos de DBO₅, SST y Turbidez

La mayoría de los estados especifican procesos de tratamiento de aguas residuales y límites para SST y/o turbiedad; coliformes totales o fecales y cloro residual libre. Los estados que tienen regulaciones para el reúso potable también incluyen límites para componentes químicos que incluyen, pero no se limitan a los estándares del agua potable del estado o de la Agencia para la Protección Ambiental de EEUU (USEPA).

En la mayoría de los estados, se define el tratamiento secundario como aquél en que la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) y los TSS no exceden de 30 mg/l. Para las aplicaciones del agua recuperada que requieren un agua producto de alta calidad, se especifican límites de DBO₅ y SST de 5 mg/l en algunos estados. Estos límites se aplican cuando se utiliza filtración u otros procesos de tratamiento terciario para remover algunos componentes no deseables, o con el fin de preparar el agua para la desinfección. Generalmente se requiere muestreo diario de DBO₅ y SST, usando muestras compuestas, aunque en algunos estados se permite muestreo menos frecuente.

No todos los estados incluyen límites para DBO₅ y SST; algunos especifican un límite de turbiedad en lugar de SST, generalmente cuando se espera contacto humano y se usa agua recuperada con tratamiento terciario. La mayoría de los estados requieren que la turbiedad se supervise en forma continua. El punto en que se debe cumplir con el requerimiento de turbiedad está generalmente antes de desinfección. Los límites de turbiedad para agua recuperada después de la filtración, están en el rango de 1 a 10 unidades nefelométricas (UNT), con 2 UNT como requerimiento común. Se pueden especificar límites más bajos de turbiedad en los casos en que se utilizan sistemas de membranas (micro- o ultrafiltración) en lugar de filtración convencional.

8.9.3 Límites para Bacterias Coliformes

Es impráctico supervisar el agua recuperada para todos los patógenos microbianos; por lo tanto, se utilizan generalmente organismos indicadores para los patógenos presentes en el agua, a menudo en forma conjunta con requerimientos del proceso del tratamiento (p.ej. filtración) y otros requerimientos de calidad del agua (p.ej. turbiedad y residual de cloro).

Todos los criterios estatales utilizan los coliformes totales o fecales como organismos indicadores microbiológicos, a excepción de Colorado, que especifica *Escherichia Coli*. El análisis de coliformes totales incluye el conteo de organismos de origen fecal y no-fecal, mientras que el análisis de coliformes fecales es específico para los organismos coliformes de origen fecal. Los límites de coliformes fecales o totales dependen del uso del agua y son altamente variables entre estados. Las decisiones reguladoras con respecto a la selección del grupo de coliformes a utilizar son subjetivas. El uso de coliformes totales como indicador microbiano de la calidad del agua proporciona un factor de seguridad agregado que atrae a los organismos reguladores que se adhieren a un método más conservador de reúso de agua. Los coliformes, por sí mismos, solo son indicadores de la presencia o la concentración de todos los patógenos microbianos; algunos virus y otros parásitos patógenos son más resistentes a la desinfección que las bacterias, por lo que pueden estar presentes en mayor proporción que éstas.

La exigencia del cumplimiento con las regulaciones varía de un estado a otro, pero se basa generalmente en medianas o medias geométricas durante un periodo determinado. Generalmente se requiere analizar los coliformes en base diaria, durante condiciones de flujo máximo, para representar las condiciones de operación más exigentes de tratamiento de las instalaciones. En algunos estados se permite muestreo menos frecuente de coliformes.

Varios estados requieren que los análisis de coliformes se realicen usando la técnica de fermentación en tubo múltiple, y que los resultados se expresen como número más probable (MPN), mientras que otros permiten el uso de la técnica de filtro de membrana; finalmente, hay varios que no especifican la técnica a utilizar.

8.9.4 Requerimientos de Desinfección

En los casos en que se utiliza cloro como desinfectante, varios estados requieren control continuo del cloro residual y especifican tanto el residual de cloro, como el tiempo de contacto que se debe tener, particularmente para las aplicaciones de agua recuperada donde es probable que ocurra contacto humano con el agua.

Los rangos de residuales de cloro y los tiempos de contacto requeridos por los estados para desinfección se extienden de 1 a 5 mg/l y de 15 a 90 minutos a flujos picos, respectivamente. Cuando se utiliza luz UV para desinfección, algunas regulaciones estatales requieren cumplir con las "Guías para Desinfección del Agua Potable y de Reúso con Luz UV" (Instituto de Investigación Nacional del Agua, 2003).

Aunque la necesidad de mantener un residual de cloro en los sistemas de distribución del agua recuperada se reconoció desde hace muchos años, sólo a partir de los noventas los organismos reguladores comenzaron a requerir tales residuales. Las guías de reúso del agua de la USEPA recomiendan que el agua recuperada contenga un residual de cloro de 1 mg/l en los sistemas de distribución, para reducir y prevenir los crecimientos bacterianos, ayudar a eliminar olores desagradables, nuevos crecimientos y proporcionar un factor de seguridad extra de desinfección.

Algunos estados requieren mantener un residual de cloro (típicamente 0.5 o 1.0 mg/l) en sistemas de distribución de agua recuperada. En los casos en que se usa desinfección con luz UV, es necesario agregar equipos cloradores, con el fin de mantener un residual de cloro en las tuberías del sistema de distribución.

8.9.5 Confiabilidad de las Instalaciones de Tratamiento

Varios estados incluyen requerimientos de confiabilidad del tratamiento en sus regulaciones para reúso del agua, con el fin de asegurar que no se reutiliza agua recuperada tratada inadecuadamente.

En los estados en que los criterios de reúso del agua no incluyen requerimientos de confiabilidad, otras regulaciones para tratamiento de aguas residuales pueden prescribirlos, p.ej. los “Criterios de Diseño para la Confiabilidad de Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales” de la Agencia de Protección Ambiental de los EEUU (USEPA, 1974).

Los requerimientos de confiabilidad consideran típicamente: alarmas, fuentes alternas de energía, procesos dobles de tratamiento y almacenamiento de emergencia.

8.9.6 Controles para los Sitios de Uso de Agua Recuperada

Los controles en los sitios en que se usa agua recuperada pueden incluir: prohibición de escorrentías; distancias a pozos de abastecimiento de agua potable o a edificios, etc.; restricciones de tiempos de riego; protección de las instalaciones de agua potable contra aspersión de agua recuperada; prohibición de conexiones convencionales de mangueras en los sistemas de riego con agua recuperada accesibles al público; señalización de advertencia que indique que el agua no se debe beber y control de conexiones cruzadas.

Los requerimientos específicos varían de un estado a otro, y no todos los criterios estatales de reúso del agua incluyen tales requerimientos. Por ejemplo, las regulaciones de agua potable en algunos estados pueden incluir control de conexiones cruzadas; y el Código de Plomería puede requerir sistemas de tuberías duales en edificios.

Muchos estados establecen distancias entre los sitios de reúso de agua y las aguas superficiales, los pozos del abastecimiento de agua potable y las áreas accesibles al público. También se requiere separar las áreas en las que se utiliza agua recuperada para riego por aspersión, torres de enfriamiento y otras aplicaciones en las que se forman aerosoles o gotitas. Igualmente se deben impermeabilizar las pilas de almacenamiento, para evitar que el agua recuperada infiltrada llegue a los pozos del abastecimiento de agua potable. Las distancias de separación varían considerablemente entre estados y se extienden de 15 a 250 metros (50 a 800 pies), dependiendo de la calidad del agua recuperada, el tipo de reúso, el propósito de la separación, p.ej., evitar el contacto humano con el agua o proteger las fuentes de agua potable contra la contaminación. Algunos estados no requieren distancias entre las áreas irrigadas y las accesibles al público en los casos en que se proporciona un nivel alto de tratamiento y desinfección.

Las regulaciones para el control de conexiones cruzadas, que tienen por objeto evitar la interconexión de tuberías de agua recuperada y potable, consideran la identificación de las líneas y componentes de transmisión y distribución, mediante código de colores, cintas, u otros medios; separación de las líneas de agua recuperada y agua potable; presiones permisibles; vigilancia; y dispositivos de prevención de retroflujo.

En los sitios de uso que reciben tanto agua potable como recuperada, se requieren generalmente dispositivos de prevención de retroflujo en las líneas de suministro de agua potable, para reducir el potencial de contaminar el sistema de agua potable, en caso de

conexiones cruzadas. En ningún estado se permiten conexiones directas entre las líneas de agua recuperada y de agua potable.

8.9.7 Requerimientos de Almacenamiento de Agua Recuperada

Las regulaciones y guías relacionadas con los requerimientos de almacenamiento, se basan sobre todo en la necesidad de limitar o prevenir la descarga de agua superficial, y no con el almacenamiento requerido para acomodar variaciones diurnas o estacionales en oferta y demanda. Los requerimientos de almacenamiento varían de un estado a otro y por lo general dependen de la localización geográfica, el clima y las condiciones del sitio.

En estados con escasez de agua y clima caliente, se requiere típicamente un volumen mínimo de almacenamiento igual a tres días del flujo medio de diseño, mientras que en algunos estados del norte de EEUU se requieren más de 200 días, debido a que no se riega durante periodos extensos, debido a precipitación alta o temperaturas muy bajas.

Los estados que tienen requerimientos de almacenamiento en sus regulaciones, exigen que se realice un balance de agua en el sistema de reúso, considerando todas las entradas y salidas al sistema, en base al intervalo especificado de recurrencia de precipitación.

8.9.8 Láminas de Riego para Agua Recuperada

La mayoría de las regulaciones estatales no incluyen requerimientos o recomendaciones con respecto a láminas de riego con recuperada, ya que éstas se basan generalmente en el tipo de plantas o cosechas irrigadas, y las condiciones específicas del sitio.

En los estados que especifican láminas de riego, el valor máximo recomendado es típicamente 5 cms. (2 pulgadas) /semana. Las láminas de riego tienen por objeto prevenir un uso excesivo que desperdicie agua o que, dependiendo del tratamiento provisto, dé lugar a la contaminación de las fuentes de agua subterránea. Los organismos de agricultura de los estados pueden ser un recurso valioso en la determinación de las láminas apropiadas para el agua que se usa en varios tipos de pastos y cosechas agrícolas.

8.9.9 Monitoreo

En los proyectos de reúso de agua recuperada y potable, es necesario tener en cuenta los requerimientos de monitoreo y sus costos asociados. Antes de emprender la planeación de un proyecto para reúso de agua, los responsables del mismo deben ponerse en contacto con el organismo de salud del estado, el organismo ambiental que regula el agua recuperada (Departamento de Protección del Medio Ambiente, Departamento de Calidad Ambiental, Departamento de Recursos Naturales, etc.), y el organismo de recursos hídricos del estado, para determinar todos los requerimientos necesarios.

Para los estados que tienen una delegación del Sistema Nacional de Eliminación de Descargas de Contaminantes (NPDES), el organismo regulador ambiental ejecuta típicamente la función de conceder permisos para reúso de agua.

En la página web de la Agencia de Protección Ambiental de los EEUU (USEPA, 2004) se encuentran ligas a las páginas de los organismos reguladores responsables del reúso de agua en cada estado. Los organismos locales (p.ej. de ciudades o cuencas) pueden imponer requerimientos de recuperación y reutilización del agua que sean más restrictivos que los requerimientos estatales. Por lo tanto, es necesario ponerse en contacto con tales organismos para cualquier proyecto propuesto dentro de su ámbito de influencia.

Algunos estados requieren monitorear el agua subterránea cuando se utiliza agua recuperada para riego o para almacenamiento en pilas que pueden tener filtraciones. Los programas de monitoreo del agua subterránea requieren generalmente que se coloque un pozo gradiente arriba del sitio de reúso de agua, para evaluar las condiciones del agua subterránea; y uno o más pozos gradiente abajo para supervisar el cumplimiento con los requerimientos de calidad del agua subterránea. Los programas de supervisión del agua subterránea asociados con el riego con agua recuperada generalmente se enfocan en la calidad del agua de los acuíferos someros. Los parámetros y la frecuencia de muestreo se determinan por lo general caso por caso.

8.9.10 Reúso Obligatorio

Algunos estados, como California y Florida, tienen regulaciones que obligan el reúso de agua bajo ciertas condiciones. La *Política de Agua de Florida* (Departamento de Protección del Medio Ambiente de Florida, 1995) establece un programa obligatorio de reúso que se hace cumplir en forma activa. Esta política requiere que los *Distritos Estatales de Manejo de Agua* identifiquen las áreas de escasez de recursos hídricos, en las que los problemas de abastecimiento de agua son críticos, o se espera que llegarán a ser críticos en los próximos 20 años. La legislación del estado requiere efectuar estudios de viabilidad de reúso de agua para las plantas de tratamiento situadas dentro de las áreas de escasez de recursos hídricos. En estas áreas se requiere una cantidad "razonable" de reúso de agua recuperada de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales, a menos que el reúso no sea económica, ambiental o técnicamente factible. También se puede requerir reúso del agua fuera de las áreas de escasez del recurso, si: a) hay agua recuperada fácilmente disponible; b) el reúso es económica, ambiental o técnicamente factible; y c) el distrito de Manejo de Agua que tiene jurisdicción ha adoptado reglas que impongan requerimientos de reúso.

En California existen leyes y regulaciones que exigen el reúso del agua bajo ciertas condiciones. La sección 13550 del *Código de Agua de California* indica que el uso de agua potable para usos no-potables, incluyendo -pero sin limitarse a-: cementerios, campos de golf, áreas verdes de carreteras, usos industriales y de riego, es un desperdicio o uso poco razonable del agua, si hay agua recuperada disponible que cumple con las siguientes condiciones (Comité de Control de Recursos Hídricos del Estado de California, 2000):

- a. la fuente de agua recuperada es de calidad adecuada y está disponible para estas aplicaciones;
- b. el agua recuperada tiene un costo razonable para el usuario;
- c. después de consultar con el Departamento Estatal de Salud Pública, se determina que el uso de agua recuperada de la fuente propuesta no es perjudicial para la salud pública; y
- d. el uso del agua recuperada no afectará en forma adversa los derechos de agua río abajo; no degradará la calidad del agua; y no será perjudicial para la vida vegetal, los peces y la fauna.

Otras secciones del código permiten hacer obligatorio el uso de agua recuperada para riego de áreas verdes residenciales, usos industriales de enfriamiento, y descarga de sanitarios y mingitorios en edificios no residenciales.

Típicamente, varias dependencias gubernamentales están implicadas en diferentes aspectos de reúso de aguas residuales: su recolección, tratamiento, distribución del agua recuperada, venta al por mayor y distribución al por menor. Todas estas dependencias tienen que cooperar y establecer áreas de responsabilidad para el proyecto. Desde el punto de vista regulatorio, puede ser necesario obtener permisos o aprobaciones de diferentes autoridades, que incluyen: salud pública, suministro del agua del abasto; calidad del agua del abasto; disposición de aguas residuales y/o riego agrícola.

8.9.11 Ordenanzas Locales y Acuerdos / Contratos entre Productores y Usuarios

Además de las regulaciones o guías estatales, los organismos locales pueden decretar ordenanzas para asegurar el uso seguro de agua recuperada. Las guías de USEPA para reúso de agua (Agencia de Protección Ambiental de los EEUU, 2004) recomiendan que la autoridad local o el organismo responsable de la distribución de agua recuperada se encargue de requerir que los clientes cumplan con algunos estándares de desempeño como condición para recibir el agua.

Si el número de usuarios no es muy grande, se firman por lo general acuerdos o contratos (específicos para cada usuario) entre productores y clientes del agua recuperada. Estos acuerdos o contratos, jurídicamente vinculantes, pueden ser muy detallados e incluir requerimientos dirigidos tanto al proveedor como al usuario de agua recuperada. La tabla VIII-5 (al final de este capítulo) presenta un resumen de puntos típicos incluidos en tales acuerdos y contratos.

8.10 Referencias

1. Asano, T. et al, "Water Reuse: Issues, Technologies and Applications" (Reúso de agua. Tecnologías y aplicaciones). New York: McGraw-Hill, 2007.
2. California, State of, "Water Recycling Criteria" (Criterios para Reciclaje de Agua). *California Code of Regulations*, Title 22, Division 4, Chapter 3. Sacramento, 2000.
3. Cologne, G., and P M. MacLaggan, "Legal Aspects of Water Reclamation." (Aspectos Legales de la Recuperación del Agua) In "Water Reclamation and Reuse" (Recuperación y Reúso del Agua), editado por T. Asano, 1397-1416. Boca Raton, FL: CRC Press, 1998.
4. Crook, J., "The Ongoing Evolution of Water Reuse Criteria." (La Evolución de los Criterios de Reúso del Agua) In *Proceedings of the AWWA / WEF 2002 Water Sources Conference*, January 27-30, 2002, Las Vegas, Nevada.
5. Crook, J., "Innovative Applications in Water Reuse: Ten Case Studies" (Aplicaciones Innovadoras en Reúso de Agua: Diez Estudios de Caso). Alexandria, VA: *WaterReuse Association*, 2004.
6. Crook, J., "Innovative Applications in Water Reuse and Desalination 2: Ten Case Studies" (Aplicaciones Innovadoras en Reúso y Desalación de Agua: Diez Estudios de Caso). Alexandria, VA: *WaterReuse Association*, 2007.
7. *Florida Department of Environmental Protection*, "State Water Policy" (Políticas Estatales de Agua), Chapter 62-40, *Florida Administrative Code*. Tallahassee, 1995.
8. *Florida Department of Environmental Protection*, "Reuse of Reclaimed Water and Land Application" (Reúso de Agua Recuperada y Aplicación al Suelo). Chapter 62-610, *Florida Administrative Code*. Tallahassee, 1999.
9. *National Research Council*, "Prospects of Managed Underground Storage of Recoverable Water" (Exploración del Almacenamiento Subterráneo Manejado de Agua Recuperable). Washington, DC: National Academies Press, 2008.
10. *National Water Research Institute*, "Ultraviolet Disinfection Guidelines for Drinking Water and Water Reuse" (Guías para Desinfección con Luz Ultravioleta de Agua Potable y de

Reúso). Report Number NWRI-2003-06. Fountain Valley CA: National Water Research Institute, 2003.

11. *U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water Program Operations, "Design Criteria for Mechanical, Electric, and Fluid System and Component Reliability" (Criterios de Diseño para Sistemas Mecánicos, Eléctricos y de Fluidos y Confiabilidad de Componentes) MCD-05. EPA-430-99-74-001. Washington, DC: GPO, 1974.*
12. *U.S. Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, Center for Environmental Research Information, "Guidelines for Water Reuse" (Guías para Reúso del Agua). EPA/ 625/ R04/ 018. Cincinnati, OH: U.S. Environmental Protection Agency 2004.*

**Tabla VIII-5.- Puntos que se Incluyen Típicamente en
Acuerdos / Contratos entre Productores / Usuarios de Agua Recuperada**

Punto	Acuerdo / Contrato
Objetivo	Establecer las responsabilidades del productor y el usuario.
Supervisor del Agua	Se puede requerir que el usuario designe un Supervisor del Agua Recuperada, el cual será responsable de su sistema de agua recuperada.
Duración	Establece la duración del convenio (en años).
Terminación	Provee razones, autoridad y cronograma para la terminación del convenio por el productor y/o el usuario; incluyendo la duración del convenio.
Notificaciones	Típicamente establece que las notificaciones de cualquier parte relativas al convenio deben presentarse por escrito y enviarse por correo.
Usos del agua recuperada	Especifica los usos permitidos para el agua recuperada por parte del usuario.
Sitio de envío	Especifica un sitio de envío específico.
Condiciones de envío	Identifica las condiciones bajo las cuales el productor puede suspender, interrumpir, o posponer el envío de agua recuperada.
Instalaciones de transferencia	Identifica las tuberías, estaciones de bombeo y otros componentes, entre la planta de tratamiento y el sitio del usuario, y establece quién construirá, operará, dará mantenimiento y pagará por tales instalaciones. Éstas deben cumplir con los requerimientos regulatorios para separación de tuberías, código de colores, medidores, pruebas de calibración, registros completos de toda la construcción, incluyendo condiciones de auditorías, etc.
Presión	Identifica la presión a la cual el productor suministrará agua recuperada; puede incluir provisiones para la presión más baja/mínima.
Cantidad de agua recuperada	El productor acuerda proveer una cantidad especificada de agua recuperada, en base diaria o anual, y el usuario se compromete a comprar y/o aceptar esa misma cantidad. Se pueden incluir provisiones para mezclar suministros de agua diferentes y/o alternos.
Calidad del agua recuperada	El productor especifica que la calidad del agua suministrada cumplirá con todos los requerimientos estatales para agua recuperada. Se pueden incluir otros parámetros específicos de calidad no requeridos por los organismos reguladores. Si el usuario requiere tratamiento adicional para aplicaciones industriales, por lo general Él es responsable de tratar el agua y cumplir con los requerimientos finales.
Condiciones Regulatorias	Especifican que el usuario acepta usar el agua solo para los usos aprobados, y cumplir con todas las reglas, regulaciones y permisos estatales.
Instalaciones	Indica qué instalaciones poseen y operan el productor o el usuario; incluye responsabilidades de mantenimiento.
Precio y tarifas	Especifica las tarifas de agua recuperada, ciclos de cobro, etc.
Responsabilidad Legal	Especifica la responsabilidad legal del productor y el usuario por cualquier reclamo o daño. Las 2 partes son relevadas de ciertas obligaciones, por causas de fuerza mayor.
Seguros	Especifica el tipo de seguro y los límites de responsabilidad legal.
Asignación	Especifica que ninguna de las partes puede asignar o subarrendar su parte del convenio, sin permiso escrito de la otra parte.
Vinculación de los sucesores	Puede incluir una cláusula que indique que el convenio es vinculatorio y puede mantenerse para beneficio de los sucesores o asignados por las partes.
Permiso de entrada	Puede incluir una cláusula para permitir el acceso del productor o de los organismos reguladores a las instalaciones del usuario.
Indemnización	Cláusula que indica que el usuario no culpará, se defenderá, o pedirá indemnización del productor por reclamos relacionados con el uso de agua recuperada, siempre que se cumpla con la calidad designada.
Resolución de disputas	En esta cláusula se indica que las disputas deberán resolverse de buena fe; si tal esfuerzo no es exitoso, se puede requerir que cada parte considere usar arbitraje de mediación, no-vinculatorio, u otros métodos de resolución de disputas antes de ir a litigio.
Acuerdo ejecutorio	Requiere las firmas de las dos partes; generalmente debe ser notariado.

Se pueden encontrar ejemplos de ordenanzas y convenios en las “Guías para Reúso de Agua” de la Agencia para la Protección Ambiental de EEUU (USEPA, 2004) o en línea en el sitio web del Organismo de Manejo de Agua del Suroeste de Florida (Southwest Florida Water Management) (www.swfwmd.state.fl.us/conservation/reclaimed/reclaimed-water-guide.pdf)

IX. Asuntos Institucionales y Organizacionales

La integración de un programa de agua recuperada en la organización existente del proveedor de servicios de agua, drenaje y/o saneamiento, requerirá ajustes a la organización y a las operaciones de dicho proveedor. Aunque esta sección del manual supone que el proveedor del agua recuperada es también proveedor de agua, muchos de los temas tratados aplican en caso de que no lo sea. Los temas que se presentan en las secciones siguientes presentan adiciones a considerar en las operaciones organizativas e institucionales existentes del organismo operador.

9.1 Marco Institucional

El desarrollo y manejo de un sistema de agua recuperada requieren modificaciones al marco institucional del proveedor del agua. En la mayoría de los casos serán simplemente disposiciones complementarias para manejar las características únicas del agua recuperada. El organismo debe incorporar el monitoreo de requerimientos, cambios de reglas y regulaciones, etc. En muchos casos, el manejo de un sistema de agua recuperada es más difícil que el de un sistema de agua potable, debido a: a) las restricciones regulatorias para los usos de agua recuperada; b) el hecho de que los organismos reguladores tienen requerimientos muy específicos para el uso del agua recuperada, y c) la aceptación pública para usar esta agua puede ser difícil de lograr. Educar a los clientes debe ser un componente importante del programa de involucramiento del organismo, y es esencial tener planes pre-establecidos para el manejo de problemas y la comunicación con el público.

Los ajustes institucionales típicos incluyen:

- a. Desarrollo de políticas y ordenanzas para el agua recuperada.
- b. Establecimiento de una base de clientes viable para el agua recuperada.
- c. Adopción de provisiones para la viabilidad financiera a largo plazo del sistema de agua recuperada, con ajustes eficaces de tarifas y controles financieros.
- d. Modificación de los procedimientos estándares de operación del proveedor.
- e. Desarrollo y financiamiento de programas de educación e involucramiento de la comunidad.
- f. Financiamiento del diseño, construcción y operación/mantenimiento de la infraestructura del sistema de agua recuperada.
- g. Evaluación de la necesidad de personal adicional para las áreas de ingeniería, operaciones, finanzas y servicio de atención a los clientes del sistema de agua recuperada.
- h. Implementación de sistemas y procedimientos para proteger la salud pública.
- i. Manejo de sistemas duales de servicio.
- j. Expansión del programa de control de conexiones cruzadas.

9.2 Cumplimiento y Sanciones

El proveedor de agua recuperada es responsable de cerciorarse que todos sus clientes estén de acuerdo con todas las regulaciones estatales y locales aplicables. El proveedor debe desarrollar procedimientos apropiados para asegurar el cumplimiento con las regulaciones. Esto puede hacerse por medio de regulaciones nuevas para el servicio del agua, ordenanzas locales y acuerdos separados. Las consecuencias de la falta de cumplimiento se deben indicar claramente en las regulaciones, y se deben comunicar periódicamente, en forma clara, a los clientes de agua recuperada. Los trabajadores de campo del proveedor deben recibir capacitación sobre los requerimientos para el uso del agua recuperada y tener conocimientos, medios y métodos para manejar las violaciones de

las reglas en los sitios de uso. Esto es particularmente importante en los casos en que se descubren conexiones cruzadas u otras violaciones serias.

9.3 Capacitación del Personal

Se debe dar una capacitación adecuada al personal responsable de la operación y el mantenimiento de los sistemas de agua recuperada. Esta capacitación debe centrarse en las políticas reguladoras estatales y locales, el control de conexiones cruzadas, las inspecciones en los sitios de uso, los sistemas de tratamiento y los asuntos de calidad del agua. Algunos estados han desarrollado programas de certificación, que proporcionan la capacitación requerida al personal de operación en campo, así como al personal de gerencia y producción.

9.4 Manual de Políticas y Procedimientos

La política y el manual de procedimientos del proveedor de agua se deben modificar, para tener en cuenta los requerimientos para la planeación, el diseño y la operación del sistema de agua recuperada, incluyendo el proceso de arranque y los requerimientos específicos de operación y mantenimiento del sistema de agua recuperada.

Hay que tener en cuenta que el sistema de agua recuperada requiere actualizaciones y revisiones periódicas, para asegurar el cumplimiento con las regulaciones federales, estatales y locales.

9.5 Desarrollo de Infraestructura para Agua No-Potable

Los elementos principales de manejo para el desarrollo de la infraestructura de un sistema de agua recuperada incluyen:

- a. Revisión del plan
- b. Inspecciones de los sitios de uso
- c. Dibujos y planos
- d. Documentación de los sitios de uso.

9.5.1 Revisión del Plan

Para asegurar consistencia en el diseño de un sistema de distribución de agua recuperada, el proveedor debe considerar las especificaciones y detalles relacionados con la construcción del sistema. Los elementos que se deben incluir incluyen:

- a. Identificación, pruebas y colocación de tuberías
- b. Notificación pública del uso del agua recuperada
- c. Cajas y cubiertas de válvulas
- d. Medidores y cajas de medidores
- e. Dispositivos de prevención de retroflujo
- f. Control de conexiones cruzadas
- g. Conexiones de mangueras
- h. Controles de sistemas de riego
- i. Medidas de mitigación para escorrentías.

La revisión del plan debe hacerse con suficiente detalle para asegurar que no falte ningún elemento. La descarga se debe hacer solamente a los canales u otros puntos aprobados.

Durante la revisión del plan, se deben identificar todas las conexiones a las líneas de agua potable, e indicar claramente que se deben cortar y sellar, y se deben instalar dispositivos de prevención de retroflujo en las líneas de agua potable y líneas de protección contra incendio.

Los planos deben mostrar claramente la localización de todas las señales en los sitios en que se usa agua recuperada. El organismo local de salud debe revisar y aprobar el diseño del sistema, antes del comienzo de la construcción.

9.5.2 Inspecciones en los Sitios de Uso

La inspección de las instalaciones de agua recuperada es crítica para la operación segura en los sitios donde existen tanto instalaciones de agua recuperada como de agua potable. El potencial para conexiones cruzadas es más alto en los sistemas más viejos, por lo que es más crítico realizar en éstos una inspección cuidadosa.

Cualquier conexión a un sistema existente en el que se cambie agua potable por recuperada, requiere una inspección cuidadosa, la cual debe ser presenciada por representantes del proveedor de agua recuperada y del dueño del sistema existente, para asegurar que no hay conexiones cruzadas.

Antes del diseño, se debe realizar una inspección de campo, para determinar las modificaciones requeridas para asegurar que se cumple con las regulaciones estatales y locales. Si se requieren acciones correctivas; se deben: a) incluir en los planes de modificación, o b) completarlas antes de terminar la construcción. Se debe realizar una segunda inspección para confirmar que se ha corregido correctamente cualquier deficiencia preexistente y no se han creado otras nuevas.

La prueba de presión del sistema no-potable se debe realizar usando agua potable, y se debe terminar antes de la conexión a cualquier sistema existente. La prueba, por lo general, se hace contra un “blanco” (válvula cerrada o brida ciega) en la válvula principal. Los dispositivos de prevención de retroflujo requeridos en los sistemas de agua potable y contra-incendios, una vez instalados se deben probar en campo, para dejarlos listos para el servicio.

Antes de la aceptación final del sistema en los sitios de uso, y de su conexión al sistema de agua recuperada, se debe efectuar una inspección completa de conexiones cruzadas.

El protocolo de inspección debe ser parte de las reglas del proveedor de agua y de los procedimientos estándares de operación.

Además de las inspecciones que se hacen antes de la puesta en marcha del sistema de agua recuperada, se deben realizar inspecciones periódicas para asegurar el cumplimiento con las regulaciones estatales y locales. En estas inspecciones se deben monitorear en forma rutinaria las siguientes condiciones: escorrentía, acumulación y sobre-aspersión en calles, aceras y propiedades vecinas. Cuando se realizan modificaciones importantes a los sistemas de agua recuperada, o cambia la propiedad de los sitios de uso, se deben efectuar inspecciones adicionales.

9.5.3 Planos y Dibujos

Se deben guardar y mantener actualizados los planos de la instalación y los dibujos del sistema de distribución, incluyendo: detalles de conexiones del servicio, planos de secciones y datos de los Sistemas de Información Geográfica (GIS) y de Posicionamiento Global (GPS).

Los planos deben mostrar la localización de todas las tuberías, válvulas reguladoras, medidores, dispositivos de prevención de retroflujo, hidrantes, señalización y otros componentes de los sistemas de agua potable y recuperada. Se debe preparar y mantener un legajo en el que se recopilen los planos y otra información del agua recuperada, incluyendo la localización de tuberías, válvulas reguladoras, hidrantes, escapes, medidores, válvulas de escape de aire y otros componentes de agua potable y recuperada, la localización y dimensiones de todos los servicios de agua recuperada, los números del medidor y del permiso del usuario y otra información pertinente.

9.5.4 Documentación de los Usuarios en los Sitios de Uso de Agua Recuperada

El proveedor del agua recuperada debe desarrollar archivos para cada uno de los sitios de los usuarios. Los documentos que se incluirán en el archivo deben incluir las cartas de intención del usuario para usar agua recuperada, y los usos del agua recuperada (p.ej., riego urbano y/o agrícola, torres de enfriamiento, operaciones de maquinaria, descarga de sanitarios, barrera de la salinidad y otros usos industriales).

Los archivos de los usuarios deben incluir también información adicional tal como:

- a. Datos de demanda instantánea y consumos de agua
- b. Criterios de calidad del agua
- c. Dibujos detallados de ingeniería, si se dispone de ellos
- d. Descripción legal del sitio del usuario
- e. Nombres de los dueños y agentes responsables
- f. Fecha de petición del servicio, arranque e inicio del uso
- g. Informes de inspecciones realizadas
- h. Acuerdos
- i. Expedientes de infracciones y violaciones de cumplimiento
- j. Notificaciones del cliente y cualquier otra correspondencia relacionada con el sitio de uso.

9.5.5 Procedimientos de Solicitud de Conexión al Servicio

Se debe establecer un procedimiento para solicitar el servicio de agua recuperada. Este procedimiento debe ser similar al que se usa para conectar el servicio de agua potable.

El procedimiento de solicitud debe cumplir con las regulaciones del organismo de distribución del agua recuperada; los estatutos federales, estatales y locales aplicables; las ordenanzas; regulaciones; contratos y otros requerimientos.

El procedimiento debe: a) proveer al cliente la oportunidad de revisar las políticas y regulaciones que gobiernan el sistema de agua recuperada; b) indicar claramente al cliente la necesidad de realizar inspecciones en sitio sin notificación previa; y c) ofrecer garantías de que estas inspecciones se realizarán en horas razonables del día.

Una solicitud para el servicio de agua recuperada debe especificar lo siguiente:

- a. Descripción de la propiedad a servir.
- b. Relación del solicitante con la propiedad (dueño o arrendatario)
- c. Propósito para el cual se utiliza la propiedad
- d. Demanda estimada de agua recuperada
- e. Requerimientos de entrega del agua recuperada (presión y horas deseadas del día)
- f. Requerimientos de calidad del agua recuperada
- g. Aprobación de los organismos federales, estatales o locales que tienen jurisdicción.

9.5.6 Permisos

Los permisos para el servicio de agua recuperada deben requerir que el usuario se adhiera a los requerimientos prescritos por regulaciones del organismo responsable de distribuir el agua recuperada, y a cualquier requerimiento adicional establecido por los organismos reguladores federales, estatales o locales.

Los permisos deben también: a) establecer condiciones para la interrupción temporal o permanente del servicio, debido a circunstancias fuera del control del organismo, que son necesarias para proteger las instalaciones, o la salud, la seguridad y el bienestar del público.; y b) establecer las responsabilidades de mantenimiento. El proveedor de agua recuperada debe evaluar si desea ser responsable de los daños resultantes en la plomería, o de la mala calidad de agua producidos por presiones bajas o altas, o por interrupciones del servicio. El permiso debe reflejar las condiciones del proveedor del agua recuperada relacionadas con cada uno de estas situaciones. Si se proporcionan medidores a cada usuario, se debe establecer un sistema para controlar las modificaciones que el usuario pueda realizar.

El proveedor de agua recuperada puede reservarse el derecho de limitar el suministro de agua recuperada a una conexión y un medidor por usuario. El permiso debe también indicar las condiciones iniciales de la conexión, y las subdivisiones posteriores que se pueden aceptar, si es el caso.

9.5.7 Operación y Mantenimiento de los Sistemas de Distribución

La operación y el mantenimiento de un sistema de distribución de agua recuperada son muy similares a los de un sistema de agua potable, salvo que en los primeros se debe prestar atención adicional a la seguridad y al control del acceso al público. Se requieren inspecciones visuales rutinarias, para reducir al mínimo la escorrentía o acumulación, y eliminar la sobre-aspersión del agua recuperada. Se recomienda realizar un monitoreo regular y pruebas del sistema, para prevenir conexiones cruzadas accidentales.

9.5.8 Responsabilidad Legal

El uso de agua recuperada en los sitios en los que hay instalaciones de agua recuperada y potable, puede crear problemas potenciales de responsabilidad legal.

Las leyes de responsabilidad legal para fabricación de productos tienen por objeto promover que se fabriquen productos seguros, responsabilizando al productor de:

- a. El costo económico de las lesiones, actos intencionales o no intencionales
- b. La falta de garantías expresas o implicadas
- c. La calidad o cantidad del producto
- d. El rompimiento del contrato.

Aunque no hay mucha experiencia en la aplicación de las leyes de responsabilidad por producción de agua recuperada, el proveedor debe consultar con su asesor legal con respecto a la responsabilidad potencial que pueda presentarse por el suministro de esta agua.

APÉNDICES

Apéndice A Tabla de Acrónimos y Abreviaturas

Acrónimo o Abreviatura en Inglés	Acrónimo o Abreviatura en Español	Significado
AF	AP	Acre-pie
AFY	APA	Acre-pie / año
ASR	ARA	Almacenamiento y recuperación de acuíferos (Aquifer storage and recovery)
BOD	DBO	Demanda Bioquímica de Oxígeno
CBOD	DBOC	Demanda Bioquímica Carbonácea de Oxígeno
CDPH	DSPC	Departamento de Salud Pública de California (California Department of Public Health)
CEQA	PCAC	Protocolo de Calidad Ambiental de California (California Environmental Quality Act)
CWA	AAL	Acta de Agua Limpia (Clean Water Act), Ley Pública 92-500 de EEUU
DBPs	SPDs	Subproductos de Desinfección (Disinfection Byproducts)
EDCS	CREs	Compuestos Rompedores de Endocrinos (Endocrine-Disruptive Compounds)
LRP	PLR	Programa Local de Recursos (Local Resources Program)
MF	MF	Microfiltración (Filtración con Membranas Microporosas)
MPN	MPN	Número Más Probable (Most Probable Number)
MWD or MWDSC	DMASC	Distrito Metropolitano de Agua del Sur de California (Metropolitan Water District of Southern California)
NDMA	NDMA	N –Nitrosodimetilamina (N –Nitrosodimethylamine)
NEPA	APAN	Acta de Política Ambiental Nacional de 1969 (National Environmental Policy Act of 1969)
NPDES	SNEDC	Sistema Nacional de Eliminación de Descargas Contaminantes (National Pollutant Discharge Elimination System)
NTU	UNT	Unidad(es) Nefelométricas de Turbidez
O&M	O&M	Operación y Mantenimiento
OM&R	OM&R	Operación, Mantenimiento y Reemplazo
PhACs	CFAs	Compuestos Farmacéuticamente Activos (Pharmaceutically Active Compounds)
ppm	ppm	Partes por millón
psi	psi	Libras por pulgada cuadrada
PVC	PCV	Policloruro de vinilo (Tuberías)
SDWA	AALS	Acta de Agua Potable Segura (Safe Drinking Water Act)
SWRCB	CCREA	Comisión de Control de Recursos Estatales de Agua (State Water Resources Control Board)
TDS	SDT	Sólidos Disueltos Totales
TMDL	LCMTD	Límite de Carga Máxima Total Diaria (Total Maximum Daily Load Limit)
TOC	COT	Carbón Orgánico Total
TOX	HOT	Haluros Orgánicos Totales
TSS	SST	Sólidos Suspendidos Totales
UIC	CIS	Control de Inyección Subterránea (Underground Injection Control)

USAID	AEUDI	Agencia de EEUU para el Desarrollo Internacional (United States Agency for International Development)
USBR	AREU	Agencia de Recuperación de EEUU (US. Bureau of Reclamation)
USEPA	APAEU	Agencia de Protección Ambiental de EEUU (U.S. Environmental Protection Agency)
USC	USC	Universidad del Sur de California
UV	UV	Ultravioleta
WBMWD	DMACO	Distrito Municipal del Agua de la Cuenca Occidental (West Basin Municipal Water District)
WEF	FAA	Federación del Medio Ambiente Acuático (Water Environment Federation)

Apéndice B

Ejemplos de Especificaciones para Almacenamiento / Distribución de Agua Recuperada en Ciudades de EEUU

A continuación se presenta una lista de algunas especificaciones para Almacenamiento / Distribución de Agua Recuperada, desarrolladas por varios municipios u organismos operadores de EEUU, junto con las direcciones correspondientes de Internet.

Cabe anotar que no todos los proveedores de agua recuperada tienen sus especificaciones estándares accesibles en línea.

Con el fin de obtener una lista de proveedores de agua recuperada en cualquier estado, se pueden consultar los capítulos estatales de la Asociación WateReuse.

Las especificaciones que se enumeran abajo incluyen, en algunos casos, tanto requerimientos para sistemas de distribución, como para sistemas en los sitios de uso.

1. Ciudad de Denver, CO

<http://www.water.denver.co.gov/buswithdw/Engineering/Docs/ENGSTD11.html>

2. Ciudad de Oceanside, CA

http://www.ci.oceanside.ca.us/pdf/WaterDM_Section_4.pdf

3. Ciudad de Olympia, WA

<http://www.ci.olympia.wa.us/documents/EngineeringStandardsUnderReview/Chapter10.pdf>

4. Ciudad de Palm Coast, FL

<http://www.ci.palm-coast.fl.us/Government/Departments/Utilities/Standards.aspx>

5. Ciudad de Pinellas Park, FL

http://www.pinellas-park.com/pinellaspark/engservices_articles/reclaimetra.pdf

6. Ciudad de Surprise, AZ

<http://www.surpriseaz.com/DocumentView.asp?DID=3161>

7. Ciudad de Tucson Water Department, Tucson, AZ

http://www.ci.tucson.az.us/water/docs/dsm_8-14.pdf

8. Ciudad de Reno, NV

<http://www.cityofreno.com/Modules/ShowDocument.aspx?documentid=3154>

9. Hillsborough County, FL

<http://www.hcptc.org/water/resources/publications/technicalmanual/section06.pdf>

10. Distrito de Agua de Irvine Ranch, Irvine, CA

<http://www.irwd.com>

11. Pueblo de Cary, NC

<http://www.townofcary.org/depts/dsdept/engineering/standardspecs/section06500.pdf>

Apéndice C

Ejemplos de Especificaciones para el Manejo del Agua Recuperada en los Sitios de Uso

A continuación se presenta una lista de especificaciones para el manejo del agua recuperada en los sitios de uso, desarrolladas por diferentes organismos, junto con las direcciones correspondientes de Internet.

Cabe anotar que no todos los proveedores de agua recuperada tienen sus especificaciones estándares accesibles en línea.

Con el fin de obtener una lista de proveedores de agua recuperada en cualquier estado, se pueden consultar los capítulos estatales de la Asociación WateReuse.

Los proveedores de sistemas nuevos de agua recuperada se deben poner en contacto con los organismos existentes en los diferentes estados, para obtener especificaciones, reglas, regulaciones y ayuda técnica para sus nuevos sistemas de agua recuperada.

1. Ciudad de Chandler, AZ

<http://udm.chandleraz.gov/index.php?aid=252>

2. Ciudad de Oceanside, CA

http://www.ci.oceanside.ca.us/pdf/WaterDM_Section_4.pdf

3. Ciudad de Orlando, FL

http://cityoforlando.net/public_works/esd/records/files/reclaimed%20specs%20linked%208604.pdf

4. Distrito de Agua de Irvine Ranch, Irvine, CA

<http://www.irwd.com>

5. Departamentos de Agua y Alcantarillado de Miami-Dade, Miami, FL

http://miamidade.gov/wasd/library/Donation/part-1/UC_800-06-11-08.pdf

6. Sistema de Agua de San Antonio, San Antonio, TX

http://www.saws.org/our_water/recycling/handbook/recycled_water_hb_rev20080620.pdf

Apéndice D
Guías de la Agencia de Protección Ambiental de EEUU (USEPA)
para Reúso de Agua

Tipos de reúso	Tratamiento	Calidad del Agua Recuperada (a)	Frecuencia de Monitoreo del Agua Recuperada (a)	Distancias para evitar problemas (2)	Comentarios
Reúso urbano					
<p>Todos los tipos de riego de áreas verdes (p.ej. campos de golf, cementerios, etc.) – también lavado de vehículos, descarga de sanitarios, uso en sistemas contra-incendios y acondicionadores de aire comerciales, y otros usos con acceso o exposición al agua similares.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Secundario (3) - Filtración (4) - Desinfección (5) 	<ul style="list-style-type: none"> - pH = 6-9 - ≤10 mg/l DBO₅/L (6) - ≤2 UTN (7) - Coliformes fecales / 100 ml: No detectables (8,9) - ≥1 mg/L residual de cloro residual libre (10) 	<ul style="list-style-type: none"> - pH: semanal. - DBO₅: semanal - Turbidez: continuo. - Coliformes: diario. - Residual de cloro: continuo. 	<p>15 m (50 pies) a los pozos de suministro de agua potable.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Consultar los límites recomendados para metales en la agricultura. - En los sitios de riego con acceso controlado, en los que las medidas de diseño y operativas reducen significativamente el potencial de contacto del público con el agua recuperada, Podría ser aceptable un nivel de tratamiento menor, p.ej. tratamiento secundario y desinfección para obtener <14 colif. fecales/100 mL. - Podría requerirse adición de químicos (coagulante y/o polímero) antes de la filtración, para cumplir con las recomendaciones de calidad del agua. - El agua tratada no debe contener concentraciones medibles de patógenos. - El agua recuperada debe ser transparente e inodora. - Podría requerirse un residual de cloro más alto o un tiempo de contacto más largo para asegurar la inactivación o destrucción de virus y parásitos. - Podría requerirse un residual de cloro de 0.5 mg/l o mayor en el sistema de distribución, para reducir olores, algas y nuevos crecimientos bacterianos. - Asegurar la confiabilidad del tratamiento.

Tipos de reúso	Tratamiento	Calidad del Agua Recuperada (a)	Frecuencia de Monitoreo del Agua Recuperada (a)	Distancias para evitar problemas (2)	Comentarios
Riego de áreas con acceso restringido					
Criaderos de puercos, bosques y otras áreas arboladas en las que se prohíbe, restringe o es poco frecuente el acceso del público	<ul style="list-style-type: none"> - Secundario (3) - Desinfección (5) 	<ul style="list-style-type: none"> - pH = 6-9 - ≤30 mg/l DBO₅/L (6) - ≤30 mg/l SST/L - ≤200 coliformes fecales / 100 ml (8,12, 13) - ≤1 mg/L residual de cloro residual libre (10) 	<ul style="list-style-type: none"> - pH: semanal. - DBO₅: semanal - SST: diario. - Coliformes: diario. - Residual de cloro: continuo. 	<ul style="list-style-type: none"> - 300 pies (100 m) a los pozos de suministro de agua potable. - 100 pies (30 m) a áreas accesibles al público (para riego por aspersión) 	<ul style="list-style-type: none"> - Consultar los límites recomendados para cosechas agrícolas. - Si se usa riego por aspersión, los SST deben ser <30 mg/l para evitar taponamiento de los cabezales de aspersores. - Asegurar la confiabilidad del tratamiento.
Reúso agrícola (Vegetales comestibles no procesados industrialmente)					
Riego de superficie o por aspersión de cosechas alimenticias, incluyendo productos que se consumen crudos	<ul style="list-style-type: none"> - Secundario (3) - Filtración (4) - Desinfección (5) 	<ul style="list-style-type: none"> - pH = 6-9 - ≤10 mg/l DBO₅/L (6) - ≤2 NTU (7) - Coliformes fecales / 100 ml no detectables (8,9) - ≥1 mg/L residual de cloro residual libre (10) 	<ul style="list-style-type: none"> - pH: semanal. - DBO₅: semanal - Turbidez: continuo. - Coliformes: diario. - Residual de cloro: continuo. 	<ul style="list-style-type: none"> - 15 m (50 pies) a los pozos de suministro de agua potable. 	<ul style="list-style-type: none"> - Consultar los límites recomendados para cosechas agrícolas. - Podría ser necesario agregar químicos (coagulante y/o polímero) antes de la filtración para cumplir con las recomendaciones de calidad del agua. - El agua recuperada no debe tener niveles medibles de patógenos (11) - Podría requerirse un residual de cloro más alto o un tiempo de contacto más largo para asegurar la inactivación o destrucción de virus y parásitos. - Niveles altos de nutrientes podrían afectar en forma adversa algunas cosechas durante ciertas etapas del crecimiento. - Asegurar la confiabilidad del tratamiento.

Tipos de reúso	Tratamiento	Calidad del Agua Recuperada (a)	Frecuencia de Monitoreo del Agua Recuperada (a)	Distancias para evitar problemas (2)	Comentarios
Reúso agrícola (Vegetales comestibles procesados industrialmente) – Superficie de riego de huertas y viñedos					
	<ul style="list-style-type: none"> - Secundario (3) - Desinfección (5) 	<ul style="list-style-type: none"> - pH = 6-9 - ≤30 mg/l DBO₅/L (6) - ≤30 mg/l SST/L - ≤200 coliformes fecales / 100 ml (8,12,13) - ≥1 mg/L residual de cloro residual libre (10) 	<ul style="list-style-type: none"> - pH: semanal. - DBO₅: semanal - SST: diario. - Coliformes: diario. - Residual de cloro: continuo. 	<ul style="list-style-type: none"> - 100 m (300 pies) a los pozos de suministro de agua potable. - 100 pies (30 m) a áreas accesibles al público (para riego por aspersión) 	<ul style="list-style-type: none"> - Consultar los límites recomendados para cosechas agrícolas. - Si se usa riego por aspersión, los SST deben ser <30 mg/l para evitar taponamiento de los cabezales de aspersores. - Niveles altos de nutrientes podrían afectar en forma adversa algunas cosechas durante ciertas etapas del crecimiento. - Asegurar la confiabilidad del tratamiento.
Reúso agrícola (cosechas no alimenticias)					
Pasto para ganado lechero, y cosechas de forrajes, fibras y semillas.	<ul style="list-style-type: none"> - Secundario (3) - Desinfección (5) 	<ul style="list-style-type: none"> - pH = 6-9 - ≤30 mg/l DBO₅/L (6) - ≤30 mg/l SST/L - ≤200 coliformes fecales / 100 ml (8,12, 13) - ≥1 mg/L residual de cloro residual libre (10) 	<ul style="list-style-type: none"> - pH: semanal. - DBO₅: semanal - SST: diario. - Coliformes: diario. - Residual de cloro: continuo. 	<ul style="list-style-type: none"> - 100 m (300 pies) a los pozos de suministro de agua potable. - 30 m (100 pies) a áreas accesibles al público (para riego por aspersión) 	<ul style="list-style-type: none"> - Consultar los límites recomendados para cosechas agrícolas. - Si se usa riego por aspersión, los SST deben ser <30 mg/l para evitar taponamiento de los cabezales de aspersores. - Niveles altos de nutrientes podrían afectar en forma adversa algunas cosechas durante ciertas etapas del crecimiento. - El ganado lechero no debe comer pasto regado con ART antes de que pasen 15 días de efectuado el riego. En caso de que se quiera reducir este periodo, se debe proveer un nivel mayor de desinfección (≤14 coliformes fecales / 100 ml) - Asegurar la confiabilidad del tratamiento.

Tipos de reúso	Tratamiento	Calidad del Agua Recuperada (a)	Frecuencia de Monitoreo del Agua Recuperada (a)	Distancias para evitar problemas (2)	Comentarios
Depósitos recreativos					
Se permite el contacto incidental (p.ej. pesca y canotaje) y contacto de todo el cuerpo con agua recuperada	<ul style="list-style-type: none"> - Secundario (3) - Desinfección (5) 	<ul style="list-style-type: none"> - pH = 6-9 - ≤30 mg/l DBO₅/L (6) - ≤30 mg/l SST/L - ≤200 coliformes fecales / 100 ml (8,12,13) - ≥1 mg/L residual de cloro residual libre (10) 	<ul style="list-style-type: none"> - pH: semanal. - DBO₅: semanal - SST: diario. - Coliformes: diario. - Residual de cloro: continuo. 	<ul style="list-style-type: none"> - 100 m (300 pies) a los pozos de suministro de agua potable. - 30 m (100 pies) a áreas accesibles al público (para riego por aspersión) 	<ul style="list-style-type: none"> - Podría ser necesario desclorar para proteger especies acuáticas de flora y fauna. - El agua recuperada no debe irritar la piel y los ojos. - El agua recuperada debe ser transparente e inodora. - Podría ser necesario remover nutrientes para evitar crecimientos de algas. - Podría ser necesario agregar químicos (coagulante y/o polímero) antes de la filtración, para cumplir con las recomendaciones de calidad del agua. - El agua recuperada no debe tener niveles medibles de patógenos (11) - Podría requerirse un residual de cloro más alto o un tiempo de contacto mayor para asegurar la inactivación o destrucción de virus y parásitos. - Los peces capturados en depósitos recreativos se pueden comer. - Asegurar la confiabilidad del tratamiento.
Lagos paisajísticos (no recreativos)					
Pilas o lagos en los que no se permite el contacto del público con el agua recuperada	<ul style="list-style-type: none"> - Secundario (3) - Desinfección (5) 	<ul style="list-style-type: none"> - pH = 6-9 - ≤30 mg/l DBO₅/L (6) - ≤30 mg/l SST/L - ≤200 colif. fecales / 100 ml (8,12,13) - ≥1 mg/L residual de cloro residual libre (10) 	<ul style="list-style-type: none"> - pH: semanal. - DBO₅: semanal - SST: diario. - Coliformes: diario. - Residual de cloro: continuo. 	<ul style="list-style-type: none"> - 170 m (500 pies) a los pozos de suministro de agua potable (mínimo) si el fondo del lago no está bien sellado. 	<ul style="list-style-type: none"> - Podría ser necesario remover nutrientes para evitar crecimientos de algas. - Podría ser necesario desclorar para proteger especies acuáticas de flora y fauna. - Asegurar la confiabilidad del tratamiento.

Tipos de reúso	Tratamiento	Calidad del Agua Recuperada (a)	Frecuencia de Monitoreo del Agua Recuperada (a)	Distancias para evitar problemas (2)	Comentarios
Usos en la construcción					
Compactación del suelo, control de polvos, agregado para lavado, producción de concreto	<ul style="list-style-type: none"> - Secundario (3) - Desinfección (5) 	<ul style="list-style-type: none"> - ≤30 mg/l DBO₅/L (6) - ≤30 mg/l SST/L - ≤200 coliformes fecales / 100 ml (12,13, 14) - ≥1 mg/L residual de cloro residual libre (10) 	<ul style="list-style-type: none"> - DBO₅: semanal - SST: diario. - Coliformes: diario. - Residual de cloro: continuo. 		<ul style="list-style-type: none"> - Se debe minimizar el contacto de los trabajadores con el agua recuperada. - Se debe proveer un nivel mayor de desinfección (≤14 coliformes fecales / 100 ml) si es probable el contacto de los trabajadores con el agua recuperada. - Asegurar la confiabilidad del tratamiento.
Reúso industrial					
Enfriamiento de un solo paso	<ul style="list-style-type: none"> - Secundario (3) 	<ul style="list-style-type: none"> - pH = 6-9 - ≤30 mg/l DBO₅/L (5) - ≤30 mg/l SST/L - ≤200 colif. fecales /100 ml (8,12, 13) - ≥1 mg/L residual de cloro residual libre (10) 	<ul style="list-style-type: none"> - pH: semanal. - DBO₅: semanal - SST: diario. - Coliformes: diario. - Residual de cloro: continuo. 	<ul style="list-style-type: none"> - 100 m (300 pies) a áreas accesibles al público. 	<ul style="list-style-type: none"> - Las gotitas transportadas por el viento no deben llegar a áreas accesibles a los usuarios o al público.
Torres de enfriamiento con recirculación	<ul style="list-style-type: none"> - Secundario (3) - Desinfección (5) - Se podría requerir coagulación química y filtración (4) 	<ul style="list-style-type: none"> - Variable (depende de la relación de recirculación) - pH = 6-9 - ≤30 mg/l DBO₅/L (5) - ≤30 mg/l SST/L - ≤200 coliformes fecales / 100 ml (8,12,13) - ≥1 mg/L residual de cloro residual libre (10) 	<ul style="list-style-type: none"> - pH: semanal. - DBO₅: semanal - SST: diario. - Coliformes: diario. - Residual de cloro: continuo. 	<ul style="list-style-type: none"> - 100 m (300 pies) a áreas accesibles al público. Esta distancia se podría reducir o eliminar si se provee un nivel mayor de desinfección 	<ul style="list-style-type: none"> - Las gotitas transportadas por el viento no deben llegar a áreas accesibles a los usuarios o al público. - Los usuarios generalmente proveen tratamiento adicional para evitar incrustación, corrosión, crecimientos biológicos, ensuciamiento y espumado. - Asegurar la confiabilidad del tratamiento.

Tipos de reúso	Tratamiento	Calidad del Agua Recuperada (a)	Frecuencia de Monitoreo del Agua Recuperada (a)	Distancias para evitar problemas (2)	Comentarios
Reúso ambiental					
Humedales, pantanos, hábitats de vida silvestre, aumento del flujo de corrientes de agua	<ul style="list-style-type: none"> - Variable - Secundario (3) y desinfección (5) 	Variable, pero no exceder: <ul style="list-style-type: none"> - ≤30 mg/l DBO₅/L (6) - ≤30 mg/l SST/L - ≤200 coliformes fecales / 100 ml (8,12,13) 	<ul style="list-style-type: none"> - DBO₅: semanal - SST: diario. - Coliformes: diario. - Residual de cloro: continuo. 	<ul style="list-style-type: none"> - 100 m (300 pies) a los pozos de suministro de agua potable. - 100 pies (30 m) a áreas accesibles al público (para riego por aspersión) 	<ul style="list-style-type: none"> - Podría ser necesario desclorar para proteger especies acuáticas de flora y fauna. - Se deben evaluar posibles efectos sobre el agua subterránea. - <Los requerimientos de calidad del cuerpo receptor podrían hacer necesario un tratamiento adicional. - La temperatura del agua recuperada no debe afectar los ecosistemas en forma adversa. - Asegurar la confiabilidad del tratamiento.
Recarga de acuíferos					
Recarga por aspersión o inyección a acuíferos que no se usan para suministro de agua potable	<ul style="list-style-type: none"> - Específico para el sitio y dependiente del uso. - Trat. 1ario. (mínimo) para aspersión. - Trat. 2ario. (3) (mínimo) para inyección. 	<ul style="list-style-type: none"> - Específico para el sitio y dependiente del uso. 	<ul style="list-style-type: none"> - Depende del tratamiento y el uso. 	<ul style="list-style-type: none"> - Específico para el sitio 	<ul style="list-style-type: none"> - El diseño de la recarga debe asegurar que el agua recuperada no llegue a los acuíferos que se usan para suministro de agua potable. - Para proyectos de aspersión, podría ser necesario tratamiento secundario para evitar taponamientos. - Para proyectos de inyección, podrían requerirse filtración y desinfección adicionales, para evitar taponamientos. - Asegurar la confiabilidad del tratamiento.

Tipos de reúso	Tratamiento	Calidad del Agua Recuperada (a)	Frecuencia de Monitoreo del Agua Recuperada (a)	Distancias para evitar problemas (2)	Comentarios
Reúso potable indirecto					
Recarga por aspersión a acuíferos que se usan para suministro de agua potable	<ul style="list-style-type: none"> - Secundario (3) y desinfección (5). - Podría requerirse también filtración (4) y/o tratam. avanzado (15). 	<ul style="list-style-type: none"> - Cumplir con los estándares para agua potable después de percolación a través de una zona vadosa. 	<ul style="list-style-type: none"> Incluye, pero no se limita a lo siguiente: - pH: diario. - Coliformes: diario. - Residual de cloro: continuo. - Estándares para agua potable: trimestralmente. - Otros (16): depende de los componentes. - DBO₅: semanal - Turbidez: continuo. 	<ul style="list-style-type: none"> - 170 m (500 pies) a los pozos de extracción. La distancia podría variar, dependiendo del tratamiento provisto y de las condiciones específicas del lugar. 	<ul style="list-style-type: none"> - La profundidad del nivel freático debe ser de 2 metros (6 pies) o más en el punto máximo de elevación del agua subterránea. - El agua recuperada se debe retener por lo menos 6 meses en el subsuelo antes de su extracción. - El tratamiento recomendado es específico para el lugar y depende de factores tales como: tipo de suelo, velocidad de percolación, profundidad del nivel freático, calidad del agua subterránea y dilución. - Se requieren pozos de monitoreo para detectar el efecto de la recarga en el agua subterránea. - El agua recuperada no debe tener niveles medibles de patógenos después de percolación a través de una zona vadosa (11). - Asegurar la confiabilidad del tratamiento.
Recarga por inyección a acuíferos que se usan para suministro de agua potable	<ul style="list-style-type: none"> - Secundario (3) - Filtración (4) - Desinfección (5) - Tratamiento avanzado (15). 	<ul style="list-style-type: none"> Incluye, pero no se limita a: - pH = 6.5-8.5 - ≤2 UTN (7) - Coliformes totales no detectables (8,9) - ≥1 mg/L residual de cloro residual libre (10) - ≤3 mg/L COT - ≤0.2 mg/L TOX - Cumplir con los estándares para agua potable. 	<ul style="list-style-type: none"> Incluye, pero no se limita a: - pH: diario. - Turbidez: continuo. - Coliformes totales: diario. - Residual de cloro: continuo. - Estándares para agua potable: trimestralmente. - Otros (16): depende de los componentes. 	<ul style="list-style-type: none"> - 650 m (2,000 pies) a los pozos de extracción. La distancia podría variar, dependiendo de las condiciones específicas del lugar. 	<ul style="list-style-type: none"> - El agua recuperada se debe retener por lo menos 9 meses en el subsuelo antes de su extracción. - Se requieren pozos de monitoreo para detectar la influencia de operación de recarga en el agua subterránea. - Se debe cumplir con los límites recomendados de calidad en el punto de inyección. - El agua recuperada no debe tener niveles medibles de patógenos en el punto de inyección (11). - Podría requerirse un residual de cloro más alto o un tiempo de contacto más largo para asegurar la inactivación o destrucción de virus. - Asegurar la confiabilidad del tratamiento.

Tipos de reúso	Tratamiento	Calidad del Agua Recuperada (a)	Frecuencia de Monitoreo del Agua Recuperada (a)	Distancias para evitar problemas (2)	Comentarios
Aumento del flujo de corrientes superficiales	<ul style="list-style-type: none"> - Secundario (3) - Filtración (4) - Desinfección (5) - Tratamiento avanzado (15). 	Incluye, pero no se limita a: <ul style="list-style-type: none"> - pH = 6.5-8.5 - ≤ 2 UTN (7) - Coliformes totales no detectables (8,9) - ≥ 1 mg/L residual de cloro residual libre (10) - ≤ 3 mg/L COT - Cumplir con los estándares para agua potable. 	Incluye, pero no se limita a: <ul style="list-style-type: none"> - pH: diario. - Turbidez: continuo. - Coliformes totales: diario. - Residual de cloro: continuo. - Estándares para agua potable: trimestralmente. - Otros (16): depende de los componentes. 	<ul style="list-style-type: none"> - Depende de las condiciones específicas del lugar. 	<ul style="list-style-type: none"> - El nivel recomendado de tratamiento depende de las condiciones específicas del lugar y de otros factores (calidad del agua receptora, tiempo y distancia del punto de extracción, dilución y tratamiento subsecuente antes de distribución para uso potable). - El agua recuperada no debe tener niveles medibles de patógenos. - Podría requerirse un residual de cloro más alto o un tiempo de contacto más largo para asegurar la inactivación o destrucción de virus. - Asegurar la confiabilidad del tratamiento.

- (1) A menos que se indique otra cosa, los límites de calidad recomendados para el agua recuperada se deben cumplir en el punto de descarga de la planta de tratamiento. (Adaptado de un documento de la Agencia de Protección Ambiental de los EEUU, 2004).
- (2) Se recomiendan estas distancias para proteger las fuentes de abastecimiento de agua potable contra la contaminación y para proteger la salud humana contra riesgos no razonables debidos a la exposición al agua recuperada.
- (3) Los procesos de tratamiento secundario incluyen: lodos activados en sus diferentes modalidades, filtros percoladores y contactores biológicos rotatorios, y –eventualmente- pilas de estabilización. El tratamiento secundario debe producir efluentes con DBO_5 y SST ≤ 30 mg/l.
- (4) La filtración consiste en el paso de las aguas residuales a través de suelos no perturbados naturales o medios filtrantes tales como arena y/o antracita o telas filtrantes, microfiltros u otros procesos de membranas.
- (5) La desinfección significa la destrucción, inactivación, o remoción de microorganismos patógenos por métodos químicos, físicos o biológicos. La desinfección se puede lograr por adición de cloro y otros desinfectantes químicos, ozonación, radiación ultravioleta, procesos de la membrana y otros métodos. La cloración puede combinarse con otros procesos de desinfección.
- (6) Demanda bioquímica de oxígeno a cinco días.
- (7) El límite recomendado de turbiedad no debe exceder en ningún momento de 5 UTN aguas arriba del punto de desinfección. Si se miden los SST en lugar de la turbiedad, éstos no deben ser >5 mg/l.
- (8) A menos que se indique otra cosa, los límites recomendados de coliformes aplican a los valores medios para los últimos siete días en que se han realizado análisis. Se pueden utilizar las técnicas de filtro de membrana o de tubo de fermentación.
- (9) El número de organismos coliformes fecales no debe exceder 14/100 ml en ninguna muestra.
- (10) El residual de cloro se debe obtener después de un tiempo mínimo de contacto de 30 minutos.
- (11) Es recomendable caracterizar completamente la calidad microbiológica del agua recuperada antes de la implementación de un proyecto de reúso.
- (12) Los coliformes fecales no deben exceder de 800 NMP/100 mL en ninguna muestra.
- (13) Algunos sistemas de pilas de estabilización pueden poder cumplir con este límite de coliformes sin desinfección.
- (14) Los vegetales comestibles procesados industrialmente son los que, antes de venta al público se someten a procesos químicos o físicos que destruyan los patógenos.

- (15) *Los procesos avanzados de tratamiento de aguas residuales incluyen: clarificación química, adsorción en carbón activado, ósmosis inversa y otros procesos de membranas como ultrafiltración, e intercambio iónico.*
- (16) *El monitoreo debe incluir compuestos inorgánicos y orgánicos potencialmente tóxicos, carcinógenos, teratogénicos, o mutagénicos que no se incluyen en los estándares para agua potable.*

Apéndice E
Capítulo segundo del Título Séptimo “Prevención y Control de la Contaminación de las Aguas” del Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales

Reúso del Agua

ARTÍCULO 344.- Los Programas Hídrico Nacional y Regionales incluirán subprogramas para el uso eficiente y ahorro del agua con inclusión de los proyectos y acciones que resulten necesarios al efecto, el plazo para realizarlos y en su caso, el costo de su realización, así como aquellos que deberán elaborar y adoptar las personas físicas o morales que usen, exploten o aprovechen aguas nacionales y descarguen aguas residuales a cuerpos receptores de propiedad nacional.

Los subprogramas de uso eficiente y ahorro del agua, serán acordes y se sustentarán en el diagnóstico de la oferta y la demanda del recurso hídrico, de las fuentes de abastecimiento, y contendrán las metas anuales a cumplir.

En los programas hídricos que formulen las entidades federativas, se procurará el establecimiento de subprogramas como los señalados.

Las autoridades federales, estatales o municipales, a las que corresponda el ejercicio de atribuciones o el cumplimiento de obligaciones en materia del manejo, protección y control del recurso hídrico considerarán los programas y subprogramas a que se refiere este artículo.

ARTÍCULO 345.- Las personas que se señalan en el artículo anterior, adoptarán las medidas de uso eficiente y ahorro del agua, que establezca "la Autoridad del Agua" en las concesiones o asignaciones que les otorgue, de conformidad con los programas y plazos que en ellas señale.

Las personas a las que conforme a "la Ley" corresponde la prestación de los servicios públicos de agua potable, drenaje, alcantarillado y tratamiento y disposición de aguas residuales presentarán a "la Autoridad del Agua", con sus solicitudes de concesión o asignación a un programa de Uso Eficiente y Ahorro del Agua.

Dicho programa se aprobará al expedirse el título correspondiente, fijándose a través de él metas anuales, para reducir las pérdidas en cada sistema de drenaje o alcantarillado urbano o municipal, tomando en consideración el volumen de agua a utilizar y las inversiones para alcanzarlas, debiendo los asignatarios informar semestralmente sobre sus avances en el cumplimiento del mismo.

ARTÍCULO 346.- Los concesionarios o asignatarios podrán reutilizar las aguas residuales provenientes del uso, aprovechamiento o explotación de los volúmenes materia de los títulos que se les otorguen, en actividades primarias y secundarias, cuando sus procesos técnicos y económicos lo permitan y siempre que hayan cumplido con las normas de calidad del agua respectivas y no se afecten derechos de terceros inscritos o reconocidos sobre dichas aguas.

“La Comisión”, determinará a través de la Resolución de carácter General que emita los casos y proyectos en los que se podrán reutilizar las aguas citadas.