


<b>Acuerdo de Junta Directiva del AyA</b>		
<b>Sesión No.</b> 2016-078 Ordinaria	<b>Fecha de Realización</b> 21/Dec/2016	<b>Acuerdo No.</b> 2016-543
<b>Artículo</b> 3.2-Especificación técnica para desalinización y potabilización de agua marina. Parte 1 Requisitos mínimos generales. Memorando PRE-2016-01160.		
<b>Atención</b> Dirección Normativa y Control, Ministerio de Ambiente y Energía, Ministerio de Economía, Industria y Comercio,		
<b>Asunto</b> Aprobación: "Especificación técnica para desalinización y potabilización de agua marina. Parte I: Requisitos mínimos generales"		<b>Fecha Comunicación</b> 12/Jan/2017

**JUNTA DIRECTIVA  
INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS**

En atención al memorando PRE-2016-01160 y con fundamento en el marco de competencias que le asisten al Instituto, establecidas en la Ley N°2726, en cuanto a aprobación de planos constructivos para sistemas de agua potable y tratamiento de aguas residuales y lo dispuesto en el Decreto N° 34211-S-MINAE-TUR publicado en el Diario Oficial La Gaceta del viernes 11 de enero del 2008, que entre otros aspectos indica: "Declárese de interés nacional y de alta prioridad los proyectos de iniciativa pública o privada que promuevan procesos de desalinización del agua marina para su posterior aprovechamiento para el consumo humano, riego y demás usos del recurso hídrico."; esta Junta Directiva aprueba la "Especificación Técnica para desalinización y potabilización de agua marina. Parte I: Requisitos mínimos generales. Serie: AyA -2010-01".

**INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS**

**ESPECIFICACIÓN TÉCNICA**

**SERIE: AyA – 2010 - 01**

**Especificación técnica para desalinización y potabilización de agua marina**

**Parte I: Requisitos mínimos generales**

**Desalinización y potabilización de agua marina**

**Parte I - Requisitos mínimos generales**

**1 Objeto y campo de aplicación**

La presente especificación establece requisitos técnicos mínimos generales para la desalinización y potabilización de agua marina, aplicable a los proyectos de iniciativa pública o privada cuyo fin último es el abastecimiento de agua potable para consumo humano.

Estos requisitos brindan el marco técnico-normativo conceptual y metodológico, orientador de la ejecución de proyectos de iniciativa pública o privada y son la base para la revisión y aprobación de estos proyectos por AyA.

Lo anterior no restringe la iniciativa ni la aplicación del conocimiento técnico de los profesionales involucrados en la conceptualización del diseño, ni la incorporación de nuevos productos o tecnologías, siempre que tales propuestas se formulen de conformidad con las buenas prácticas en ingeniería y cumpliendo con la legislación nacional que rige el ejercicio profesional.

Todo proyecto que se someta al AyA y que difiera de lo establecido en el presente documento, debe incluir la justificación y razonamiento técnico en el que se sustenta cada proceso, aspecto o requerimiento que sea distinto a lo especificado, también debe incluir el detalle descriptivo y gráfico para el caso de los procesos; lo anterior será valorado por una comisión técnica institucional nombrada por la Gerencia General de AyA para tales efectos,

la cual a partir del informe técnico de la comisión, resolverá si el proyecto se acepta con los cambios propuestos.

El AyA, a través del encargado del área funcional que aprueba los proyectos o de la comisión nombrada por la Gerencia General, estará facultada para solicitar información o documentación técnica adicional o complementaria inherente al proyecto, cuando técnicamente corresponda y dentro del ámbito de competencia institucional; lo anterior, en favor de la protección de la vida humana y del ambiente y para salvaguardar la infraestructura pública existente.

## 2 Términos y definiciones

- 2.1 Adsorción: es el proceso mediante el cual los átomos, iones o moléculas son atrapados o retenidos en la superficie de un material. Es decir, es un proceso en el cual un contaminante soluble (adsorbato) es eliminado del agua mediante el contacto con una superficie sólida (adsorbente).
- 2.2 Aguas de rechazo ó concentrado: es el flujo que posee una concentración mayor de solutos o partículas comparado con el agua de alimentación; para procesos de tratamiento de agua para consumo humano con dispositivos que funcionan a presión como las membranas, el concentrado es un flujo que no permea la membrana y es considerado de desecho. Algunas veces recibe también el nombre de salmuera.
- 2.3 Ajuste de pH: es el proceso mediante el cual se adicionan los reactivos necesarios para ajustar el pH del agua, a niveles que cumplan con el Reglamento para Calidad de Agua Potable, y que a su vez evite contar con un agua agresiva que pueda producir corrosiones o incrustaciones en la red.
- 2.4 Balance de masa: contabilización de todos los materiales que entran, salen, se acumulan o se agotan en un intervalo de operación dado y en el proceso de tratamiento estudiado.
- 2.5 Carbono orgánico total: es la cantidad de carbono unido a un compuesto orgánico y se usa como un indicador no específico de la calidad del agua. Se mide por la cantidad de dióxido de carbono que se genera al oxidar la materia orgánica en condiciones especiales.
- 2.6 Caudal: cantidad de fluido que pasa por determinado elemento en la unidad de tiempo especificada.
- 2.7 Caudal de diseño: cantidad de fluido con el cual se diseñan los equipos, dispositivos y estructuras de un sistema determinado.
- 2.8 Caudal máximo diario: consumo máximo durante veinticuatro horas, observado en un período de un año, sin tener en cuenta las demandas contra incendio que se hayan presentado.
- 2.9 Caudal máximo horario: consumo máximo durante una hora, observado en un período de un año, sin tener en cuenta las demandas contra incendio que se hayan presentado.
- 2.10 Caudal mínimo en actividades de mantenimiento: caudal promedio que se utiliza para alguna actividad de mantenimiento preventivo y/o correctivo, sin que exista una salida de operación del sistema en general.
- 2.11 Caudal para otros usos: caudal promedio que se utiliza en actividades distintas al abastecimiento para consumo humano, entre ellas: riego, comercial, especial (instalaciones recreativas, contra incendio, otros), etc..
- 2.12 Caudal promedio: consumo medio durante veinticuatro horas, obtenido como el promedio de los consumos diarios en un período de un año.
- 2.13 Coagulación: proceso mediante el cual se desestabiliza o anula la carga eléctrica de las partículas presentes en una suspensión, mediante la acción de una sustancia coagulante para su posterior aglomeración en el floculador.
- 2.14 Dalton: unidad de masa equivalente a 1/12 de la masa de un átomo de carbono-12 o una unidad de masa atómica.
- 2.15 Desinfección: proceso mediante el cual se adiciona un agente físico o químico para destruir los microorganismos patógenos, capaces de producir enfermedades y que pueden utilizar el agua como vehículo pasivo.
- 2.16 Diagrama de flujo: representación gráfica de las operaciones unitarias del proceso de tratamiento, a través de símbolos con significados definidos para los elementos del diagrama y de un flujo de

ejecución mediante flechas, en este último se conecten las operaciones desde el inicio y hasta el fin, según la secuencia que sigue el proceso.

- 2.17 Diámetro nominal: es la designación del tamaño comercial del diámetro de una tubería, el valor real del diámetro externo o del diámetro interno de la tubería puede ser mayor o inferior a dicho valor.
- 2.18 Difusor: es un dispositivo diseñado para optimizar la dispersión de forma que maximice la disolución de un fluido en otro.
- 2.19 Dotación bruta: cantidad mínima de agua para satisfacer las necesidades básicas de un habitante sin considerar las pérdidas que ocurran en el sistema de conducciones, en el sistema de distribución de agua potable, en los bombeos y en los tanques de almacenamiento y/o compensación; expresada en términos de litro por habitante por día o dimensiones equivalentes.
- 2.20 Dotación neta: cantidad de agua asignada a una población o a un habitante para su consumo en la unidad de tiempo especificada, considerando las pérdidas en el sistema de acueductos; expresada en términos de litro por habitante por día o dimensiones equivalentes.
- 2.21 Filtración lecho filtrante: es el proceso mediante el cual se remueven partículas en suspensión, utilizando lechos de arena graduada o dual (arena y antracida) y mecanismos de adherencia: fuerzas de Van der Waals, fuerzas electroquímicas y puente químico.
- 2.22 Filtración por cartuchos: proceso mediante el cual a través de cartuchos o tubos se logra la remoción de partículas con diámetros nominales entre 1 a 25 micrómetros.
- 2.23 Flotación: proceso mediante el cual se logra la formación de partículas aglutinadas o flóculos, este proceso es inmediato a la coagulación.
- 2.24 Gradiente osmótico natural: tiene lugar cuando dos soluciones se ponen en contacto a través de una membrana semipermeable (membrana que deja pasar las moléculas de disolvente pero no las de los solutos), las moléculas del disolvente se difunden, pasando habitualmente desde la solución con menor concentración de solutos a la de mayor concentración. A este fenómeno se le denomina ósmosis. Al ocurrir la ósmosis, se crea un diferencial de presión en ambos lados de la membrana semipermeable, la presión o gradiente osmótico.
- 2.25 Golpe de ariete: fenómeno hidráulico de tipo dinámico oscilatorio, causado por la interrupción violenta del flujo en una tubería, ya sea por el cierre rápido de una válvula o por el apagado del sistema de bombeo, que da lugar a la transformación de la energía cinética en energía elástica, tanto en el flujo como en la tubería, produciendo sobre elevación de la presión, subpresiones y cambios en el sentido de la velocidad del flujo.
- 2.26 Hidrofílico: con afinidad al agua.
- 2.27 Hidrofóbico: sin afinidad al agua.
- 2.28 Hojas de seguridad del material (Material Safety Data Sheet, MSDS): Documentos obtenidos o desarrollados por fabricantes de químicos e importadores concernientes a cada uno de los químicos peligrosos que ellos producen o importan, describiendo la información para un transporte, manipulación y uso seguro.
- 2.29 Índice de densidad de sedimentos (IDS): es un indicativo de la cantidad de materia particulada en el agua, también puede utilizarse para determinar la eficacia de procesos utilizados para eliminar partículas, entre ellos filtración o clarificación. Este índice se ha correlacionado empíricamente con la tendencia al atascamiento, de los equipos o dispositivos utilizados en el tratamiento de agua con ósmosis inversa. La norma ASTM D 4189 detalla un método para determinar este indicador, el cual es conocido por sus siglas en inglés como "IDS".
- 2.30 Índice de estabilidad de Stiff & Davis (conocido por sus siglas en inglés como "S&DSI"): índice calculado, generalmente, aplicado a aguas con concentraciones de sólidos disueltos totales (SDT) mayores a 10 000 mg/l, indicando la tendencia de la solución a disolver (valor negativo), precipitar (valor positivo) o estar en equilibrio (valor igual a cero) con el carbonato de calcio.
- 2.31 Índice de saturación de Langelier (ISL): índice calculado que indica la tendencia de una solución a disolverse (valor negativo), a precipitar (valor positivo) o a estar en equilibrio (valor igual a cero) con el carbonato de calcio. Este índice es conocido por sus siglas en inglés como "LSI".

- 2.32 Inhibidor de corrosión: es el proceso mediante el cual se adicionan los reactivos necesarios para proteger las paredes internas de las tuberías contra la corrosión, de forma que se genere una reacción que crea una superficie de protección alrededor de las paredes de la tubería.
- 2.33 Limpieza CEB (conocida por sus siglas en inglés como “CEB”): retrolavado químico mejorado.
- 2.34 Línea de costa: nivel mínimo en baja mar para rango de mareas en sicigias.
- 2.35 Mareas vivas o de sicigia: cuando la posición de los tres astros, sol, luna, tierra se encuentran sobre una misma línea se suman las fuerzas de atracción de la luna y el sol, por lo que se producen las pleamares de mayor valor y en consecuencia las bajamares son más bajas que las promedio.
- 2.36 Membrana: material diseñado para remover sólidos (solubles o suspendidos) que son rechazados por el sistema mediante el retrolavado o un flujo concentrado y que produce un flujo que contiene menos solutos o partículas (el producto, filtrado o permeado).
- 2.37 Microfiltración: proceso mediante el cual a través de cartuchos o tubos para la remoción de partículas con diámetros nominales hasta 0,04 micrómetros.
- 2.38 Número de Froude: relaciona las fuerzas de inercia con las fuerzas de gravedad las cuales actúan sobre un fluido.
- 2.39 Ósmosis inversa: es el proceso mediante el cual se transporta agua de una solución que posee una alta concentración de sales a otra solución, que posee una concentración baja de sales. Lo anterior, se realiza a través de una membrana y en contra del gradiente osmótico natural, aplicando presión a la solución más concentrada.
- 2.40 Oxidación: es el proceso mediante el cual se eliminan los elementos y compuestos reductores que pueden estar presentes en el agua, especialmente si es de origen subterráneo. Se emplea para eliminar sustancias orgánicas, hierro ferroso y manganeso divalente y el sulfuro de hidrógeno.
- 2.41 Paso de sales o solutos: para el caso de las ósmosis inversa, se refiere a la concentración de sales o solutos específicos en el flujo permeado dividido por la concentración en el agua de ingreso al sistema, expresado como un porcentaje.
- 2.42 Período de diseño (horizonte de diseño): tiempo para el cual se diseña un sistema o los componentes de éste, y durante el cual la capacidad del sistema o componente permite atender la demanda proyectada para este tiempo.
- 2.43 Permeabilidad: es la relación entre el flujo de la membrana y la presión transmembrana, es una tasa de flujo corregida por temperatura. La unidad de medición es  $L/m^2 \cdot h$ , dividida entre las unidades de presión.
- 2.44 Permeado: el agua que pasa a través de la membrana.
- 2.45 Postratamiento: durante esta fase se se corrigen principalmente la dureza y alcalinidad bajas o se en el agua, previo a ser distribuida. Lo anterior, depende de la calidad obtenida del agua producto del tratamiento por ósmosis inversa
- 2.46 Presión transmembrana (TMP): diferencial de presión (kPA o mca) entre el agua de ingreso a la membrana y el filtrado o permeado.
- 2.47 Pretratamiento: durante esta fase se remueven sedimentos como partículas, material coloidal y biológico, que puedan saturar las membranas utilizadas durante el proceso de ósmosis inversa.
- 2.48 Pruebas de tratabilidad: pruebas que se aplican para recopilar información suficiente para determinar las variaciones estacionales (al menos un año) e identificar los parámetros de calidad de una determinada fuente de agua cruda: turbiedad y/o color, coliformes termotolerantes, conteo de algas.
- 2.49 Recuperación: la razón del caudal producido al caudal de ingreso.
- 2.50 Remineralización: es el proceso mediante el cual se logra aumentar la dureza y la alcalinidad del agua hasta valores que procuran un índice de saturación (LSI) igual o próximo a cero, en equilibrio con la atmósfera.
- 2.51 Retrolavado: operación en la que un flujo de agua es dirigido a través de un medio filtrante, en una dirección de flujo opuesta a la de flujo normal del sistema, con el fin de remover los sólidos

recolectados en la superficie de filtración.

- 2.52 Sedimentación: proceso mediante el cual se remueven partículas discretas por acción de la fuerza de la gravedad.
- 2.53 Sólidos totales disueltos (TDS): material residual que permanece después de filtrar el material suspendido de una solución a través de un filtro estándar de fibra de vidrio y evaporando el filtrado a un estado seco a 180 °C. Expresado usualmente en mg/l.
- 2.54 Solute (salino): es la concentración de sales en el flujo permeado entre la concentración de esas partículas en el flujo de alimentación, expresado como un porcentaje.
- 2.55 Tratamiento: durante esta fase se lleva a cabo la desalación del agua marina a través de ósmosis inversa.
- 2.56 Tren: una de las unidades de membranas instaladas en paralelo, que comparten equipos auxiliares como bombes de agua de entrada o retrolavado, sistemas de aire y otros.
- 2.57 Ultrafiltración: proceso mediante el cual a través de cartuchos o tubos para la remoción de partículas con diámetros nominales hasta 0,01 micrómetros.
- 2.58 Vida útil: tiempo estimado de funcionamiento del equipo o componente de un sistema, sin que sea necesaria la sustitución del mismo; en este tiempo solo se requieren labores de mantenimiento para su adecuado funcionamiento.
- 2.59 Volumen de lecho: razón entre el volumen de agua tratada y el volumen del medio adsorbente (conocido en el idioma inglés como "Bed Volumes" y por sus siglas "BV").

### 3 Siglas

A continuación se enlistan algunas de las organizaciones y las abreviaturas vinculadas con la ejecución de contratos de obra pública:

ASTM: American Society for Testing Materials.  
 CE: Conductividad eléctrica.  
 COD: Carbono orgánico disuelto.  
 COT: Carbono orgánico total.  
 DBO: Demanda bioquímica de oxígeno.  
 DQO: Demanda química de oxígeno.  
 IDS: Índice de densidad de sedimentos.  
 IES&D: Índice de estabilidad de Stiff & Davis.  
 ISL: Índice de saturación de Langelier.  
 PTM: Presión transmembrana.  
 SDT: Sólidos disueltos totales.  
 SST: Sólidos suspendidos totales.  
 UNT: Unidades nefelométricas de turbiedad.

### 4 Requisitos técnicos

#### 4.1 Requisitos generales

##### 4.1.1 Caracterización del proyecto de desalinización y potabilización

El diseño propuesto debe incluir un documento técnico descriptivo firmado por el o los profesionales responsables, con al menos lo siguiente:

- total de habitantes que serán abastecidos con agua potable y período de diseño,
- dotación (litros/persona/día),
- caudal de agua de alimentación ( l/s) y su temperatura (°C),
- caudal de agua producida de calidad potable (l/s),
- presión de operación a la entrada de cada proceso (pretratamiento, tratamiento y de postratamiento y en puntos de bombeo (kPa o mca),
- rechazo salino (nombre y composición de los elementos o sustancias que lo caracterizan),
- detalle explicativo y gráfico de cada proceso (pretratamiento, tratamiento, postratamiento

almacenamiento o distribución y tratamiento y disposición de aguas de rechazo o de aguas residuales) y caracterización de los parámetros o criterios en los que sustenta la selección de cada proceso. Se deben indicar los valores esperados de cada uno de los parámetros que caracterizan el agua al inicio y al final de cada proceso,

- memorias de cálculo según disposiciones detalladas en el **anexo 1**,
- planos técnico-constructivos según disposiciones detalladas en el **anexo 2**, y
- manuales de operación y mantenimiento según disposiciones detalladas en el **anexo 3**.

En relación con los materiales de los que están fabricados los distintos elementos, componentes, equipos o productos que forman parte o están incorporados en los procesos para la desalinización y potabilización del agua de alimentación, considerando que los mismos pueden ser sujeto de corrosión o pueden adicionar sustancias o partículas al agua al entrar en contacto con ésta en alguna fase del proceso; el diseño debe contemplar el uso de materiales que no representen afectación alguna a la salud humana en el agua producida para consumo humano.

Para cada proceso o componente contemplado en el diseño, el diseñador deberá valorar la inclusión de sistemas de respaldo o redundancia, según las condiciones de servicio, en caso de que el diseño propuesto los contemple, se deben incorporar dentro del detalle explicativo y gráfico de cada proceso. El diseñador también, debe verificar que las presiones generadas por una onda transitoria, no afecten los dispositivos o el equipamiento (tuberías, accesorios, membranas, etc.) seleccionado en cada proceso.

#### 4.1.2 Agua de alimentación

Se debe presentar la caracterización del agua marina a ser tratada, cuya composición determina el diseño de los procesos de pretratamiento, tratamiento y postratamiento para la desalinización y potabilización del agua marina y para la selección del tipo de membrana a utilizar donde corresponde su uso (**ver anexo 5 informativo**). Se recomienda la verificación de los parámetros que se detallan en el **anexo 6 (informativo)**, según el diseño propuesto.

#### 4.1.3 Agua de calidad potable

El agua marina una vez sometida a los procesos de desalinización y potabilización contemplados en el diseño propuesto, debe cumplir con las regulaciones establecidas en el "Reglamento para la Calidad del Agua Potable" vigente en el país; el cual entre otros aspectos, define los valores de alerta y máximos admisibles para los parámetros físicos, químicos y microbiológicos para el agua potable, a fin de garantizar su inocuidad y que no dañe la salud de la población que es abastecida.

#### 4.1.4 Agua residual

El agua residual producto de los procesos contemplados en el diseño y cualquier otro residuo líquido generado durante los procesos de desalinización o potabilización, debe cumplir con lo establecido en la legislación nacional que le aplique y especialmente con el Reglamento de vertido y uso de aguas residuales vigente.

### 4.2 Captación y conducción

Se debe especificar la vida útil y el horizonte diseño para cada componente que forme parte de la infraestructura de captación.

El diseño de la infraestructura de captación debe considerar las características marinas y geomorfológicas de la zona donde se construirán las obras. Se recomienda la verificación de lo siguiente:

- geomorfología y perfil batimétrico de los fondos marinos,
- distribución del tamaño de las partículas de los sedimentos de la superficie del fondo marino,
- altura de los sedimentos en suspensión debido a corrientes,
- acción de corrientes, oleaje y presión sobre las estructuras de captación y conducción,
- elevación potencial máxima del nivel del mar a largo plazo, generados por las mareas y las condiciones climáticas,
- condiciones generados por cambio climático,
- condiciones ambientales tales como: salinidad, temperatura, flora, fauna y organismos de incrustación,
- riesgos asociados a posibles contaminantes de origen antropogénico que inciden en la calidad del agua cruda, entre ellos: hidrocarburos, materia orgánica, sustancias tensoactivas (detergentes), elementos nutrientes y microorganismos aportados por las aguas residuales urbanas y ganaderas, metales pesados, compuestos organohalogenados, sustancias sólidas, entre otros,
- riesgos asociados a los procesos constructivos, y

- riesgos asociados al ambiente corrosivo del agua marina, principalmente en lo relativo a la selección de materiales en las estructuras de toma, tuberías, válvulas, etc.

#### **4.2.1 Captación por bocatoma de agua marina**

##### **4.2.1.1 Ubicación en planta**

Se debe indicar la georeferenciación del punto donde se ubicará la bocatoma, en coordenadas CRTM05 la ubicación del sitio de captación. También se debe presentar un mapa a escala 1:5000, en donde se muestre la ubicación de dicho punto con respecto a la línea de costa, a la ubicación de la planta desalinizadora y a la infraestructura existente en la zona.

La descarga de la salmuera de la línea de desfogue no debe generar contaminación en el flujo de ingreso a la bocatoma.

##### **4.2.1.2 Perfil gradiente hidráulico**

Se debe indicar y cuantificar las pérdidas de energía (ya sea locales o por fricción) que se generen en la captación, de forma que se muestre el perfil del gradiente hidráulico a lo largo de todos los elementos que conforman la captación desde la bocatoma hasta la entrada al sistema de tratamiento.

#### **4.2.2 Captación por toma superficial**

##### **4.2.2.1 Ubicación en elevación**

Se debe detallar el tipo de estructura de bocatoma, su dimensionamiento y ubicación respecto al fondo marino y a los niveles máximos y mínimos del océano. Indicando como referencia el nivel de línea de costa para rango de mareas en sicigias.

El diseño debe tomar en consideración posibles impactos o afectaciones propias de la zona, tales como: condiciones de navegación en el sitio de la bocatoma, oleaje extremo, calidad del agua marina y entrada de sedimentos, entre otros.

##### **4.2.2.2 Estabilidad externa de la estructura**

Se deben indicar los componentes estructurales necesarios para la colocación y sujeción de la estructura de bocatoma, de forma que se garantice la estabilidad externa de la estructura ante factores como deslizamiento, volcamiento, asentamiento, flotación u otros.

Se deben considerar los efectos de las variaciones de las mareas y oleaje, así como los posibles efectos a largo plazo que puedan ser generados por el cambio climático, según corresponda.

##### **4.2.2.3 Punto de ingreso del agua marina**

La estructura de toma debe ser diseñada para minimizar el ingreso y/o captura de la vida marina.

Se debe especificar la velocidad máxima a través de las barras o pantallas que conforman la captación, la cual debe estar en un rango de 0,10 m/s a 0,15 m/s, ambos inclusive.

Se debe especificar la apertura o espaciamiento de las pantallas o barras que conforman la captación.

Los cálculos hidráulicos para la determinación de la capacidad de la bocatoma, se deben considerar las variaciones hidráulicas en los elementos de la captación, que puedan derivarse del crecimiento marino adherido a dichos elementos, que incluya al menos la reducción en la apertura o espaciamiento entre barras o pantallas.

#### **4.2.3 Captación por toma subsuperficial**

##### **4.2.3.1 Ubicación en elevación**

Se debe detallar el dimensionamiento y ubicación, respecto al fondo marino y a los niveles máximos y mínimos del océano. Indicando como referencia el nivel de línea de costa

##### **4.2.3.2 Tuberías de recolección**

Se debe presentar la configuración, dimensionamiento y ubicación de las tuberías encargadas de recolectar el agua filtrada a través del lecho marino.

Para el caso en que sea una única línea de tubería de recolección, el detalle de configuración deberá indicar al menos: diámetro, material, longitud total, longitud de tramo de recolección, así como el dimensionamiento, la

geometría y ubicación de las pantallas, rejillas o aperturas del tramo de recolección.

Para el caso en que se utilicen varias líneas de tuberías de recolección, se deberá incluir la ubicación y detalle de los puntos de interconexión entre tramos de tuberías, indicando para cada tramo la información desglosada anteriormente

Todos los materiales que se incorporen de forma permanente en la construcción de las tuberías de recolección, deben ser resistentes al ambiente corrosivo del agua marina.

#### 4.2.3.3 Galerías de infiltración

En caso de que el diseño contemple galerías de infiltración, se debe indicar la cantidad, configuración, granulometría y dimensionamiento de las galerías de infiltración a instalar en el lecho marino.

Se debe detallar el dimensionamiento y ubicación, respecto al fondo marino y condiciones del nivel del mar, puntos críticos mínimo y máximo tomando como referencia el nivel de costa.

La galería de infiltración en el lecho marino debe ser diseñada para afrontar eventos tales como tormentas marinas, terremotos, acumulación de sedimentos, crecimiento de algas, y contaminaciones de carácter antropogénico.

Se debe calcular el tiempo de retención hidráulico a través de los sistemas de filtración en el lecho marino.

### 4.2.4 Conducción

#### 4.2.4.1 Ubicación en planta y perfil

Se debe indicar la ubicación de la tubería desde el punto de bocatoma hasta la entrada al sistema de pretratamiento. Debe incluir para la tubería, la planimetría en escala 1:500 y altimetría en escala 1:500, con una relación de la escala vertical a horizontal de 1 a 10.

Se debe detallar la ubicación de la tubería con respecto al perfil topográfico a lo largo de toda la conducción.

El detalle de la tubería de conducción deberá indicar al menos: diámetros, material, distribución, longitud total y velocidad del flujo.

#### 4.2.4.2 Rectificación de parámetros hidráulicos

Para los cálculos hidráulicos para la determinación de la capacidad de las tuberías de conducción, se deben considerar las variaciones hidráulicas en los elementos de la captación que puedan derivarse del crecimiento marino adherido a dichos elementos, que incluya al menos la reducción en el diámetro interno de la tubería y la variación en el coeficiente de rugosidad de la tubería.

Se debe considerar los efectos de las variaciones en temperatura y salinidad.

Se deben indicar y cuantificar las pérdidas de energía (ya sea locales o por fricción) que se generen en la captación, de forma que se muestre el perfil del gradiente hidráulico a lo largo de todos los elementos que conforman la captación desde la bocatoma hasta la entrada al sistema de tratamiento.

Todos los materiales que se incorporen de forma permanente en la construcción de la línea de conducción, deben ser resistentes al ambiente corrosivo del agua marina.

Se deben considerar los efectos de las variaciones de las mareas y oleaje, así como los posibles efectos a largo plazo que puedan ser generados por el cambio climático, según corresponda.

#### 4.2.4.3 Sobrepresiones

Se debe considerar el impacto por trasientes hidráulicos para el dimensionamiento y especificación de los elementos que conforman la tubería de conducción.

### 4.3 Fase de Pretratamiento

El o los procesos de pretratamiento que se seleccionen a criterio del diseñador, con base en la calidad del agua marina en cuanto a la concentración de sales, sustancias químicas, microorganismos patógenos o contaminantes que se encuentren presentes, según origen del agua y emplazamiento de la captación, deben especificar al menos los criterios o parámetros que a continuación se detallan para cada caso.

En caso de que se seleccionen procesos de pretratamiento no incluidos en el presente documento, se debe incluir un detalle descriptivo y gráfico del proceso y la justificación técnica que sustenta su selección; de igual forma se debe cumplir con lo establecido en el apartado **4.1 "Requisitos generales"**.



### 4.3.1 Oxidación

#### 4.3.1.1 General

El diseño propuesto debe incluir un detalle explicativo y gráfico de la configuración del sistema de oxidación, según los elementos que lo integran.

Se debe indicar el agente químico seleccionado para la oxidación e incluir la ficha técnica del producto y un esquema con la información que se detalla en el **anexo 4 (a)**.

Cuando se oxida con aire u oxígeno, se debe incluir un detalle gráfico de la unidad mecánica (compresor) o hidráulica (tipo cascada) seleccionada.

Cuando se utilice una unidad mecánica, se deben calcular e indicar los valores de los siguientes parámetros: cantidad de oxidante que se incorpora al caudal a tratar y presión del flujo; además, se debe incluir la configuración electromecánica y de control.

Cuando se utilice una unidad hidráulica (tipo cascada), se debe calcular e indicar el gradiente hidráulico que se produce.

#### 4.3.1.2 Balsa de oxidación precipitación

Se debe indicar el tiempo de retención hidráulico y la velocidad de salida.

#### 4.3.1.3 Purga de lodos

El diseño propuesto debe cumplir con lo especificado en el **anexo 4 (d)**.

### 4.3.2 Coagulación

#### 4.3.2.1 General

El diseño propuesto debe indicar el coagulante y/o polímero seleccionado e incluir la ficha técnica del producto y un esquema con la información que se detalla en el **anexo 4 (a)**.

Se deben calcular e indicar los valores de los siguientes parámetros: la concentración y el caudal a dosificar.

#### 4.3.2.2 Floculación

Se debe presentar el detalle explicativo y gráfico del proceso para lograr la formación del "floc", cuando la floculación responda a una operación continua, el sistema debe contar con redundancia.

Se deben calcular e indicar los gradientes hidráulicos y el tiempo de recorrido en cada tramo.

#### 4.3.2.3 Purga de lodos

El diseño propuesto debe cumplir con lo especificado en el **anexo 4(d)**.

### 4.3.1 Sedimentación

#### 4.3.1.1 General

El diseño propuesto debe incluir un detalle explicativo y gráfico de la configuración del sistema de sedimentación, según los elementos que lo integran.

Se deben calcular e indicar los valores de los siguientes parámetros: la carga superficial teórica en l/m<sup>2</sup>/d, el área de sedimentación y la velocidad de salida del agua decantada en m/s.

#### 4.3.1.2 Acumulación de lodos

Se debe indicar la cantidad de lodo que se estima será acumulado entre ciclos de descarga de lodos, según el diseño propuesto, y aplicar dicho valor como criterio de diseño de la tolva.

Se debe evitar la resuspensión de los lodos, para lo cual debe incluirse en el diseño un área de transición entre la tolva y las lamelas.

#### 4.3.1.3 Decantación

Se deben calcular e indicar los valores de los siguientes parámetros: la velocidad de salida y el aporte en l/s/m del sistema de decantación. La tasa de desfogue debe estar entre 1,1 a 3,3 l/s por metro de longitud de vertedero (se conoce también como tasa de diseño de vertederos), para evitar la resuspensión de los flóculos.

Se debe indicar la tasa de decantación ( $m^3/m^2*d$ ).

#### 4.3.1.4 Purga de lodos

El diseño propuesto debe cumplir con lo especificado en el **anexo 4(d)**.

### 4.3.2 Flotación

#### 4.3.2.1 General

El diseño propuesto debe incluir un detalle explicativo y gráfico de la configuración del sistema de flotación según los elementos que lo integran, incluido el sistema de recolección de sólidos.

Se deben calcular e indicar los valores de los siguientes parámetros: el caudal a tratar y la concentración de los diferentes sólidos a remover.

#### 4.3.2.2 Purga de lodos

El diseño propuesto debe cumplir con lo especificado en el **anexo 4 (d)**.

### 4.3.3 Filtración lecho filtrante

#### 4.3.3.1 General

El diseño propuesto debe incluir un detalle explicativo y gráfico de la configuración del sistema de filtración, según los elementos que lo integran.

Se deben calcular e indicar los valores de los siguientes parámetros: el caudal a tratar, la tasa de filtración, el área de filtración y la tasa máxima de infiltración ( $m^3/m^2*d$ ).

Se deben indicar los espesores de cada capa de filtración y de la capa de soporte, según el diseño propuesto y las características de los materiales en cada caso.

#### 4.3.3.2 Material filtrante

Se debe indicar el material de cada capa de filtración y para cada tipo se deben calcular e indicar los siguientes parámetros: granulometría, coeficiente de esfericidad, diámetro promedio 10% (D10) y diámetro promedio 90% (D90).

El detalle explicativo debe indicar el sistema propuesto para remoción de turbiedad y color.

#### 4.3.3.3 Retrolavado (con agua o aire)

Se deben calcular e indicar los valores de los siguientes parámetros: la pérdida de carga (metros de columna de agua) a través del material filtrante, velocidad de descarga en el retrolavado y la frecuencia de lavado.

Se debe incluir un detalle gráfico con el dimensionamiento de las válvulas.

#### 4.3.3.4 Recolección de agua filtrada

Se debe presentar el detalle explicativo y gráfico del proceso para recolección de agua filtrada, según los elementos que lo integran.

#### 4.3.3.5 Purga de lodos

El diseño propuesto debe cumplir con lo especificado en el **anexo 4 (d)**.

### 4.3.4 Filtración por cartuchos

#### 4.3.4.1 General

El diseño propuesto debe incluir un detalle explicativo y gráfico de la configuración del sistema de filtración, según los elementos que lo integran.

Se deben calcular e indicar los valores de los siguientes parámetros: el caudal permeado por unidad de membrana de área ( $l/m^2*h$ ), la presión transmembrana (TMP), la presión de operación, la presión máxima de operación y la presión diferencial para el inicio de los retrolavados, en kPa o mca.

Se recomienda consultar al fabricante sobre el parámetro de la caída de presión para el inicio de los retrolavados.

#### 4.3.4.2 Permeabilidad de la membrana

Se debe calcular e indicar la permeabilidad en  $l/m^2 \cdot h/kPa$ , entendida como la relación entre el flujo de la membrana y la presión transmembrana.

#### 4.3.4.3 Retrolavado

El diseño propuesto debe incluir un detalle explicativo y gráfico de la configuración del sistema de retrolavado incluido el sistema de control de automatización del retrolavado, según los elementos que lo integran. El diseño debe cumplir con lo especificado en el **anexo 4 (b)**.

Se debe realizar el retrolavado químico mejorado de conformidad con lo establecido en el **anexo 4 (c)**.

#### 4.3.4.4 Remoción de sólidos

Se debe indicar el porcentaje de remoción de sólidos, calculando el IDS a la entrada y a la salida del sistema de membranas.

El diseño propuesto debe permitir alcanzar el valor esperado de remoción ó IDS con un nivel de confianza del 90%, para valores promedios que cumplen con una distribución normal.

Para utilizar los cartuchos, la turbiedad debe ser superior a 20 UNT, sostenida por mas de un mes. El diseño propuesto debe ser capaz de eliminar entre un 60 a 80% la turbiedad y microorganismos (COT < 6 mg/L, Carbono Orgánico Total).

#### 4.3.4.5 Remoción de orgánicos

Se debe indicar el porcentaje de remoción de orgánicos.

El diseño propuesto debe permitir alcanzar el valor esperado de remoción con un nivel de confianza del 90%, para valores promedios que cumplen con una distribución normal.

El efluente debe tener una calidad de agua con una turbidez de 0,05 UNT.

### 4.3.5 Desinfección

#### 4.3.5.1 General

El diseño propuesto debe cumplir con lo establecido en el apartado de 4.5.4 "Desinfección" (Fase de Postratamiento), en lo que corresponda.

### 4.3.6 Adsorción

#### 4.3.6.1 General

El diseño propuesto debe incluir un detalle explicativo y gráfico de la configuración del sistema de adsorción, según los contaminantes sujetos a remoción.

Para cada medio adsorbente seleccionado, se debe indicar la capacidad de adsorción (masa de contaminante removido/masa del adsorbente) para la calidad de agua a tratar.

En caso de ser necesaria la dosificación de algún producto en el agua que se está tratando, se debe cumplir con lo especificado en el **anexo 4 (a)**.

#### 4.3.6.2 Medio adsorbente

Para cada medio adsorbente, se debe indicar el nombre de los contaminantes que serán sometidos a remoción y, los parámetros para el dimensionamiento y configuración del medio, según los valores recomendados por el fabricante.

Se debe presentar la ficha técnica del material adsorbente a utilizar en el proceso. Se recomienda la verificación de los parámetros que se detallan en el anexo 7 (informativo), según el diseño propuesto.

El material adsorbente debe estar contenido dentro de un recipiente que no adicione sustancias al agua que alteren la calidad del agua tratada. Debe contener al menos un mecanismo de acceso, para carga del medio e inspección del recipiente y del medio, de forma tal que permita y facilite la operación y mantenimiento del contenedor.

En caso de recipientes presurizados, éstos deben resistir las presiones de diseño y sobre presiones a las que estará sometido el sistema.

### 4.3.7 Microfiltración o Ultrafiltración

#### 4.3.7.1 General

El diseño propuesto debe incluir un detalle explicativo y gráfico de la configuración del sistema seleccionado, sea el de microfiltración o el de ultrafiltración o ambos, según los elementos que lo integran.

Se debe presentar la ficha técnica de la membrana seleccionada para microfiltración o ultrafiltración, y para cada una se deben calcular e indicar los valores de los siguientes parámetros: el caudal permeado por unidad de membrana de área ( $l/m^2 \cdot h$ ), la presión transmembrana (TMP), la presión de operación, la presión máxima de operación y la presión diferencial para el inicio de los retrolavados, en kPa o mca.

#### 4.3.7.2 Permeabilidad de la membrana

Se debe calcular e indicar la permeabilidad en  $l/m^2 \cdot h/kPa$ , entendida como la relación entre el flujo de la membrana y la presión transmembrana.

#### 4.3.7.3 Retrolavado

El diseño propuesto debe incluir un detalle explicativo y gráfico de la configuración del sistema de retrolavado incluido el sistema de control de automatización del retrolavado, según los elementos que lo integran. El diseño propuesto debe cumplir con lo especificado en el **anexo 4 (b)**.

Se debe realizar el retrolavado químico mejorado de conformidad con lo establecido en el **anexo 4 (c)**.

#### 4.3.7.4 Composición del agua

Se debe indicar la calidad del agua resultante, y para cada parámetro en su composición, el diseño propuesto debe permitir alcanzar el valor esperado con un nivel de confianza del 99%, para valores promedios que cumplen con una distribución normal.

#### 4.3.7.5 Remoción de sólidos

Se debe indicar para el diseño propuesto, el porcentaje de remoción de sólidos, calculando el IDS a la entrada y a la salida del sistema de membranas.

El diseño propuesto debe permitir alcanzar el valor esperado de remoción ó IDS con un nivel de confianza del 90%, para valores promedios que cumplen con una distribución normal.

#### 4.3.7.6 Remoción de orgánicos

Se debe indicar para el diseño propuesto, el porcentaje de remoción de orgánicos. El diseño propuesto debe permitir alcanzar el valor esperado de remoción con un nivel de confianza del 90%, para valores promedios que cumplen con una distribución normal.

#### 4.3.7.7 Sistema para agua con presencia de algas

Si la composición del agua de entrada presenta contenido de algas, que pueda generar concentraciones de 2mg/l de algas en el agua a tratar, durante siete días consecutivos o más, deberá incluir un sistema para la eliminación de las algas, previo al tratamiento con membranas.

#### 4.3.7.8 Corrección de flujo por temperatura

Se recomienda evaluar la aplicación de un factor de corrección al flujo de agua de entrada según su temperatura, de conformidad con lo indicado en el siguiente cuadro:

Cuadro 1. Factor de corrección por temperatura	
Valor promedio mínimo mensual (°C)	Factor de corrección (%)
5	55
10	30
15	15
20	0

25	-10
----	-----

Fuente: Desalination engineering planning and design.

#### 4.4 Fase de Tratamiento

En caso de que se seleccionen procesos de tratamiento no incluidos en el presente documento, se debe presentar un detalle descriptivo y gráfico del proceso y la justificación técnica que sustenta su selección; de igual forma se debe cumplir con lo establecido en el apartado **4.1 “Requisitos generales”**.

##### 4.4.1 Ósmosis inversa

###### 4.4.1.1 General

Durante el proceso de tratamiento por ósmosis inversa, la membrana y demás productos que estén en contacto con el agua a depurar, no deben incorporar sustancias tóxicas en cantidades que sean perjudiciales para la salud de las personas, o en cantidades que superen el valor máximo permisible para cada parámetro analizado.

El diseño propuesto debe incluir un detalle explicativo y gráfico de la configuración del sistema de ósmosis inversa, según los elementos que lo integran.

Se debe presentar la ficha técnica de la membrana a utilizar en el proceso y la ficha técnica del contenedor presurizado para las membranas.

Se recomienda la verificación de los parámetros que se detallan en el anexo 8 (informativo), según el diseño propuesto con base en la configuración de la membrana seleccionada.

Se deben indicar los valores de los siguientes parámetros:

- la presión que soporta la membrana, dicho valor debe ser superior a la presión a la que estará sometida la membrana bajo condiciones de servicio según el diseño propuesto;
- la temperatura (o rango) a la que la membrana puede operar, sin que se presente afectación estructural por variaciones de temperatura bajo condiciones de servicio.

###### 4.4.1.2 Condiciones de servicio

Los parámetros que sean considerados en el diseño y cualquier otro valor determinante de las condiciones de servicio del sistema de tratamiento, se deben incluir en el detalle explicativo y gráfico del proceso de ósmosis inversa. Se recomienda la verificación de los parámetros que se detallan en el **anexo 9 (informativo)**.

###### 4.4.1.3 Retrolavado y limpieza de membranas

El diseño propuesto debe incluir un detalle explicativo y gráfico de la configuración del sistema de retrolavado incluido el sistema de control de automatización del retrolavado y e el sistema de limpieza de membranas, según los elementos que lo integran. El diseño propuesto debe cumplir con lo especificado en el **anexo 4 (b)**.

Se debe realizar el retrolavado químico mejorado de conformidad con lo establecido en el **anexo 4 (c)**.

En caso de que se aplique lavado en sitio, se deben indicar los valores de los siguientes parámetros: frecuencia máxima y mínima de lavado y el caudal y la concentración a dosificar para cada producto químico que será utilizado.

###### 4.4.1.4 Dosificación de productos químicos

El diseño propuesto para dosificar con los productos químicos requeridos, debe incluir un esquema detallando al menos lo siguiente:

- configuración del o los dosificadores a instalarse en línea, incluidos los sensores y reguladores de medición; y
- elementos que conforman el sistema de automatización y monitoreo, indicando la presión de entrada y de salida y el caudal aportado de manera instantánea.

Todos los productos químicos utilizados en los procesos de desalinización y potabilización, deben cumplir con la reglamentación nacional que les aplica.

#### **4.5 Fase de Postratamiento**

El o los procesos de postratamiento que se seleccionen a criterio del diseñador, con base en la calidad del agua desalinizada, deberán especificar al menos los criterios o parámetros que se detallan dentro de este apartado.

En caso de que se seleccionen procesos de pretratamiento no incluidos en el presente documento, se debe incluir un detalle descriptivo y gráfico del proceso y la justificación técnica que sustenta su selección; de igual forma se debe cumplir con lo establecido en el apartado **4.1 “Requisitos generales”**.

Todo proceso que incluya la adición de un agente químico al agua en cualquier etapa del postratamiento, debe contemplar y detallar los elementos, equipos o mecanismos necesarios para que la dosificación y la concentración aplicada, permita producir agua de calidad potable, según la legislación aplicable.

##### **4.5.1 Remineralización**

###### **4.5.1.1 General**

En caso de que se aplique el proceso de remineralización, se debe presentar una caracterización del agua de entrada en cuanto a los elementos o compuestos que la constituyen, es decir los valores esperados de las concentraciones en el agua desalinizada.

Se deberá indicar para el diseño propuesto, la concentración que estará presente en el agua posttratada al final del proceso, para las siguientes elementos o compuestos: Alk (mg CaCO<sub>3</sub>/L), HCO<sub>3</sub> (mg/L), Ca<sup>2+</sup> (mg/L) y del CO<sub>2</sub> (mg/L); así como el pH y el ISL y cualquier otro elemento o compuesto que se le adicione al permeado producto del proceso de desalinización, como parte de la remineralización. Estas concentraciones deberán cumplir con la legislación nacional aplicable.

En caso de que se seleccionen procesos de remineralización no incluidos en el presente documento, se deberá presentar un detalle explicativo y gráfico del proceso, la caracterización de los componentes que lo integran y los parámetros en los que sustenta la selección de todos los elementos contemplados en el diseño del postratamiento; para tales efectos, se debe cumplir con los requisitos que se detallan a continuación según el proceso seleccionado.

###### **4.5.1.1.1 Remineralización por mezcla de agua**

###### **4.5.1.1.1.1 General**

El diseño propuesto debe incluir un detalle explicativo y gráfico de la configuración del sistema de remineralización por mezcla de agua, según los elementos que lo integran.

Se debe calcular e indicar la proporción de los caudales a mezclar (diseño de mezcla) y presentar la caracterización del agua de mezcla que se le adicionará al agua tratada por ósmosis inversa, así como la caracterización del agua después de la mezcla; lo anterior, en cuanto a los elementos o compuestos que la constituyen con el detalle de las concentraciones para cada caso. Estas concentraciones deberán cumplir con la legislación nacional aplicable. Mezclado

Se debe presentar un detalle explicativo y gráfico del proceso de mezclado, así como el dimensionamiento y caracterización de cada uno de sus componentes (tanque, cámara de mezcla, etc.) y los parámetros de diseño aplicados.

En caso de definirse un tiempo de contacto, deberá indicarse en la información de los parámetros de diseño.

###### **4.5.1.1.2 Remineralización química**

###### **4.5.1.1.2.1 Por agente químico**

###### **4.5.1.1.2.1.1 General**

El diseño propuesto debe incluir un detalle explicativo y gráfico de la configuración del sistema de remineralización por agente químico, según los elementos que lo integran.

Se debe indicar el agente químico seleccionado e incluir la ficha técnica del producto y un esquema detallando al

menos lo siguiente:

- configuración del o los dosificadores a instalarse en línea, incluidos los sensores y reguladores de medición; y
- elementos que conforman el sistema de automatización y monitoreo, indicando la presión de entrada y de salida y el caudal aportado de manera instantánea.

Se deben calcular e indicar los valores de los siguientes parámetros: la concentración y el caudal a dosificar según el agente químico seleccionado.

En caso de requerirse dosificación de CO<sub>2</sub> para alcanzar el objetivo de remineralización, se debe incluir la ficha técnica respectiva y se debe calcular e indicar la dosificación de CO<sub>2</sub> en función de la alcalinidad del agua permeada de ósmosis inversa.

#### 4.5.1.1.2.1.2 Almacenamiento

El diseño propuesto debe incluir un detalle explicativo y gráfico de la configuración del área de almacenamiento para el agente químico utilizado y para el CO<sub>2</sub> si éste es requerido; incluir su dimensionamiento y localización, según el caudal a tratar y condiciones de seguridad aplicables a su trasiego, manipulación y almacenamiento; lo anterior incluye los dispositivos o sistema de movilización para contenedores que superen la carga máxima de transporte manual, según la regulación nacional vigente.

El área de dosificación del producto debe contar con espacios adecuados para su trasiego, ubicación de accesorios, equipos, etc. El área debe considerar el espacio y las condiciones de almacenamiento mínimas, que no afecten la calidad del producto y que permitan contar con la reserva estimada según condiciones de servicio.

#### 4.5.1.1.2.2 Por lechos filtrantes de calcita

##### 4.5.1.1.2.2.1 General

El diseño propuesto debe incluir un detalle explicativo y gráfico de la configuración del sistema por lechos filtrantes de calcita, según los elementos que lo integran.

Se debe indicar la geometría y configuración de los lechos filtrantes y los siguientes parámetros: número de lechos, el caudal máximo por módulo, el sentido de la filtración y la velocidad del flujo. Se debe indicar el tiempo de contacto con el lecho, estableciendo las correcciones o ajustes de temperatura cuando se requieran; en general se debe valorar los requerimientos de retrolavado que se ajusten a este proceso de remineralización.

En caso de requerirse dosificación de CO<sub>2</sub> para alcanzar el objetivo de remineralización, se debe incluir la ficha técnica respectiva y se debe calcular e indicar los siguientes parámetros: la concentración y el caudal a dosificar, la velocidad del agua en la tubería de inyección, la presión diferencial y, el tiempo de contacto entre el agua y el gas y entre el punto de inyección y la entrada a los lechos.

En relación con el CO<sub>2</sub>, se debe incluir un esquema detallando al menos lo siguiente:

- configuración del o los dosificadores a instalarse en línea, incluidos los sensores y reguladores de medición; y
- elementos que conforman el sistema de automatización y monitoreo, indicando la presión de entrada y de salida y el caudal aportado de manera instantánea.

##### 4.5.1.1.2.2.2 Material filtrante

Se debe indicar el material filtrante según los elementos o compuestos que lo constituyen, e indicar los siguiente parámetros: el tipo de calcita según su nivel de pureza, peso específico, granulometría y material insoluble.

##### 4.5.1.1.2.2.3 Almacenamiento

El diseño propuesto debe incluir un detalle explicativo y gráfico de la configuración del área de almacenamiento para el material filtrante utilizado y para el CO<sub>2</sub> si éste es requerido; incluir su dimensionamiento y localización, según el caudal a tratar y condiciones de seguridad aplicables a su trasiego, manipulación y almacenamiento; lo anterior incluye los dispositivos o sistema de movilización para contenedores que superen la carga máxima de transporte manual, según la regulación nacional vigente.

El área de dosificación del producto debe contar con espacios adecuados para su trasiego, ubicación de accesorios, equipos, etc.

El área debe considerar el espacio y las condiciones de almacenamiento mínimas, que no afecten la calidad del material filtrante ni del producto a dosificar y que permita contar en cada caso con la reserva estimada según condiciones de servicio.

#### 4.5.1.1.2.3 Por inyección de lechada de cal

##### 4.5.1.1.2.3.1 General

El diseño propuesto debe incluir un detalle explicativo y gráfico de la configuración del sistema por inyección de lechada de cal, según los elementos que lo integran.

Se debe incluir la ficha técnica de la cal ((Ca(OH)<sub>2</sub>)) y se deben indicar los siguientes parámetros: granulometría, cantidad de residuo inerte, densidad a granel, el caudal a dosificar en el agua permeada por ósmosis inversa y el valor o concentración máxima esperada en el agua permeada.

El diseño propuesto para la dosificación de la cal, debe incluir un esquema detallando al menos lo siguiente:

- configuración del o los dosificadores a instalarse en línea, incluidos los sensores y reguladores de medición; y
- elementos que conforman el sistema de automatización y monitoreo, indicando la presión de entrada y de salida y el caudal aportado de manera instantánea, en función del CE25 (conductividad eléctrica a 25 °C o el pH).

##### 4.5.1.1.2.3.2 Almacenamiento

El diseño propuesto debe incluir un detalle explicativo y gráfico de la configuración del área de almacenamiento para la cal; incluir su dimensionamiento y localización, según el caudal a tratar y condiciones de seguridad aplicables a su trasiego, manipulación y almacenamiento; lo anterior incluye los dispositivos o sistema de movilización para contenedores que superen la carga máxima de transporte manual, según la regulación nacional vigente.

El área de dosificación del producto debe contar con espacios adecuados para su trasiego, ubicación de accesorios, equipos, etc.

El área debe considerar el espacio y las condiciones de almacenamiento mínimas, que no afecten la calidad de la cal y que permita contar en cada caso con la reserva estimada según condiciones de servicio.

##### 4.5.1.1.2.3.3 Mezclado

Se debe presentar un detalle explicativo y gráfico del proceso de mezclado, así como del dimensionamiento de cada uno de sus componentes (tanque, cámara de mezcla, etc.) y los parámetros de diseño aplicados.

En caso de definirse un tiempo de contacto, deberá indicarse en la información de los parámetros de diseño.

##### 4.5.1.1.2.3.4 Decantación (saturación)

El diseño propuesto debe incluir un detalle explicativo y gráfico de la configuración del sistema de decantación, según los elementos que lo integran.

Se deben indicar los parámetros aplicados al diseño propuesto, ello incluye el volumen del contenedor y la velocidad ascensional.

Se debe adicionar un diagrama de flujo de las tuberías que lo integran, con un detalle técnico de las tuberías y de sus accesorios.

## 4.5.2 Ajuste de pH

### 4.5.2.1 General

El diseño propuesto debe incluir un detalle explicativo y gráfico de la configuración del sistema de ajuste del pH por agente químico, según los elementos que lo integran. Se debe indicar el agente químico seleccionado para incrementar el pH y alcanzar un ISL positivo e incluir la ficha técnica del producto.

Se deben calcular e indicar los valores de los siguientes parámetros: la concentración y el caudal a dosificar.



En caso de que el diseño propuesto para la fase de postratamiento no incluya la aplicación de un agente químico, para incrementar el pH y mantener el ISL positivo, también debe presentar la justificación técnica que sustente el diseño propuesto sin la aplicación de este proceso.

El diseño propuesto para dosificar con el agente químico requerido, debe incluir un esquema detallando al menos lo siguiente:

- configuración del o los dosificadores a instalarse en línea, incluidos los sensores y reguladores de medición; y
- elementos que conforman el sistema de automatización y monitoreo, indicando la presión de entrada y de salida y el caudal aportado de manera instantánea.

#### 4.5.2.2 Almacenamiento

El diseño propuesto debe incluir un detalle explicativo y gráfico de la configuración del área de almacenamiento para el agente químico utilizado, si éste fue incluido en el diseño propuesto; detallando su dimensionamiento y localización, según el caudal a tratar y condiciones de seguridad aplicables a su trasiego, manipulación y almacenamiento; lo anterior incluye los dispositivos o sistema de movilización para contenedores que superen la carga máxima de transporte manual, según la regulación nacional vigente.

El área de dosificación del producto debe contar con espacios adecuados para su trasiego, ubicación de accesorios, equipos, etc.

El área debe considerar el espacio y las condiciones de almacenamiento mínimas, que no afecten la calidad del producto químico y que permita contar en cada caso con la reserva estimada según condiciones de servicio.

#### 4.5.3 Inhibidor de corrosión

##### 4.5.3.1 General

El diseño propuesto debe incluir un detalle explicativo y gráfico de la configuración del sistema de que permita la aplicación de un inhibidor de corrosión, según los elementos que lo integran. Se debe indicar el agente que actúa como inhibidor de corrosión e incluir la ficha técnica del producto.

Se deben calcular e indicar los valores de los siguientes parámetros: la concentración y el caudal a dosificar.

En caso de que el diseño propuesto para la fase de postratamiento no incluya la aplicación de un agente químico que actúa como inhibidor de corrosión, también deberá presentar la justificación técnica que sustente el diseño propuesto sin la aplicación de este proceso.

El diseño propuesto para dosificar con el agente químico requerido, debe incluir un esquema detallando al menos lo siguiente:

- configuración del o los dosificadores a instalarse en línea, incluidos los sensores y reguladores de medición; y
- elementos que conforman el sistema de automatización y monitoreo, indicando la presión de entrada y de salida y el caudal aportado de manera instantánea.

##### 4.5.3.2 Almacenamiento

El diseño propuesto debe incluir un detalle explicativo y gráfico de la configuración del área de almacenamiento para el agente químico utilizado, si éste fue incluido en el diseño propuesto; detallando su dimensionamiento y localización, según el caudal a tratar y condiciones de seguridad aplicables a su trasiego, manipulación y almacenamiento; lo anterior incluye los dispositivos o sistema de movilización para contenedores que superen la carga máxima de transporte manual, según la regulación nacional vigente.

El área de dosificación del producto debe contar con espacios adecuados para su trasiego, ubicación de accesorios, equipos, etc.

El área debe considerar el espacio y las condiciones de almacenamiento mínimas, que no afecten la calidad del producto químico y que permita contar en cada caso con la reserva estimada según condiciones de servicio.

#### 4.5.4 Desinfección

#### 4.5.4.1 General

El diseño propuesto para la desinfección u oxidación, independientemente si se realiza mediante cloración, ozono, dióxido de cloro o rayos ultravioleta, debe especificar el agente químico e incluir la ficha técnica del producto.

Se deben calcular e indicar los valores de los siguientes parámetros: la concentración, el caudal a dosificar y la frecuencia de dosificación y, el valor residual según tiempo de contacto y punto de aplicación. Los valores definidos incluido el residual, deben garantizar que el agua tratada para el consumo de la población sea inocua a la salud humana, de conformidad con el Reglamento para la Calidad del Agua Potable vigente.

En lo relativo a dosificación, el diseño propuesto debe cumplir con lo especificado en el **anexo 4(a)**. Cuando el diseño incluya procesos de desinfección, éstos deben asegurar la remoción de bacterias, virus y parásitos presentes en el agua.

Todos los productos químicos utilizados en los procesos de potabilización primarios y secundarios, deben cumplir con la reglamentación nacional que les aplica.

#### 4.5.4.2 Cloración

Para el proceso de cloración, el diseño debe incluir dispositivos de alternabilidad para asegurar el suministro continuo del producto, se acepta el uso de los siguientes:

- cloro gaseoso almacenado en cilindros presurizados; para el que se debe indicar la tasa máxima de extracción a utilizar y el valor residual en la línea de distribución,
- hipoclorito de sodio (líquido); y
- hipoclorito de calcio.

Se debe incluir como parte del sistema de cloración, la medición de cloro residual a la salida del sistema. Se recomienda verificar la velocidad de salida del cloro en el cilindro, para evitar que se produzcan bajas temperaturas a un punto de congelación.

#### 4.5.4.3 Ozono

Para el proceso con ozono, el sistema propuesto debe incluir redundancia en el sistema de energía eléctrica y, se debe utilizar un producto secundario para la desinfección que permita alcanzar el valor residual establecido. Se debe presentar la especificación y ficha técnica de este producto secundario.

#### 4.5.4.4 Dióxido de cloro

Para el proceso con dióxido de cloro, considerando su naturaleza explosiva, se debe establecer una concentración inferior al 10% en el aire y se recomienda su producción in situ.

#### 4.5.4.5 Rayos ultravioleta

Para el proceso con rayos ultravioleta en lo relativo al agua sometida a desinfección, el diseño debe permitir que la misma circule en las proximidades de la fuente de rayos ultravioleta, en una corriente del menor espesor posible. El agua debe estar libre de sustancias que puedan absorber la luz y de materias orgánicas suspendidas que interpongan una sombra a los organismos contra la luz; adicionalmente, se debe utilizar un producto secundario para la desinfección que permita alcanzar el valor residual establecido. Se debe presentar la especificación y ficha técnica de este producto secundario.

#### 4.5.4.2 Almacenamiento

El diseño propuesto debe incluir un detalle explicativo y gráfico de la configuración del área de almacenamiento del o los productos químicos seleccionados, su dimensionamiento y localización, según el caudal a tratar y condiciones de seguridad aplicables a su trasiego, manipulación y almacenamiento; lo anterior incluye los dispositivos o sistema de movilización para contenedores que superen la carga máxima de transporte manual, según la regulación nacional vigente.

El área de dosificación de cada producto debe contar con espacios adecuados para su trasiego, ubicación de accesorios, balanzas, etc. El área debe considerar el espacio y las condiciones de almacenamiento mínimas, que no afecten la calidad del producto y que permitan contar con la reserva estimada según condiciones de servicio.

## 4.6 Tratamiento de las aguas de rechazo

### 4.6.1 General

En caso de que se seleccionen procesos de descarga no incluidos en el presente documento, se debe incluir un

detalle explicativo y gráfico del proceso, la caracterización de los componentes que lo integran y los parámetros o criterios en los que sustenta la selección de todos los elementos contemplados en el proceso de descarga. De igual forma se debe cumplir con lo establecido en el apartado 4.1 "Requisitos generales".

#### **4.6.2 Toma de muestras**

##### **4.6.2.1 General**

Se debe incluir una cámara para la toma de muestras, en un sitio previo a la descarga del vertido al cuerpo receptor; lo anterior para verificación de la calidad del vertido.

#### **4.6.3 Descarga del vertido**

##### **4.6.3.1 Por difusor individual**

###### **4.6.3.1.1 General**

Si la descarga del vertido se realiza a través de un solo difusor, el ángulo de descarga debe establecerse considerando la profundidad donde se coloca el difusor; dicha profundidad debe estar referida al mínimo de mareas según siglita, cumpliendo con lo siguiente:

- para 30 °, la profundidad mínima debe ser de 1,4m,
- para 45°, la profundidad mínima debe ser de 0,8 m y
- para 60°, la profundidad mínima debe ser de 0,78 m.

En todos los casos el número de Froude debe ser mayor a 20.

##### **4.6.3.2 Por difusores múltiples**

###### **4.6.3.2.1 General**

Si la descarga del vertido se realiza a través de difusores múltiples, la separación debe ser de al menos de 2,0 metros entre los difusores. El número de Froude, debe ser superior a 20.

Si se utiliza una configuración tipo "roseta", deben tener un ángulo en planta de 45 grados y en el vertical un ángulo de 60 grados (**ver anexo 9 informativo**).

##### **4.6.3.3 Por canales**

###### **4.6.3.3.1 General**

Si la descarga del vertido se realiza a través de canales, el diseño debe cumplir con los parámetros y criterios establecidos para un sistema pluvial (colectores y pozos de registro), con una velocidad de descarga no mayor a 5,0 m/s, y con estructura para evitar socavación, tales como: dados, pantalla de concreto deflectora, etc.

Si se utilizan canales para la descarga sin sistema de seguridad para transeúntes, éstos no deben tener una altura de lámina de agua superior a 20 cm, ni una velocidad mayor a 2,0 m/s. El canal deberá ser de concreto estructural. Si el canal tiene dispositivos de seguridad, tales como mallas, losas de protección, el diseño estará regido por velocidad máxima a 5,0 m/s, pero deberá incluir un dispositivo de disipación de energía y velocidad.

##### **4.6.3.4 Por estaciones de bombeo**

###### **4.6.3.4.1 General**

Si la descarga incorpora estaciones de bombeo, se debe valorar la incorporación de un sistema de respaldo o redundancia. Adicionalmente, se debe incluir un cisterna para un tiempo de retención de 15 minutos.

#### **4.6.4 Obras complementarias**

##### **4.6.4.1 General**

Cuando el proyecto de desalinización se tramite de forma independiente al desarrollo inmobiliario, se requerirá previo pronunciamiento del INVU en relación a los siguientes puntos:

- alineamiento geométrico horizontal y vertical de acceso al sitio de la planta desalinizadora; y
- niveles de terraza y ubicación de taludes producto del movimiento de tierras previsto.

En lo relativo a la recolección, traslado y disposición de aguas pluviales, aplican las normas técnicas emitidas por AyA.

#### **4.7 Disposiciones complementarias**

**4.7.1** En relación el sitio de ubicación de las obras de captación y conducción del agua de mar, de disposición de agua residual y aguas de rechazo y de la planta de tratamiento, le corresponderá en competencia a la institución respectiva.

**4.7.2** Supletoriamente, son de aplicación los requisitos técnicos establecidos por AyA en normas o reglamentación técnica para diseño y construcción de sistemas de abastecimiento de agua potable o de saneamiento, aunque no se citen de forma explícita en este documento.

#### **5 Anexos**

5.1 Los anexos que se han enumerado del 1 al 4, amplían o complementan los requisitos técnicos detallados en el presente documento, en consecuencia corresponde su aplicación de forma conjunta con los requisitos establecidos. Por su parte, los anexos enumerados del 5 al 10 son únicamente de carácter informativo, en consecuencia no amplían ni complementan los requisitos citados.

##### **Anexo 1: Requisitos mínimos generales para memorias de cálculo**

Las memorias de cálculo contendrán los parámetros de diseño para cada proceso seleccionado (pretratamiento, tratamiento y postratamiento) y los resultados obtenidos a partir de éstos, serán entregadas en conjunto con los planos constructivos y deberán utilizar el Sistema Internacional de Unidades.

Las memorias de cálculo hidráulico, sanitario, mecánico, estructural y eléctrico de cada unidad de tratamiento, deben presentarse separadas según cada uno de esos ámbitos y deben tener al menos lo siguiente:

- (a) Objetivo de la unidad de proceso.
- (b) Códigos, normas y especificaciones en los que se fundamenta el diseño.
- c. Parámetros de diseño sanitarios, hidráulicos, mecánicos, estructurales y eléctricos y la referencia a estudios básicos realizados o referencia bibliográfica en la que se sustenta su aplicación.
- d. Datos de desempeño típico según información aportada por fabricantes, para los productos, equipos o dispositivos que lo requieran.
- (e) Ficha técnica de los equipos que formen parte de cada unidad de tratamiento, que incluya:
  - nombre del fabricante,
  - tipo y modelo,
  - datos técnicos, vida útil y curvas o datos típicos de desempeño, y
  - especificaciones técnicas para el montaje, puesta en marcha y operación.

##### **Anexo 2: Requisitos mínimos generales para planos técnico-constructivos**

Los planos, deben contener todas las especificaciones y detalles técnicos inherentes a cada uno de los elementos contemplados en el diseño, considerando al menos lo siguiente:

- (a) Portada con indicación del nombre e información general del proyecto y componentes y el nombre del o los profesionales responsables.
- (b) Lámina de índice de contenido que incluyan además el detalle de ubicación y localización geográfica general de las obras.,
- (c) Láminas de vista en planta y perfil para la línea de alimentación de la planta desalinizadora y la línea de disposición de las aguas residuales y de rechazo. Se debe mostrar al menos el perfil batimétrico, perfil topográfico, ubicación en planta y perfil de la tubería, el nivel de costa, la línea de energía piezométrica en operación y envolvente de la onda transitoria.
- (d) Láminas con detalle de plantas arquitectónicas y diseño de sitio, en el que se muestren los diferentes componentes del sistema de tratamiento para desalinización y potabilización incluidas las obras complementarias, las tuberías de interconexión y la dirección del flujo en ellas, debe incluir el detalle y ubicación exacta de cada elemento, permanente o temporal que forme parte del proyecto.

(e) Láminas en donde se muestren al menos dos cortes (longitudinal y transversal) para cada una de las unidades de tratamiento, debiendo quedar indicado cada equipo al menos una vez en primer plano en los cortes.

(f) Láminas según diseño y detalles mecánicos y eléctricos.

(g) Láminas según diseño y detalles estructurales.

(h) Láminas con los detalles relativos al sistemas de tratamiento para el agua residual y las aguas de rechazo. Los planos, también deben contener las especificaciones técnicas de materiales y las requeridas para el proceso de construcción.

### **Anexo 3: Requisitos mínimos generales para manuales de operación y de mantenimiento**

El manual de operación y de mantenimiento debe considerar la propuesta de diseño en su conjunto y las particularidades de las estructuras, elementos, componentes, equipos y dispositivos contemplados en cada una de las unidades de tratamiento o procesos, en los que se sustenta el diseño propuesto y, debe garantizar la correcta operación y ejecución de actividades de mantenimiento requeridas; considerando al menos lo siguiente:

a) Detalle explicativo y gráfico de cada proceso (pretratamiento, tratamiento, postratamiento, almacenamiento o distribución y tratamiento y disposición de aguas de rechazo o de aguas residuales) y caracterización de los parámetros o criterios en los que sustenta la selección de cada proceso, incluido los valores esperados de cada uno de los parámetros que caracterizan el agua al inicio y al final de cada proceso. Esta información es solicitada en el apartado 4.1 “Caracterización del sistema de desalinización y potabilización”, pero debe ser actualizada al finalizar el proyecto.

b) Descripción detallada por unidad de tratamiento o de proceso, de las pruebas y puesta en servicio de cada una de las estructuras, elementos, componentes, equipos y dispositivos contemplados en el diseño, así como todos los procedimientos y protocolos de pruebas y puesta en servicio incluidos los manuales o recomendaciones de los fabricantes de equipos, productos y dispositivos, y las instrucciones operacionales y de control requeridas según los parámetros a verificar, para que la puesta en marcha se ejecute de forma planeada, sistemática y documentada. Se recomienda incorporar esquemas funcionales o gráficos, esquemas de ensamblaje y de operación y diagramas de proceso e instrumentación (conocidos como “P&ID”).

c) Descripción detallada de las diferentes actividades y tareas de mantenimiento rutinarias y especiales, para cada proceso, sistema, elemento, equipo, dispositivo o herramienta que así lo requiera y los procedimientos para reemplazo de materiales, medios y membranas. Se debe incluir un capítulo sobre retrolavados.

d) Detalle descriptivo de la organización propuesta para la operación y mantenimiento, indicando las funciones principales para cada puesto y el perfil del personal requerido.

e) Para los equipos principales de cada proceso, el manual debe incluir al menos la ficha técnica o las especificaciones técnicas y el nombre y código de las normas de fabricación, ensayo o instalación que le son aplicables. Se debe incluir un plan y programa general de mantenimiento al menos de tipo preventivo, que sea aplicable como mínimo a los equipos principales de cada proceso.

f) La información relacionada con las características y los procedimientos para el almacenaje, manejo y la dosificación controlada de los productos químicos, señalando además los aspectos de seguridad para la debida protección del personal y de las instalaciones durante la ejecución de las actividades correspondientes.

g) Plan de aseguramiento de la calidad, según los parámetros que deben ser sujeto de análisis para cada unidad de tratamiento o proceso, señalando la frecuencia de muestreo requerida para cada parámetro, el punto de muestreo según diseño propuesto y los protocolos o métodos de análisis que le aplica.

h) Planes de contingencia en relación con aquellas actividades operativas que así lo requieran.

### **Anexo 4: Dosificación, mezclado, retrolavados y purga de lodos**

#### **a. Dosificación y mezclado**

El diseño propuesto debe incluir para el agente químico seleccionado, un esquema detallando al menos lo siguiente:

configuración del o los dosificadores a instalarse en línea, incluidos los sensores y reguladores de medición; elementos que conforman el sistema de automatización y monitoreo, indicando la presión de entrada y de salida y

el caudal aportado de manera instantánea;  
 configuración del o los mezcladores mecánicos, indicando las revoluciones por minuto, se debe considerar que el dimensionamiento de la hélice del mezclador y las revoluciones están determinadas por el área transversal de la unidad donde se realiza la mezcla.  
 en caso de que se utilicen mezcladores hidráulicos, se debe indicar el gradiente de mezcla y detallar la geometría del canal.

**b. Retrolavado**

Se deben calcular e indicar los valores de los siguientes parámetros: la frecuencia y el tiempo de duración del ciclo de retrolavado y el flujo promedio producido por hora bajo condiciones normales de servicio, incluido los ciclos de retrolavado y el tiempo máximo de operación entre cada retrolavado, según el diferencial de presión que recomienda el fabricante para los ciclos de retrolavado. El tiempo debe expresarse en minutos e indicar los ciclos de lavado por unidad de tiempo, preferiblemente por hora.

Se debe calcular e indicar la cantidad de agua residual estimada por cada ciclo de retrolavado, en unidades de volumen. En caso de que se adicionen sustancias químicas, debe indicar para cada agente químico las propiedades, la concentración y el caudal a incorporar; así como el tipo de tratamiento residual que se dará.

Si el retrolavado es por medio de aire, debe indicar las características del equipo y los parámetros del flujo de aire y presión de trabajo del equipo.

**c. Retrolavado químico mejorado (Limpieza “CEB”)**

Se debe incluir la ficha técnica del agente químico que se utilizará en la limpieza y se deben calcular e indicar los siguientes parámetros: la concentración y el caudal de la solución a dosificar. Se debe indicar la frecuencia de la limpieza.

**d. Purga de lodos**

Se debe indicar la cantidad de lodos que se estima serán generados según el diseño propuesto, para lo anterior es necesario considerar los resultados de las pruebas de tratabilidad.

Si el sistema de purga incluye un sistema de bombeo, debe incluir un sistema de respaldo. Si la purga es por gradiente hidráulico, se debe presentar un detalle gráfico del sistema de tuberías.

Se debe presentar el detalle explicativo y gráfico del tipo de tratamiento para los lodos.

**Nota:** En relación con el agente químico, se recomienda presentar la información técnica a través de “Hojas de seguridad del material (Material Safety Data Sheet, MSDS)”, que se tienen a disposición por los fabricantes de este tipo de productos según prácticas de comercio internacional.

**Anexo 5: Tamaño del contaminante y procesos de tratamiento con membranas**

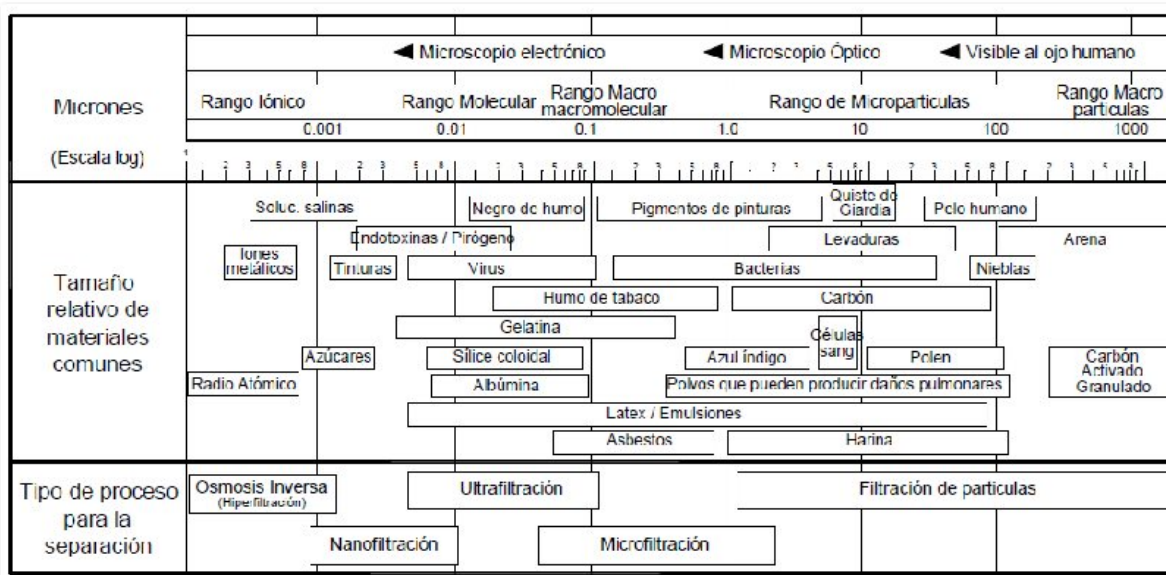


Figura 1 “Rangos de separación de procesos”

**Anexo 6: Caracterización del agua marina (composición)**

<b>Cuadro 2. Parámetros que caracterizan la calidad del agua marina</b>
Temperatura (°C)
Turbiedad (NTU)
IDS15 (adimensional)
pH (unidad estándar de pH)
Carbono orgánico total (mg/l)
Carbono orgánico disuelto (mg/l)
Luz ultravioleta UV-254 (m-1)
Color aparente y verdadero (unidades de color)
Hierro total
Hierro disuelto (mg/l)
Carbono orgánico total (mg/l)
Bicarbonatos (mg/l)
Manganeso total (mg/l)
Manganeso disuelto (mg/l)
Alcalinidad (mg/l como CaCO <sub>3</sub> )
Dureza total (mg/l como CaCO <sub>3</sub> )
Grasas y aceites
Demanda bioquímica de oxígeno (mg/l)
Demanda química de oxígeno (mg/l)
Sólidos suspendidos totales (mg/l)
Sólidos disueltos totales (mg/l)
Amonio (mg/l)
Calcio (mg/l)
Magnesio (mg/l)
Sodio (mg/l)
Potasio (mg/l)
Bario (mg/l)
Estroncio (mg/l)

<b>Cuadro 2. Parámetros que caracterizan la calidad del agua marina</b>
Amoniaco (mg/l)
Aluminio (mg/l)
Sulfatos (mg/l)
Cloruros (mg/l)
Fluoruros (mg/l)
Nitratos y nitritos (mg/l)
Boro (mg/l)
Bromuros (mg/l)
Fosfatos (mg/l)
Arsénico (mg/l)
Sílice (SiO <sub>2</sub> )
Conductividad (uS/cm)
H <sub>2</sub> S (si estuviese presente)
Oxígeno disuelto (mg/l)

**Fuente: ANSI/AWWA B110-09**

#### **Anexo 7: Caracterización del material adsorbente**

Se recomienda presentar la información técnica del material adsorbente contenida en las “Hojas de seguridad del material (Material Safety Data Sheet, MSDS)”, que se tienen a disposición por los fabricantes de este tipo de productos, según prácticas de comercio internacional en donde se indica:

- nombre de la marca comercial,
- composición química,
- altura del medio adsorbente (m)
- densidad real y aparente (kg/m<sup>3</sup>),
- contenido de humedad,
- interferencias y sus valores críticos ,
- área superficial y el método utilizado para su cuantificación,
- tamaño de partícula,
- volumen del medio adsorbente (L)
- selección y dimensionamiento del medio de soporte,
- altura mínima del lecho en operación normal (m),
- porcentaje máximo de expansión del lecho en retrolavado (m),
- frecuencia de retrolavado,
- tiempo de contacto mínimo (“empty bed contact time”; conocido por sus siglas en inglés como “EBCT”),
- tasa de flujo para servicio normal (m/h),
- tasa de flujo para retrolavado (m/h),
- caída de presión en servicio normal (psi),
- parámetro operativo para activar el procedimiento de retrolavado,
- estimación de la vida útil del medio adsorbente para la calidad de agua a tratar, expresada como BV y m<sup>3</sup> de agua tratada (“Bed Volumes”; conocido por sus siglas en inglés como “BV”).
- disposición del medio adsorbente: se debe indicar el tratamiento y disposición adecuada del medio adsorbente utilizado y si cumple con el procedimiento de caracterización de los lixiviados para condiciones específicas.



- presentación comercial del producto (estañones, etc).

### **Anexo 8: Material y configuración de la membrana**

#### **Caracterización del material y configuración de la membrana:**

- diámetro o espesor (mm), largo (mm) y altura (mm),
- área activa (m<sup>2</sup>),
- geometría (horizontal o vertical),
- tipo (hidrofóbica o hidrofílica),
- carga (neutra, positiva o negativa),
- separación por peso molecular (Dalton),
- rango recomendado de presiones de aplicación y en el permeado (kPa),
- rango recomendado de temperatura (C°),
- flujo de ingreso (m<sup>3</sup>/d),
- recuperación máxima por membrana (%),
- diferencial máximo de presión recomendado, entre el agua de ingreso y el concentrado por membrana (kPa),
- rango de pH,
- turbiedad máxima de ingreso (UTN),
- IDS máximo de ingreso,
- Cloro libre máximo (mg/l),
- tolerancia a cloro libre (mg/l), y
- tolerancia a otros oxidantes (mg/l).

### **Anexo 9: Condiciones de servicio (Tratamiento ósmosis inversa)**

#### **Parámetros de condiciones de servicio:**

- concentración del agua a tratar (mg/l), por cada parámetro según la caracterización del agua pretratada.
- presión de ingreso (kPa),
- temperatura de ingreso (°C),
- pH de ingreso,
- recuperación (%)
- rechazo nominal y mínimo (%),
- caudal promedio y rango de caudal para el permeado (m<sup>3</sup>/d),
- número de trenes (en línea o "stand by"),
- producción de permeado (m<sup>3</sup>/d),
- calidad de agua del permeado que incluye SDT (mg/l) y todos los parámetros que le sean aplicables y que estén contenidos en el reglamento para la Calidad de Agua Potable.
- flujo máximo por membrana (l/m<sup>2</sup>\*h),
- flujo promedio de todo el sistema de ósmosis inversa (l/m<sup>2</sup>\*h),
- temperatura de diseño, y
- número de módulos para cada tren (recipientes o contenedores presurizados), número de etapas (si el diseño contempla más de una), el arreglo (número de recipientes o contenedores por etapa) y presiones por cada tren.

### Anexo 10: Estructuras de descarga

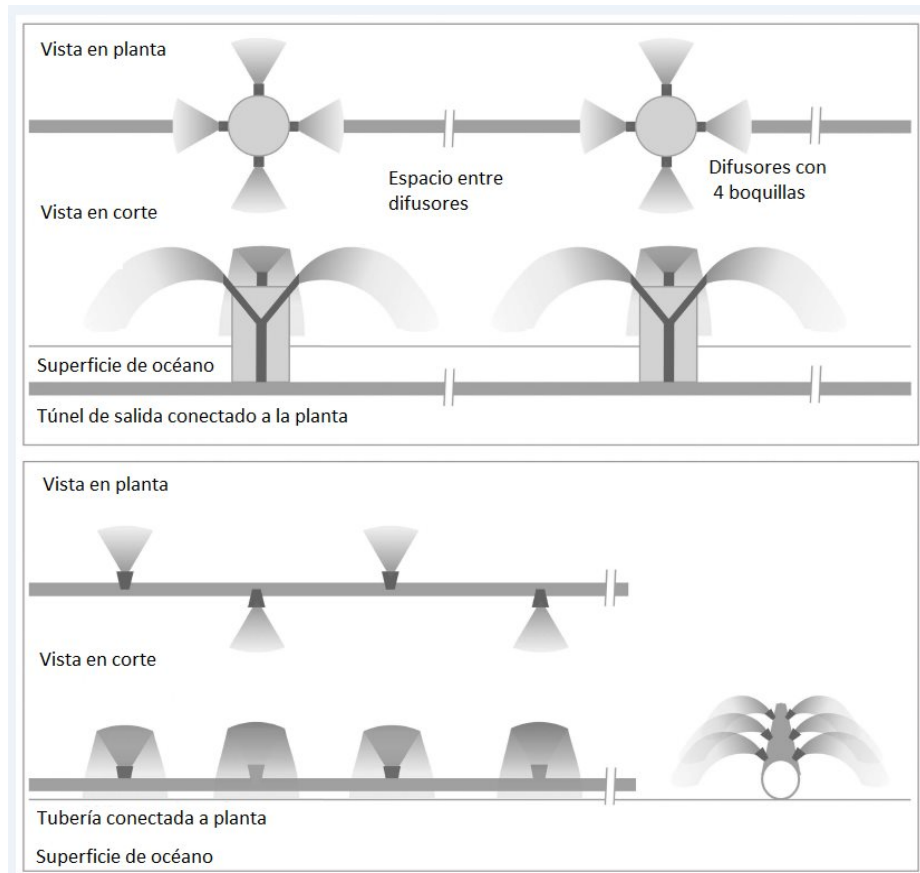


Figura 2 "Difusores tipo "roseta" (arriba) y difusores tipo "línea de tubería" (abajo)"

### 6 Bibliografía

- AWWA (American Water Works Association, EU). 2007. Reverse Osmosis and Nanofiltration. AWWA Manual M46. American Water Works Association. Segunda Edición. Estados Unidos.
- AWWA (American Water Works Association, EU). 2010. Membrane Systems. ANSI/AWWA B110-09. American Water Works Association. Primera Edición. Colorado, Estados Unidos.
- AWWA (American Water Works Association, EU). 2011. Desalination of Seawater. AWWA Manual M61. American Water Works Association. Primera Edición. Colorado, Estados Unidos.
- Crittenden, J; Trussell, R; Hand, D; Howe, K; Tchobanoglous, G. 2012. MHW's Water Treatment. Principles and Design. John Wiley and Sons, Inc. Tercera Edición. New Jersey, Estados Unidos.
- Duranceau, Steven. 2009. Desalination Post-Treatment Considerations.
- Duranceau, S; Pfeiffer-Wilder, R; Douglas, S; Peña-Holt, N. 2011. Post-treatment Stabilization of Desalinated Water. Estados Unidos.
- Franks, R; Bartels, Craig; Andes, K. 2013. Implementing Energy Saving RO Technology in Large Scale. Wastewater Treatment Plants. Estados Unidos.
- Hernández S, Manuel. 2010. Guía para la remineralización de las aguas desaladas. Segunda Edición. España.
- ICG (Instituto de la Construcción y Gerencia, Perú). 2006. Norma OS.20. PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO. Perú.
- Ministerio de Sanidad y Política Social. 2009. Guía de Desalación: aspectos técnicos y sanitarios en la producción de agua de consumo humano. España
- Missimer, T; Jones, B; Maliva, R. 2015. Intakes and Outfalls for seawater Reverse-Osmosis Desalination Facilities. Innovations and Environmental Impacts. Suiza.
- OPS (Organización Panamericana de la Salud; Perú). 2008. Plantas de filtración rápida. Manual II: Diseño de plantas de tecnología apropiada. Lima, Perú

- US. Department of the Interior. 1993. The Desalting and Water Treatment Membrane Manual: A Guide to Membranes for Municipal Water Treatment. Denver, Estados Unidos.
- Voutchkov, Nikolay. 2013. Desalination engineering planning and design. Estados Unidos.
- Wang, L; Chen, J; Hung, Y; Shamma, N. 2011. Membrane and Desalination Technologies. Handbook of Environmental Engineering 13. Estados Unidos.

## 7 Descriptores

7.1 Agua marina; desalinización; ósmosis inversa; y planta de tratamiento.

## 8 Control de versiones

Acuerdo de Junta Directiva: <b>2016-543</b>
Fecha de aprobación: <b>21 de diciembre del 2016</b>

**Comuníquese al Ministerio de Economía, Industria y Comercio y al Ministerio de Ambiente y Energía. Rige a partir de su publicación en el Diario Oficial La Gaceta. Publíquese. Comuníquese.**

**ACUERDO FIRME**

**Licda. Karen Naranjo Ruiz**  
Junta Directiva