



CIRCULAR N° 3

6 de junio de 2024

SANTIAGO,

ANT.: Circular N°4/2016

MAT.: Instruye sobre la aplicabilidad del Permiso Ambiental Sectorial, PAS 158 del D.S. MMA N°40/2012, para ejecutar obras para la recarga artificial de acuíferos, reemplaza Circular DGA N°4/2016, y actualiza las instrucciones contenidas en las Minuta DCPRH N°56/2016

INCL.: Minuta DCPRH N°12/2024, sobre Permiso Ambiental Sectorial relativo a las Obras de Recarga Artificial de Acuíferos a las que se refieren los Artículos 66 bis y 66 ter del Código de Aguas

DE: RODRIGO SANHUEZA BRAVO

DIRECTOR GENERAL DE AGUAS

A : SEGÚN DISTRIBUCIÓN

Para su conocimiento y fines pertinentes, el suscrito informa que, luego de haber realizado una interpretación armónica a los cuerpos normativos atinentes a la materia de esta Circular, se cumple con instruir acerca de la actualización de criterios que aplican a la tramitación del Permiso Ambiental Sectorial (PAS) para ejecutar obras para la recarga artificial de acuíferos, ello en el marco del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA).

1. Antecedentes

1.1. La Ley N°19.300/1994 sobre Bases Generales del Medio Ambiente, en su artículo 10, lista los proyectos o actividades susceptibles de causar impacto ambiental en cualquiera de sus fases, y que consecuentemente deben someterse al SEIA. Dicho listado no incluye las obras de recarga artificial de acuíferos.

1.2. De acuerdo con el Reglamento del SEIA, DS MMA N°40/2012 (en adelante, RSEIA), el permiso para ejecutar obras para la recarga artificial de acuíferos (en adelante, PAS 158) es de competencia de la Dirección General de Aguas (DGA), siendo éste un permiso mixto, es decir, con contenidos ambientales y no ambientales, y teniendo como requisito para su otorgamiento el "conservar y proteger el acuífero". De acuerdo con el RSEIA, además, la norma fundante del PAS 158 es el artículo 66 del Código de Aguas, previo a la reforma.

1.3. Que, con las modificaciones al Código de Aguas introducidas con la Ley N°21.435, el artículo 66 es sustituido, refiriéndose ahora a la provisión de derechos en áreas de restricción. Respecto a la recarga artificial de acuíferos, la reforma introduce los artículos 66 bis, 66 ter y 66 quáter, del siguiente tenor:

Artículo 66 bis.- Sin perjuicio de otros permisos regulados en este Código, previo informe favorable de la Dirección General de Aguas sobre la no afectación a extracciones de agua para consumo humano y aspectos relativos a la calidad de las aguas, cualquier persona podrá ejecutar obras para recargar artificialmente un acuífero.

Se entenderá por recarga natural el flujo o caudal de agua que alimenta un acuífero proveniente de aguas pluviales, corrientes, detenidas o subterráneas, que no sea a consecuencia de la intervención humana.

No requerirá del informe a que se refiere el inciso primero la obra de recarga de aguas lluvias, que para estos efectos se considerará recarga natural.

La recarga artificial de aguas podrá realizarse para distintos fines, tales como resguardar la preservación ecosistémica, incluyendo la mejora o mantención de la sustentabilidad del acuífero; evitar la intrusión salina; aprovechar la capacidad depuradora del subsuelo; infiltrar agua desalinizada o residuos líquidos regulados por la normativa ambiental; o aprovechar la capacidad de almacenamiento y conducción de los acuíferos para posteriormente posibilitar la reutilización de estas aguas.

El titular de un derecho de aprovechamiento que haya efectuado las obras a que se refiere el inciso primero y que desee reutilizar las aguas infiltradas, sea en el mismo u otro punto del acuífero, podrá solicitar a la Dirección General de Aguas que le autorice a ejercer su derecho sobre la mayor parte de las aguas recargadas que, de acuerdo al análisis técnico de los antecedentes presentados, considere las pérdidas propias del proceso, la sustentabilidad del acuífero y los derechos de terceros.

La solicitud a la que se refiere el inciso anterior contendrá las especificaciones técnicas de la obra; la información sobre el sector hidrogeológico del acuífero que permita justificar la cantidad de agua que se pretende extraer; los puntos de recarga y aquellos desde los cuales se pretende extraer las aguas; y un sistema de medición y de transmisión de la información en ambos puntos, la que se tramitará de conformidad a lo dispuesto en el Título I del Libro Segundo.

La Dirección General de Aguas con el propósito de emitir el informe respectivo, deberá oír a las organizaciones de usuarios interesadas."

Artículo 66 ter.- Si el proyecto de recarga artificial utiliza aguas provenientes desde una fuente ajena a la cuenca o tiene por objeto aumentar la disponibilidad para constituir nuevos derechos, deberá contar con la aprobación de la Dirección General de Aguas. La solicitud deberá tramitarse en los términos que establecen los artículos 130 y siguientes.

Artículo 66 quáter.- No se podrá operar obra alguna de recarga artificial con perjuicio de terceros. El responsable será obligado a la indemnización de perjuicios.

Las obras urgentes que sea necesario construir o modificar para evitar los daños a que se refiere el inciso anterior serán de cargo de quien se encuentre operando el proyecto de recarga, sin perjuicio de sus acciones para repetir en contra del causante del perjuicio.

1.4. El Reglamento sobre normas de exploración y explotación de aguas subterráneas, DS MOP N°203/2014, en su artículo 47, indica lo siguiente:

"Artículo 47. Cualquier persona podrá ejecutar obras para la recarga artificial de acuíferos, previa autorización del proyecto por parte de la Dirección General de Aguas, en conformidad con lo dispuesto en el artículo 66 inciso segundo y artículo 67 inciso primero parte final del Código de Aguas y con lo establecido en el presente Reglamento."

En el artículo 48, por su parte, se explicita que la tramitación de una autorización para ejecutar una obra de recarga artificial de acuíferos se realizará según el párrafo 1° del Título I del Libro Segundo del Código de Aguas. En el mismo artículo, se formulan los contenidos que debe tener esta solicitud.



En el artículo 49 se indica que se aprobarán las obras cuando el proyecto de recarga artificial cumpla con las disposiciones detalladas en el artículo 48, y **no provoque la colmatación del acuífero ni la contaminación de las aguas.**

Finalmente, en el artículo 50 se indican las condiciones para solicitar derechos provisionales con cargo a la obra de recarga artificial previamente aprobada por la DGA y se señalan las condiciones para la aprobación del derecho provisional. Entre estas últimas condiciones, cabe destacar la necesidad de que **"efectivamente exista la obra de recarga artificial aprobada a favor del solicitante y que esta se encuentre operando"**.

1.5. La Circular N°4/2016, establece los criterios que aplican para la tramitación del PAS 158, permiso para ejecutar obras para la recarga artificial de acuíferos, en el marco del SEIA, a la luz de la normativa vigente en dicho momento. Entre sus conclusiones, señala que:

"3.2. Las obras para realizar la recarga artificial de acuíferos serán todas aquellas cuyo objetivo sea aumentar intencionalmente la disponibilidad de los recursos hídricos subterráneos, aprovechando la capacidad de almacenamiento del acuífero, o mejorar la calidad de las aguas subterráneas.

3.3. Las aguas factibles de ser utilizadas para la recarga artificial de acuíferos serán: (1) aguas superficiales corrientes o detenidas, (2) aguas subterráneas previamente extraídas del acuífero, y (3) aguas tratadas, ya sea agua potable, agua procedente de una planta desalinizadora o aguas de plantas de tratamiento de aguas servidas. Todo lo anterior, siempre y cuando se cumpla el requisito de no provocar la colmatación del acuífero ni la contaminación de las aguas.

3.5. En el ámbito ambiental, aquellas obras de recarga artificial, que sean evaluadas como parte de un proyecto sometido al SEIA, y que estén tipificadas en los términos indicados en los numerales 3.2 y 3.3 de esta Circular, deberán acreditar el cumplimiento del PAS 158 y por ende cumplir con los requisitos establecidos en el artículo N°158 del RSEIA, DS MMA N°40/2012, resguardando especialmente la conservación y protección de la calidad de las aguas del acuífero. Al respecto, la DGA se pronunciará acerca de si el proyecto presenta los antecedentes suficientes para obtener el PAS 158.

3.6. Aquellas obras de recarga artificial de acuíferos que forman parte de un proyecto sometido al SEIA, y cuyo objetivo sea distinto al de aumentar la disponibilidad del recurso o mejorar la calidad de las aguas, deberán ser evaluadas ambientalmente en términos de ponderar sus impactos sobre componentes ambientales de competencia DGA, sin corresponder la aplicación del PAS 158.

3.7. La obtención del PAS 158, en el marco del SEIA, acredita que la ejecución de una obra de recarga artificial de acuífero cumple con la normativa ambiental vigente, en particular, acredita que la obra de recarga permite conservar y proteger el acuífero en términos de asegurar la no contaminación de las aguas subterráneas. El velar por la no colmatación del acuífero deberá ser atendido como parte de la tramitación sectorial."

Cabe señalar que, con la modificación del Código de Aguas, corresponde actualizar las indicaciones de dicha circular.

1.6. La Guía Metodológica para Presentación de Proyectos de Recarga Artificial (DGA, 2016)¹, indica lo siguiente en su apartado 2.1.7:

¹ La guía puede encontrarse en el siguiente enlace:

[https://dga.mop.gob.cl/orientacionalpublico/guias/Guias%20para%20presentacion%20de%20solicitudes/Guia Metodologica para presentacion Proyectos de Recarga Artificial 2016.pdf](https://dga.mop.gob.cl/orientacionalpublico/guias/Guias%20para%20presentacion%20de%20solicitudes/Guia%20Metodologica%20para%20presentacion%20Proyectos%20de%20Recarga%20Artificial%202016.pdf)

"El proyecto deberá contar con la RCA favorable, previo a la Resolución de autorización de Recarga Artificial, en los siguientes casos:

Si la obra de recarga artificial a ejecutar forma parte de algún proyecto o actividad de aquellos mencionados en la letra a) del artículo 10 de la referida ley sobre Bases del Medio Ambiente.

Si la obra de recarga artificial a ejecutar recae en cualquier área bajo protección oficial, según lo dispuesto en el artículo 10 letra p) de la citada Ley sobre Bases del Medio Ambiente.

En los casos, en los que el proyecto no requiere ingresar al SEIA, este deberá acompañar, además de los requisitos establecidos en el punto 6, de esta guía, todos los antecedentes con los cuales se demuestre la no afectación del acuífero en cuanto a la calidad de las aguas subterráneas."

En su apartado 2.1.8, en tanto, señala lo siguiente:

"Si el Proyecto de Recarga Artificial, no tiene como finalidad optar a un derecho provisional no requerirá iniciar el proceso sectorial y solo se evaluará en el marco ambiental si corresponde."

1.7. Las obras públicas o particulares destinadas a la evacuación, tratamiento o disposición final de desagües, aguas servidas de cualquier naturaleza requieren la aprobación de la autoridad sanitaria, de acuerdo a lo dispuesto en el Artículo 71 letra b del Decreto con Fuerza de Ley N° 725, de 1967, del Ministerio de Salud Pública, Código Sanitario. En el marco del SEIA, a dichas obras les aplica el PAS 138 (permiso para la construcción, reparación, modificación y ampliación de cualquier obra pública o particular destinada a la evacuación, tratamiento o disposición final de desagües, aguas servidas de cualquier naturaleza), el cual es un permiso mixto, teniendo como requisito para su otorgamiento que "la disposición de aguas servidas no amenace la salud de la población".

La Guía Trámite PAS 138 describe los contenidos técnicos y formales para la solicitud del permiso, entre los que se destaca:

d) Características físico - químicas de las aguas servidas

f) Descripción de la forma de disposición final del efluente tratado, según corresponda

f.1. Caracterización del punto de descarga del efluente tratado y del vertedero de tormenta, si corresponde. Esta caracterización corresponde a presentar la ubicación georreferenciada del punto de descarga, el tipo de curso de descarga y nombre, si corresponde.

f.2 Caudal y condiciones contempladas para la descarga

f.5 En el caso de considerar la eliminación mediante obras de infiltración, señalado en los puntos f.1) y f.2), se deberá presentar, además:

- Índice de infiltración ($l/m^2/día$), obtenido conforme a las definiciones del artículo 5° del D.S. N°236, de 1926, del Ministerio de Salud, superficie requerida para infiltrar y profundidad de la napa, medida en el punto de infiltración, en su nivel más desfavorable, sobre la base de análisis o estudios técnicos.
- Clasificación de vulnerabilidad del acuífero, emitido por la Dirección General de Aguas, sólo en el caso de que la instalación califique como fuente emisora según D.S. N°46, de 2002, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia.
- Altura de caída libre y altura útil de absorción (pozo absorbente)
- Diseño del sistema de drenes (largo, ancho, profundidad y distribución).

- Distanciamiento desde el área de infiltración a cualquier fuente destinada a la producción de agua para consumo humano (formal o informal).

h) Descripción del sistema de tratamiento de aguas servidas y disposición, de tratarse de una fosa séptica

h.1 Descripción de la fosa séptica, incluyendo, al menos, bases de cálculo consideradas para el diseño, dotación por persona, caudales de tratamiento, tiempo de retención, población a atender, configuración de la fosa séptica, entre otros.

h.2 Descripción del sistema de infiltración contemplado para eliminar el efluente tratado, configuración (pozo o drenes), coeficiente de infiltración del terreno y profundidad de la napa en la zona de infiltración (esta información debe detallarse según lo descrito en el punto f.5 precedente).

h.3 Descripción del o los sistemas de control de olores molestos, en el caso de generarse este tipo de eventos, ya sea por problemas operacionales o por el funcionamiento normal del sistema de tratamiento de aguas servidas.

1.8 Las obras públicas o particulares destinadas a la evacuación, tratamiento o disposición final de residuos industriales o mineros requieren la aprobación de la autoridad sanitaria, de acuerdo a lo dispuesto en el Artículo 71 letra b del Decreto con Fuerza de Ley N° 725, de 1967, del Ministerio de Salud Pública, Código Sanitario. En el marco del SEIA, a dichas obras les aplica el PAS 139 (permiso para la construcción, reparación, modificación y ampliación de cualquier obra pública o particular destinada a la evacuación, tratamiento o disposición final de residuos industriales o mineros), el cual es un permiso mixto, teniendo como requisito para su otorgamiento que *"la calidad del agua del cuerpo receptor no ponga en riesgo la salud de la población"*.

El RSEIA lista los contenidos técnicos y formales para la solicitud del permiso, entre los que se destaca:

- a) Descripción de los procesos en los que se generan los residuos líquidos industriales o mineros, estimación de sus caudales y caracterización
- e) Descripción y georreferenciación de las obras o infraestructura de descarga de los residuos tratados, si corresponde.
- f) Descripción y caracterización del cuerpo receptor superficial y/o subterráneo, identificando sus usos actuales y previstos
- g) Efecto esperado de la descarga sobre el cuerpo o curso receptor, considerando los usos identificados

1.9. El DFL 1-19653, que Fija el texto refundido, coordinado y sistematizado de la Ley N°18.575, Orgánica Constitucional de bases generales de la administración del Estado, establece, en su artículo 3, lo siguiente:

"Artículo 3º.- La Administración del Estado está al servicio de la persona humana; su finalidad es promover el bien común atendiendo las necesidades públicas en forma continua y permanente y fomentando el desarrollo del país a través del ejercicio de las atribuciones que le confiere la Constitución y la ley, y de la aprobación, ejecución y control de políticas, planes, programas y acciones de alcance nacional, regional y comunal.

La Administración del Estado deberá observar los principios de responsabilidad, **eficiencia, eficacia, coordinación, impulsión de oficio del procedimiento, impugnabilidad de los actos administrativos, control, probidad, transparencia y publicidad administrativas y participación ciudadana en la gestión pública, y garantizará la debida autonomía de los grupos intermedios de la sociedad para cumplir sus propios**



finés específicos, respetando el derecho de las personas para realizar cualquier actividad económica en conformidad con la Constitución Política y las leyes.” (énfasis agregado).

Por otro lado, en su artículo 5 establece que:

“Artículo 5º.- Las autoridades y funcionarios deberán velar por la eficiente e idónea administración de los medios públicos y por el debido cumplimiento de la función pública.

Los órganos de la Administración del Estado deberán cumplir sus cometidos coordinadamente y propender a la unidad de acción, evitando la duplicación o interferencia de funciones” (énfasis agregado).

1.10. La Ley 19.880, que Establece bases de los procedimientos administrativos que rigen los actos de los órganos de la administración del Estado, señala que:

“Artículo 9º. Principio de economía procedimental. La Administración debe responder a la máxima economía de medios con eficacia, evitando trámites dilatorios.

Se decidirán en un solo acto todos los trámites que, por su naturaleza, admitan un impulso simultáneo, siempre que no sea obligatorio su cumplimiento sucesivo.

Toda comunicación entre órganos de la Administración que se practique en el marco del procedimiento se realizará por medios electrónicos, dejándose constancia del órgano requirente, el funcionario responsable que practica el requerimiento, destinatario, procedimiento a que corresponde, gestión que se encarga y el plazo establecido para su realización. Asimismo, deberá remitirse una copia electrónica de tal comunicación a todos quienes figuren como interesados en el procedimiento administrativo de que se trate.

Las cuestiones incidentales que se susciten en el procedimiento, incluso las que se refieran a la nulidad de actuaciones, no suspenderán la tramitación del mismo, a menos que la Administración, por resolución fundada, determine lo contrario.”

2. Análisis de antecedentes

2.1. En lo que respecta a las obras que deben obtener el permiso para la recarga artificial de acuíferos:

2.1.1. La interpretación anterior del permiso, según consta en la Circular N°4/2016 y la Guía Metodológica para Presentación de Proyectos de Recarga Artificial, es que sólo obras destinadas a aumentar la disponibilidad hídrica o mejorar la calidad del agua correspondían a obras de recarga artificial.

2.1.2. La modificación al Código de Aguas establece expresamente distintos fines para los cuales puede realizarse la recarga artificial de acuíferos, ampliándose respecto a la definición contenida en la Circular N°4/2016. Por contraposición, obras que no estén destinadas a los fines establecidos en el Código de Aguas, incluidas aquellas que recarguen incidentalmente el acuífero, no se considerarían recarga artificial para efectos del permiso.

2.1.3. Las obras de infiltración de aguas lluvias, de acuerdo a lo indicado en el inciso tercero del artículo 66 bis, se considerarán recarga natural para efectos del permiso.

2.1.4. Las obras de infiltración de desagües y aguas servidas de cualquier naturaleza pueden asociarse a dos fines de los establecidos en el Código de Aguas: (1) aprovechar la capacidad depuradora del subsuelo, o (2) infiltrar agua desalinizada o residuos líquidos regulados por la normativa ambiental. Dichas obras están sujetas al PAS 138 de competencia de MINSAL y SISS, el cual tiene como requisito que *“la disposición de aguas servidas no amenace la salud de la población”*.

2.1.5 Las obras de infiltración de residuos líquidos industriales o mineros pueden asociarse a dos fines de los establecidos en el Código de Aguas: (1) aprovechar la capacidad depuradora del subsuelo, o (2) infiltrar agua desalinizada o residuos líquidos regulados por la normativa ambiental. Dichas obras están sujetas al PAS 139 de competencia de MINSAL y SISS, el cual tiene como requisito que *“la calidad del agua del cuerpo receptor no ponga en riesgo la salud de la población”*.

2.1.6. En consideración de los principios de economía procedimental y coordinación, y también en que los PAS 138 y 139 velan por requisitos similares a los establecidos para el otorgamiento del permiso de recarga artificial de acuíferos (no afectación de extracciones para consumo humano y calidad de las aguas), las obras de infiltración de desagües y aguas servidas de cualquier naturaleza, y las obras de infiltración de residuos líquidos industriales o mineros, también podrían ser eximidas de la autorización DGA.

2.1.7 La excepción señalada en el punto anterior no aplicará en los casos en que, con cargo a la obra de recarga artificial, se pretenda constituir nuevos derechos de aprovechamiento de agua, en cuyo caso deberán realizar la tramitación de acuerdo a lo señalado en el Art. 66 ter del Código de Aguas.

2.2. En lo que respecta a los requisitos para la aprobación de obras de recarga artificial de acuíferos:

2.2.1. El artículo 66 bis del Código de Aguas señala que el informe favorable de la DGA deberá versar sobre la no afectación a extracciones para consumo humano y aspectos relativos a la calidad de las aguas. Estos requisitos se verificarán para cada obra a la que sea aplicable el permiso.

2.2.2. El artículo 49 del DS MOP N°203/2014 señala que la DGA aprobará las obras de infiltración cuando el proyecto no provoque la colmatación del acuífero ni la contaminación de las aguas.

2.2.3. Los requisitos de *“no contaminación de las aguas”* y *“aspectos relativos a la calidad de las aguas”* se consideran homologables, de forma tal que para el otorgamiento del permiso se configuran, finalmente, tres requisitos.

2.2.4. Los requisitos de *“no contaminación de las aguas”* y *“no afectación a extracciones para consumo humano”* se consideran requisitos ambientales. El requisito de *“no colmatación del acuífero”* se considera un requisito no ambiental o civil. La tramitación del requisito civil, de requerirse, se realizará siempre en sede sectorial. Los requisitos ambientales podrán revisarse en sede ambiental o sectorial, dependiendo del tipo de tramitación (ver punto 3.5).

2.3. En lo que respecta al tipo de tramitación requerido:

2.3.1. Las obras destinadas a recargar artificialmente un acuífero no se encuentran listadas, por sí solas, en el artículo 10 de la Ley 19.300 (y artículo 3 del RSEIA), por lo tanto, su construcción no es causal de ingreso al SEIA.

2.3.2. Todas las obras y partes de un proyecto sometido al SEIA deben ser evaluadas ambientalmente, a saber, con el análisis de significancia del artículo 11 de la Ley N°19.300/1994, y en las respectivas etapas de predicción y evaluación de impactos.

2.3.3. La tramitación de la obra de recarga artificial de acuífero debe realizarse expresamente según los artículos 130 y siguientes del Código de Aguas sólo si utiliza aguas provenientes desde una fuente ajena a la cuenca o tiene por objeto aumentar la disponibilidad para constituir nuevos derechos, en virtud de lo señalado en el artículo 66 ter del Código de Aguas. Por omisión, para las obras de recarga artificial de acuífero que no configuren uno de esos supuestos, la tramitación no deberá ceñirse a los artículos señalados.



2.3.4. De acuerdo con la Guía Metodológica para Presentación de Proyectos de Recarga Artificial, la cual cabe destacar se elaboró previo a la reforma al Código de Aguas, no se requiere tramitación sectorial y, por tanto, el cumplimiento del requisito civil, cuando el proyecto no tiene como finalidad optar a un derecho, el cual es uno de los supuestos del artículo 66 ter del Código de Aguas. En consecuencia, y por contraposición, el cumplimiento del requisito civil se requerirá cuando se verifique alguno de los supuestos del señalado artículo, es decir, cuando este utilice aguas provenientes desde una fuente ajena a la cuenca o tenga por objeto aumentar la disponibilidad para constituir nuevos derechos.

3. Conclusiones

3.1. Del análisis del artículo 66 bis del Código de Aguas, se distinguen dos instancias de tramitación sectorial en la DGA referente a la recarga artificial de acuíferos, en el siguiente orden, a saber: (1) en primera instancia, la autorización de una obra de recarga artificial antes de su construcción, y (2) en segunda instancia, la asignación de un derecho con cargo a una obra de recarga artificial aprobada y en operación.

3.2. Las obras de recarga artificial de acuíferos serán todas aquellas que contemplan alguno de los fines señalados en el inciso cuarto del artículo 66 bis del Código de Aguas, a saber:

3.2.1. Resguardar la preservación ecosistémica, incluyendo la mejora o mantención de la sustentabilidad del acuífero;

3.2.2. Evitar la intrusión salina;

3.2.3. Aprovechar la capacidad depuradora del subsuelo;

3.2.4. Infiltrar agua desalinizada o residuos líquidos regulados por la normativa ambiental; o

3.2.5. Aprovechar la capacidad de almacenamiento y conducción de los acuíferos para posteriormente posibilitar la reutilización de estas aguas.

3.3. Quedarán exceptuadas del PAS 158, y por ende de la tramitación sectorial, las obras de infiltración de aguas lluvias, las obras que produzcan recargas en forma no intencionada (p. ej. pérdidas en redes de agua potable, redes de aguas servidas, canales de riego, tranques de relaves y piscinas de evaporación), las obras de infiltración de desagües y aguas servidas sujetas a aprobación de MINSAL o SISS (a las cuales aplica el PAS 138) y obras de infiltración de residuos líquidos industriales o mineros (a las cuales aplica el PAS 139). Lo anterior no obsta a que deban ser evaluadas ambientalmente, de corresponder su ingreso al SEIA. Cabe señalar, además, que la excepción para las obras sujetas a los PAS 138 o 139 no aplicará cuando se pretenda constituir un derecho de aprovechamiento de aguas con cargo a la obra de recarga artificial.

3.3.1. En el caso de obras de recarga artificial exceptuadas del PAS 158 que forman parte de un proyecto sometido al SEIA, la DGA se pronunciará, en el marco del SEIA, señalando la inaplicabilidad del PAS 158 en virtud de las excepciones antes descritas. En los casos específicos de obras de infiltración de desagües, aguas servidas de cualquier naturaleza y residuos industriales o mineros, la autoridad sanitaria competente se pronunciará respecto a la no afectación de extracciones para consumo humano y calidad de las aguas.

3.3.2. En el caso de obras de recarga artificial exceptuadas del PAS 158 que no formen parte de un proyecto sometido al SEIA, no corresponderá a la DGA autorizar la obra ni emitir pronunciamiento alguno. En los casos específicos de obras de infiltración de desagües, aguas servidas de cualquier naturaleza y residuos industriales o mineros, la autorización de la obra deberá tramitarse ante la autoridad sanitaria.

3.4. Aquellas obras de recarga artificial que configuren los supuestos del artículo 66 ter del Código de Aguas, deberán ser tramitados de acuerdo al Párrafo I del Título I del Libro Segundo del Código de Aguas. En aquellos casos, deberán acreditar la no colmatación del acuífero, presentando los antecedentes respectivos a la DGA.

3.5. En cualquier caso, las obras de recarga artificial que no se exceptúen del PAS 158 deberán acreditar el cumplimiento de los requisitos ambientales. La instancia para acreditar esta situación dependerá de si el proyecto requiere ingresar al SEIA o no.

3.5.1. Aquellas obras de recarga artificial de acuíferos que forman parte de un proyecto sometido al SEIA, deberán presentar los antecedentes asociados al PAS 158.

3.5.2. Aquellas obras de recarga artificial de acuíferos que no formen parte de un proyecto sometido al SEIA, deberán presentar los antecedentes que acrediten el cumplimiento de los requisitos ambientales a la DGA.

3.6. La obtención del PAS 158, en el marco del SEIA, acredita que la ejecución de una obra de recarga artificial de acuífero cumple con la normativa ambiental vigente, en particular, acredita que la obra de recarga permite conservar y proteger el acuífero en términos de asegurar la no contaminación de las aguas subterráneas y la no afectación de extracciones de agua para consumo humano.

3.7. En el ámbito sectorial, la DGA emitirá un informe favorable o desfavorable en respuesta a la solicitud presentada para ejecutar obras para la recarga artificial del acuífero, según esta acredite o no el cumplimiento de los requisitos técnicos. En sede sectorial, la DGA no podrá imponer nuevas condiciones o exigencias de carácter ambiental, más que aquellas establecidas en el presente documento (en caso de no haber sido acreditadas previamente) y, de corresponder, en la respectiva RCA.

3.8. Ante cualquier duda respecto a la aplicación del permiso sectorial tipificado en el artículo 66 bis del Código de Aguas, el interesado podrá consultar la pertinencia ante la Dirección General de Aguas.

3.9. Como Anexo a esta Circular se acompaña la Minuta DCPRH N°12/2024, que reemplaza los lineamientos técnicos establecidos en la Minuta DCPRH N°56/2016.

Saluda atentamente a usted,



RODRIGO SANHUEZA BRAVO
DIRECTOR GENERAL DE AGUAS

DSM/RBV/GAM

Distribución electrónica:

- Direcciones Regionales de Agua
- División de Estudios y Planificación
- Departamento de Administración de Recursos Hídricos
- División Legal
- Departamento de Fiscalización
- Oficina de Partes DGA
- Archivo DCPRH

N° de Proceso SSD: 18125627/





DEPTO. CONSERVACIÓN Y
PROTECCIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS
PROCESO N° 17987630

MINUTA: DCPRH N° 12/

MAT.: Actualiza Minuta Técnica sobre Permiso Ambiental Sectorial relativo a las Obras de Recarga Artificial de Acuíferos a las que se refiere el artículo 66 bis del Código de Aguas

SANTIAGO, 17 de abril de 2024

Tabla de contenido

1.	Disposiciones generales	3
1.1.	Introducción	3
1.2.	Permisos sectoriales.....	3
1.2.1.	Concepto	3
1.2.2.	Estructura	3
1.2.3.	Clasificación.....	3
2.	Permiso Ambiental Sectorial	4
2.1.	Permiso.....	4
2.2.	Norma fundante	4
2.3.	Normas relacionadas.....	4
3.	Objetivos de Protección Ambiental	4
4.	Requisito para su otorgamiento.....	5
5.	Aplicación del permiso	5
5.1.	Conceptos.....	6
5.1.1.	Acuífero	6
5.1.2.	Recarga	7
5.1.3.	Proyecto de recarga artificial	7
5.1.4.	Obras de recarga artificial	8
5.1.5.	Aguas para la recarga artificial	10
6.	Contenidos técnicos y formales	11
6.1.	Contenidos ambientales.....	11
6.2.	Contenidos sectoriales	13
7.	Criterios sobre los contenidos técnicos	14
7.1.	Acerca de la caracterización de la calidad de las aguas a recargar.....	14
7.1.1.	Descripción de calidad del agua a recargar durante la etapa de diseño	15

7.1.2. Monitoreo de la calidad del agua a recargar durante la operación.....	16
7.2. Acerca de la caracterización de la calidad de las aguas del sector influenciado directamente por la recarga artificial.....	17
7.3. Acerca de la descripción y características geológicas e hidrogeológicas del sector de recarga.....	19
8. Referencias bibliográficas	21

1. Disposiciones generales

1.1.Introducción

El presente documento actualiza las orientaciones respecto a la aplicabilidad, criterios y requisitos referidos al PAS 158, reemplazando a la Minuta DCPRH N°56/2016.

1.2.Permisos sectoriales

1.2.1. Concepto

Los PAS son aquellos permisos sectoriales que tienen un objeto de protección ambiental. Dichos permisos pueden tener más de un objeto de protección y se puede dar el caso de PAS que además tienen aspectos sectoriales (no ambientales). En estos casos, sólo se revisa dentro del SEIA el contenido que se enmarca dentro del(los) objeto(s) de protección ambiental.

1.2.2. Estructura

Cada PAS se estructura expresando:

- (i) El nombre del permiso.
- (ii) La norma sectorial en que se funda, esto es, el artículo y cuerpo normativo que crea el permiso.
- (iii) Los requisitos para su otorgamiento, que son aquellos criterios que permiten determinar si se resguarda el objeto de protección ambiental del permiso.
- (iv) Los contenidos técnicos y formales que deben presentarse para acreditar su cumplimiento. Corresponden a los antecedentes que el titular debe entregar para determinar si se da cumplimiento al requisito de otorgamiento. Un PAS puede tener sólo contenidos de carácter ambiental, o contenidos de carácter ambiental y sectorial (no ambiental). En cualquier caso, los contenidos que se enumeran en el Reglamento del SEIA, DS N°40/2012, son sólo aquellos de carácter ambiental, mientras que en la presente Minuta se entrega un mayor detalle respecto de los contenidos ambientales, y se enuncian a modo informativo los sectoriales.

1.2.3. Clasificación

Se ha definido la necesidad de clasificar los PAS en: (i) PAS de contenidos únicamente ambientales, que son aquellos que tienen solo contenidos de carácter ambiental, y (ii) PAS mixtos, que son aquellos que tienen contenidos ambientales y no ambientales. El Reglamento del SEIA trata los PAS en párrafos distintos según esta clasificación.

a) PAS con contenidos únicamente ambientales

Se catalogan como de contenidos únicamente ambientales aquellos PAS que sólo tienen contenidos de carácter ambiental. La relevancia de esta clasificación radica en que dichos PAS deben tramitarse completamente dentro del SEIA, por lo que la Resolución de Calificación Ambiental (RCA) favorable dispone su otorgamiento por parte del Organismo de la Administración del Estado con Competencia Ambiental (OAECA) correspondiente, bajo las condiciones o exigencias que en ella misma se expresen.

Para estos efectos, el titular del proyecto o actividad debe exhibir la RCA favorable ante el órgano sectorial correspondiente, que procederá a otorgar el permiso sin más trámite.

Por su parte, si la RCA es desfavorable, dichos órganos quedarán obligados a denegar tales permisos.

b) PAS mixtos

Se catalogan como PAS mixtos, aquellos PAS que tienen contenidos ambientales y no ambientales.

En este supuesto, se analizarán dentro del SEIA aquellos contenidos que son ambientales, correspondiendo al OAECA en forma sectorial (fuera del SEIA), revisar los demás contenidos.

Respecto de los contenidos ambientales, el titular debe presentar los antecedentes ambientales dentro del SEIA para su evaluación. En tal caso, una RCA favorable certifica que se da cumplimiento a los requisitos asociados, y los organismos competentes no podrán denegar los correspondientes permisos en razón de los referidos requisitos, ni imponer nuevas condiciones o exigencias de carácter ambiental que no sean las establecidas en la RCA.

2. Permiso Ambiental Sectorial

2.1. Permiso

Permiso para ejecutar obras para la recarga artificial de acuíferos, en conformidad a lo normado en el artículo 66 bis del D.F.L N°1122, de 1981, del Ministerio de Justicia, Código de Aguas y su última reforma del año 2022. Este corresponde a un PAS mixto.

2.2. Norma fundante

El permiso se funda en el artículo 66 bis del D.F.L N°1122, de 1981, del Ministerio de Justicia, Código de Aguas. El artículo 66 bis, en su inciso 1° dispone que:

“Sin perjuicio de otros permisos regulados en este Código, previo informe favorable de la Dirección General de Aguas sobre la no afectación a extracciones de agua para consumo humano y aspectos relativos a la calidad de las aguas, cualquier persona podrá ejecutar obras para recargar artificialmente un acuífero”.

2.3. Normas relacionadas

- Artículo 158 del D.S. MMA N°40 que Aprueba el Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, RSEIA, de 12 de agosto de 2013. El permiso para ejecutar obras para la recarga artificial de acuíferos, indica en su inciso 3° lo siguiente: *“El requisito para su otorgamiento consiste en conservar y proteger el acuífero”.*
- Título 8 “Recarga artificial”, específicamente artículos 47 al 50 del D.S. MOP N°203 que Aprueba el Reglamento sobre normas de exploración y explotación de aguas subterráneas, del 7 de marzo de 2014.

3. Objetivos de Protección Ambiental

Los objetivos de protección ambiental asociados a este permiso corresponden a la conservación y protección del acuífero. En el Código de Aguas, se señala que la DGA deberá pronunciarse sobre la no afectación a extracciones de agua para consumo humano y aspectos relativos a la calidad de las aguas. En la norma relacionada D.S. MOP N°203/2013, en su artículo 49, se señala que la aprobación del proyecto se realizará siempre que *“no provoque la colmatación¹ del acuífero ni la contaminación² de las aguas”.*

En el contexto del SEIA, el objetivo de protección ambiental deberá corresponder a la no contaminación de las aguas subterráneas y la no afectación a extracciones de agua para consumo humano.

¹ **Colmatación:** se relaciona con la capacidad de almacenar agua y permitir su paso a través del acuífero. En lo específico, corresponde a una obstrucción provocada por el deterioro de la capacidad de incorporar un volumen de agua al infiltrarse o inyectarse a un acuífero. Puede clasificarse en cuatro tipos (Martin, 2013): química (precipitación/disolución), física (asociado principalmente a depositación o movilización de sólidos finos), mecánica (arrastre de aire/gases) y biológica (algas o bacterias).

² **Contaminación:** se entenderá como la alteración significativa de la calidad del agua de acuerdo a los criterios establecidos en el artículo 6° del DS MMA N°40/2012.

4. Requisito para su otorgamiento

De acuerdo, a lo señalado en el artículo 158 del D.S. MINSEGPRES N°40 que Aprueba el Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, RSEIA, de 12 de agosto de 2013, el requisito para el otorgamiento del PAS consiste en conservar y proteger el acuífero recargado artificialmente.

5. Aplicación del permiso

Este PAS aplicará a obras de recarga artificial de acuíferos, considerándose como tales aquellas cuyo objetivo sea: (i) resguardar la preservación ecosistémica, incluyendo la mejora o mantención de la sustentabilidad del acuífero, (ii) evitar la intrusión salina, (ii) aprovechar la capacidad depuradora del subsuelo, (iv) infiltrar agua desalinizada o residuos líquidos regulados por la normativa ambiental, o (v) aprovechar la capacidad de almacenamiento y conducción de los acuíferos para posteriormente posibilitar la reutilización de estas aguas. Lo anterior, en concordancia con las definiciones del artículo 66 bis del D.F.L N°1122, de 1981, del Ministerio de Justicia, Código de Aguas.

Las siguientes obras quedarán exceptuadas del PAS 158, en virtud de las razones descritas a continuación:

- Obras de recarga de aguas lluvia. Estas obras quedarán excluidas del PAS 158 en virtud de lo señalado en el inciso tercero del artículo 66 bis del Código de Aguas, el cual señala que *“No requerirá del informe a que se refiere el inciso primero la obra de recarga de aguas lluvias, que para estos efectos se considerará recarga natural”*.
- Obras que recarguen en forma no intencional el acuífero. Dichas obras no contemplan alguno de los fines señalados en el inciso cuarto del artículo 66 bis del Código de Aguas, de forma que no se considerarán recarga artificial para efectos del permiso. Entre estas obras se encuentran las pérdidas de redes de agua potable, redes de aguas servidas, canales de riego, depósitos de relave y piscinas de evaporación, entre otras.
- Obras de disposición de desagües y aguas servidas a través del suelo, pudiendo estas estar reguladas o no por el D.S. MINSEGPRES N°46/2002. Estas obras están sujetas al PAS 138, de competencia de MINSAL o SISS. El requisito para su otorgamiento es que la disposición de aguas servidas no amenace la salud de la población, para lo cual, dentro de los antecedentes requeridos, se encuentran las características físico – químicas de las aguas servidas, el caudal y condiciones contempladas para la descarga, y el distanciamiento desde el área de infiltración a cualquier fuente destinada a la producción de agua para consumo humano (formal o informal). Considerando lo anterior, el otorgamiento del PAS 138 vela por los requisitos de otorgamiento del permiso de recarga artificial de acuíferos (no afectación de extracciones para consumo humano y calidad de las aguas), de forma que, en función de los principios de economía procedimental y coordinación, aquellas obras podrían ser eximidas de la autorización DGA.
- Obras de evacuación, tratamiento o disposición final de residuos industriales o mineros, pudiendo estas estar reguladas o no por el D.S. MINSEGPRES N°46/2002. Estas obras están sujetas al PAS 139, de competencia de MINSAL o SISS. El requisito para su otorgamiento es que la calidad del agua del cuerpo receptor no ponga en riesgo la salud de la población, para lo cual, dentro de los antecedentes requeridos, se encuentran el caudal y caracterización de los residuos líquidos industriales o mineros, la descripción y georreferenciación de las obras de descarga, si corresponde, la descripción y caracterización del cuerpo receptor superficial y/o subterráneo, y el efecto esperado de la

descarga sobre el cuerpo o curso receptor. Considerando lo anterior, el otorgamiento del PAS 139 vela por los requisitos de otorgamiento del permiso de recarga artificial de acuíferos (no afectación de extracciones para consumo humano y calidad de las aguas), de forma que, en función de los principios de economía procedimental y coordinación, aquellas obras podrían ser eximidas de la autorización DGA.

No obstante, lo anterior, las excepciones para aquellas obras a las que les sea aplicable el PAS 138 o 139 no aplicarán en caso de que se pretenda constituir un derecho de aprovechamiento de aguas con cargo a la obra de recarga artificial, en cuyo caso deberán realizar la tramitación de acuerdo a lo señalado en el art. 66 ter del Código de Aguas.

En todos aquellos casos en que sí aplique el PAS 158, la Dirección General de Aguas (DGA) deberá pronunciarse respecto a las materias que correspondan al objeto de protección, encontrándose dentro de los requisitos de otorgamiento el que se asegure la no afectación del acuífero en cuanto a la calidad de las aguas subterráneas y la no afectación de extracciones para consumo humano. Con esta finalidad, se incluyen en este permiso los contenidos técnicos y formales que permiten dar cuenta de dichos requisitos de otorgamiento. Se entiende que una obra de recarga de acuífero, evaluada en el marco SEIA, forma parte de un proyecto o actividad listada en el artículo 10 de la Ley N°19.300/1994.

El siguiente diagrama muestra el análisis de aplicabilidad del PAS 158.

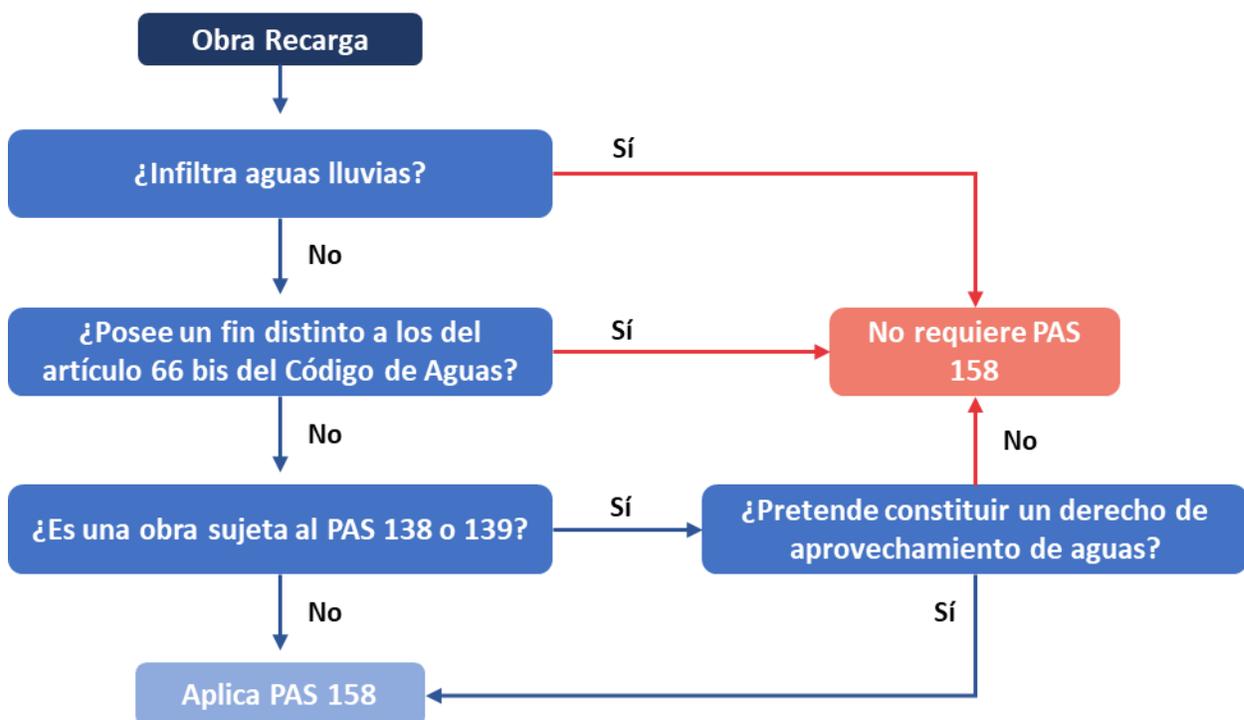


Figura 1. Análisis de aplicabilidad del PAS 158 para ejecutar obras para la recarga artificial de acuíferos

De acuerdo con el diagrama anterior, para las circunstancias en que aplica el PAS 158, se procederá a evaluar los antecedentes técnicos y formales presentados.

5.1. Conceptos

5.1.1. Acuífero

Un acuífero es una formación geológica permeable susceptible de almacenar agua en su interior y ceder parte de ella. La capacidad del acuífero para almacenar y transmitir agua varía con sus propiedades hidráulicas, entre ellas el coeficiente de almacenamiento y la conductividad hidráulica.

Acuífero libre es aquel en que el agua de la zona saturada se encuentra en contacto directo con la atmósfera a través de los espacios o intersticios existentes en la zona no saturada.

Acuífero confinado es aquel en que el agua alojada en el interior de la zona saturada se encuentra a una presión mayor que la atmosférica.

Acuitardo es la unidad que permite el almacenamiento de agua, pero que tiene una limitada capacidad para transmitirla, haciendo inviable su explotación.

La zona no saturada corresponde a la zona entre la superficie de la tierra y la superficie de la zona saturada. El agua en esta zona se encuentra generalmente a una presión menor que la atmosférica y los vacíos en el medio poroso pueden contener aire u otros gases. En esta zona, tanto la presión como la conductividad hidráulica dependen del contenido de humedad del suelo.

Zona saturada corresponde a la parte de la sub-superficie en la cual todos los intersticios están llenos de agua bajo una presión mayor a la atmosférica.

Para efectos administrativos y en el contexto de la presente Minuta, se entenderá por Sector Hidrogeológico de Aprovechamiento Común (SHAC) un acuífero o parte de un acuífero cuyas características hidrológicas espaciales y temporales permiten una delimitación para efectos de su evaluación hidrogeológica o gestión en forma independiente (tomado de art. 54, letra g, del DS MOP N°203/2013).

5.1.2. Recarga

La recarga de los acuíferos puede producirse de forma **natural** a través de la precipitación, o de forma **artificial**.

La **recarga natural** corresponde al flujo o caudal de agua que alimenta un acuífero, proveniente de aguas pluviales, corrientes, detenidas o subterráneas, que no sea a consecuencia de la intervención humana (art. 66 bis inciso 2, Código de Aguas). Asimismo, las obras de infiltración de aguas lluvias, para efectos de los permisos en cuestión, se considerarán recarga natural. De acuerdo con lo señalado en la Figura 1, a estas recargas no les aplica el PAS 158.

Por contraposición, la **recarga artificial** es el flujo o caudal de agua que alimenta un acuífero como consecuencia de la intervención humana. La recarga artificial puede clasificarse en **no intencional**, por ejemplo, a través de pérdidas en las redes y riego; intencional **no gestionada**, como en obras de drenaje de fosas sépticas, sumideros de aguas lluvias, entre otros; e intencional **gestionada**, para reúso y/o beneficio ambiental, mediante obras como pozos de inyección, piscinas de infiltración, entre otros (Comisión Nacional de Riego, 2020; Dillon et al., 2022; Page et al., 2018). Para efectos del presente permiso, no se incluyen los residuos líquidos dispuestos a través de una obra de infiltración.

5.1.3. Proyecto de recarga artificial

Un proyecto de recarga artificial de acuíferos requiere de un conjunto de infraestructura e instrumentación que permite su operación y control. Como se muestra en la Figura 2, el proyecto abarca aspectos previos a la operación de la obra de recarga y durante la operación de la misma, lo que incluye el control del almacenamiento del agua recargada en el acuífero y, finalmente, la recuperación de la misma, si corresponde.

Proyecto de recarga artificial de acuífero



Figura 2. Componentes de un proyecto de recarga artificial de acuífero.

(*) La disposición de una obra para el pre-tratamiento del agua dependerá de cada proyecto. Algunas indicaciones generales se incluyen en el título 7.

(**) De acuerdo al Código de Aguas, la recarga artificial se puede realizar con fines distintos a los de recargar el acuífero para reutilizar posteriormente esas aguas y, por lo tanto, el proyecto de recarga artificial de acuíferos no necesariamente debe contar con la etapa de recuperación del agua recargada. Cabe señalar que el PAS 158 contempla la autorización para la ejecución de obras de recarga. La regularización de la recuperación del agua recargada es un trámite posterior a evaluarse sectorialmente en la DGA.

5.1.4. Obras de recarga artificial

Una obra de recarga artificial es un dispositivo diseñado para infiltrar agua al acuífero. Ello puede realizarse desde la superficie mediante un proceso de infiltración, que considera el paso del agua a través de la zona no saturada, o bien, puede realizarse la recarga en profundidad en cuyo caso el agua ingresa directamente a la zona saturada, ya sea mediante un proceso de infiltración (a presión atmosférica) o de inyección (con una presión mayor a la atmosférica) (ver Figura 3, Figura 4 y Tabla 1).

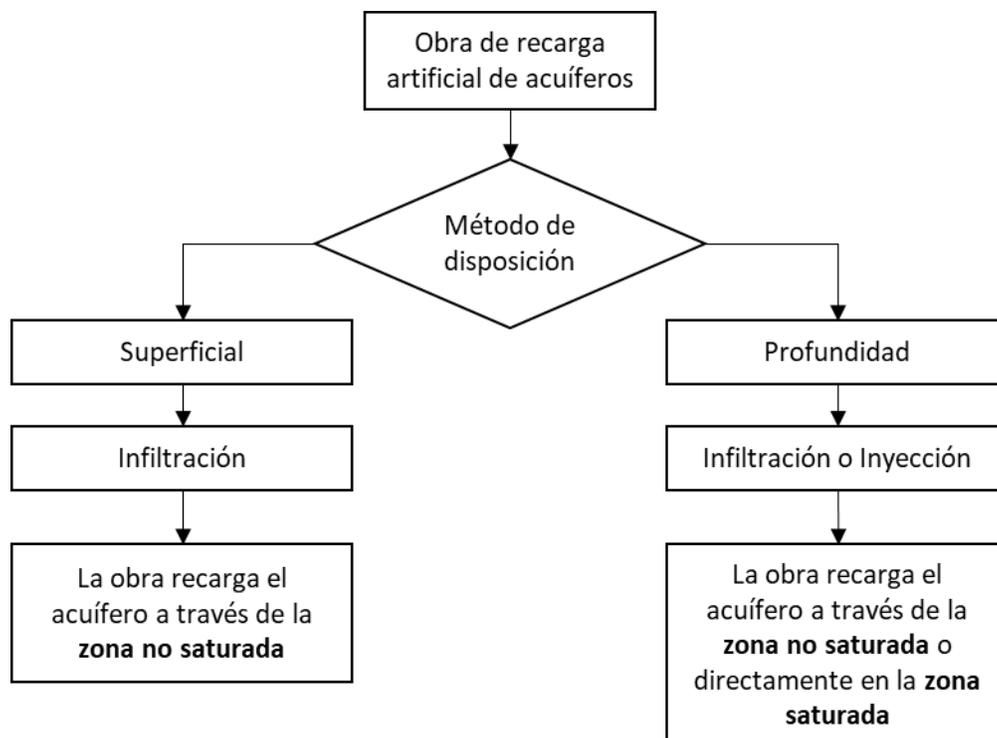


Figura 3. Diferenciación de un proyecto de recarga artificial según el método de disposición del agua en el acuífero

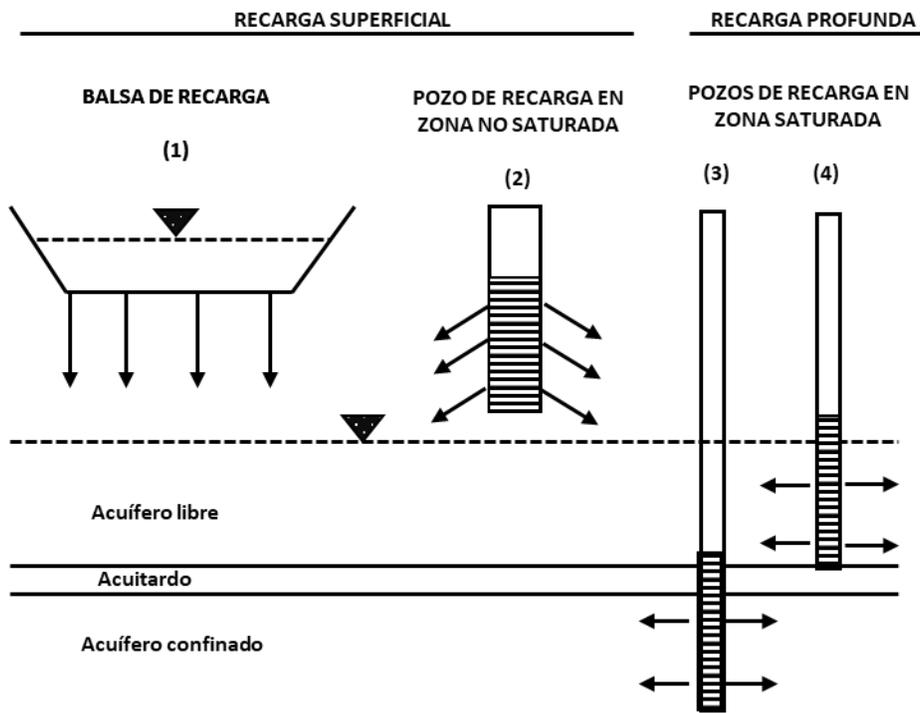


Figura 4. Recarga superficial y profunda mediante obras comúnmente utilizadas para la recarga artificial de acuíferos (National Research Council, 2008)

Existen múltiples características que definen una obra de recarga artificial. En la Tabla 1 se presentan obras comúnmente utilizadas (Amphos 21 Consulting Chile & Dirección General de Aguas, 2014) que realizan una recarga desde la superficie o en profundidad, dentro o fuera de un cauce, mediante un proceso de infiltración o de inyección del agua hacia el acuífero, según la ubicación relativa a la zona saturada.

Tabla 1. Obras de recarga artificial de acuíferos utilizadas comúnmente (modificado de DGA, 2014)

Método de recarga artificial	Zona de recarga	Obra de recarga artificial	Representación gráfica
Recarga superficial: añade agua al acuífero <u>pasando por la zona no saturada</u>	Fuera del cauce	Balsas, lagunas o piscinas de infiltración Zanjas, pozos secos, acequias o canales	
	En el cauce	Barreras, diques de retención y represas en el cauce	
		Diques permeables o semipermeables	
		Filtración a través del banco del río (river bank filtration)	
Recarga profunda: añade agua al acuífero <u>directamente a la zona saturada</u>	Directamente al acuífero	Pozos abiertos de infiltración	
		Almacenamiento en acuífero y recuperación posterior en el mismo pozo (ASR: Aquifer Storage and Recovery)	
		Almacenamiento en acuífero, transferencia y recuperación en otro pozo (ASTR: Aquifer Storage, Transfer and Recovery)	
		Barreras de pozos de inyección	

5.1.5. Aguas para la recarga artificial

a) Situación jurídica de las aguas para la recarga artificial

Para obtener el PAS 158 se debe declarar el dominio de las aguas a disponer en la obra de recarga artificial, ello con el fin de resguardar el origen de las aguas y asegurar los caudales para la operación proyectada (ver requisitos sectoriales en el punto 6.2)

b) Origen de las aguas

Según la procedencia del agua, se verá condicionada la cantidad y calidad de la misma. En el caso de la calidad, las aguas podrían requerir de un proceso de tratamiento previo para cumplir con las exigencias asociadas a los objetivos de protección ambiental. En el título 7 de esta Minuta se incluyen orientaciones al respecto.

Para efecto de la tramitación del presente PAS, se consideran los siguientes tipos de aguas factibles de utilizarse para la recarga artificial de acuíferos:

- i. Aguas superficiales corrientes o detenidas
- ii. Aguas subterráneas previamente tratadas extraídas del acuífero
- iii. Aguas tratadas:
 - a. Agua potable
 - b. Agua procedente de una planta desalinizadora
 - c. Aguas de plantas de tratamiento de aguas servidas
 - d. Agua procedente de efluentes industriales

6. Contenidos técnicos y formales

6.1. Contenidos ambientales

Los contenidos técnicos y formales que deben presentarse para acreditar su cumplimiento se enuncian a continuación y son complementados en el título 7.

a) Descripción del tipo y disposición de las obras de recarga artificial

- a.1. Descripción del lugar de emplazamiento de la obra.
- a.2. Detalle del tipo de obra de recarga, características constructivas básicas, principales dimensiones, procedimientos de operación y mantención.
- a.3. Descripción de las fases de la obra (construcción, operación y cierre, si corresponde)
- a.4. Estimación de los plazos y periodos de construcción de la obra.
- a.5. Plano a escala del proyecto; se deberá considerar al menos los siguientes planos: (1) plano o mapa que indique la ubicación del proyecto, señalando ubicación de caminos, ciudades o poblados cercanos, cursos de agua naturales y artificiales, uso de suelo, ubicación de pozos con derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas otorgados por DGA, actividades que pueden condicionar el proyecto, etc.; incluir, de modo orientativo, la delimitación del sector acuífero a recargar, (2) vista en planta del área sin proyecto, indicando curvas de nivel topográfico y curvas piezométricas del acuífero a recargar, (3) vista en planta del área con proyecto, que incluya todos los elementos que lo componen y en particular lo relativo al control de calidad de aguas de la recarga artificial y la descripción de la infraestructura proyectada para la recuperación del agua recargada, incluyendo la ubicación del punto de extracción y su regla de operación, si corresponde, (4) vista en planta del proyecto, indicando las curvas piezométricas del acuífero considerando la recarga artificial y la dirección del flujo a recargar.
- a.6. Distanciamiento desde el área de infiltración a cualquier fuente destinada a la producción de agua para consumo humano (formal o informal³).

b) Caracterización de la calidad física y química de las aguas que se infiltrarán con la obra

- b.1. Descripción del origen de las aguas destinadas a la recarga.
- b.2. Caracterización de las propiedades físicas, químicas y biológicas de las aguas destinadas para la recarga. Según sea el origen de las aguas, describir la variabilidad de sus propiedades. Al respecto, en el título 7 se presentan algunos criterios orientativos.
- b.3. Si corresponde, incluir una descripción de los procesos de pre-tratamiento del agua a recargar.
- b.4. Si corresponde, detallar la normativa ambiental que cumplirán las aguas que se infiltrarán.

c) Caracterización de la calidad de las aguas del sector influenciado directamente por la recarga artificial

- c.1. Propiedades químicas de las aguas del acuífero sin proyecto. Se requiere presentar una caracterización física, química y biológica de las aguas subterráneas en el área de influencia.
- c.2. En cuanto a la extensión espacial de la caracterización de las aguas del acuífero, se requiere mediciones aguas arriba y aguas abajo de la ubicación proyectada para la obra de

³ Uso de aguas no formalizado.

recarga artificial, ello visto en el sentido de la dirección de flujo del acuífero. En el título 7 se presentan algunas orientaciones al respecto.

- c.3. Describir el comportamiento esperado de las propiedades químicas, físicas y biológicas de las aguas del acuífero producto de la ejecución proyectada de la recarga artificial en las distintas etapas del proyecto. En el título 7 se presentan algunas orientaciones respecto del nivel de detalle que se requiere según sea el caso.

d) Descripción y características geológicas e hidrogeológicas del sector de recarga

- d.1. **Geología:** presentar un estudio regional y local, con base a antecedentes bibliográficos y/o de terreno, en el cual se incluya mapas y perfiles geológicos, asociados al área de emplazamiento de la obra. La descripción y caracterización geológica debe permitir una adecuada comprensión de los materiales que conforman el acuífero en el área de influencia de la recarga artificial.
- d.2. **Hidrogeología:** el estudio hidrogeológico tiene por objetivo disponer de un conocimiento adecuado del acuífero a recargar, teniendo en cuenta las condiciones geológicas que condicionarán la operación de la obra de recarga y el flujo de las aguas subterráneas en el acuífero. Un estudio hidrogeológico para el sector de recarga incluirá una descripción detallada de la topografía, geología, hidrología, propiedades hidráulicas del sector acuífero, entre otros aspectos técnicos. Todo lo anterior permitirá determinar la extensión del área de influencia del proyecto en un sentido horizontal (vista en planta del sector influenciado) y en profundidad (vista en corte del sector acuífero influenciado), prever el efecto sobre los flujos de agua subterránea en el acuífero y en su calidad. Lo anterior se condice con la necesidad de prever cambios en el balance hídrico, relacionado con las modificaciones en el nivel freático y eventualmente en propiedades hidráulicas tales como: porosidad, coeficiente de almacenamiento, conductividad hidráulica y la transmisividad.

Como mínimo, el estudio hidrogeológico debe describir el sector influenciado por la recarga artificial en los siguientes aspectos:

- Propiedades hidrogeológicas de la zona no saturada y zona saturada del acuífero: porosidad, coeficiente de almacenamiento, permeabilidad o conductividad hidráulica y transmisividad.
- Geometría del sector acuífero a recargar. Indicar la ubicación de estratos impermeables o semi-permeables que condicionen el área de influencia de la recarga artificial. Describir eventuales conexiones del acuífero a recargar con zonas más profundidad o más someras, según el caso.
- Registros de niveles freáticos del acuífero a recargar, mapa piezométrico regional y local, gradiente hidráulico, direcciones de flujo y caudales pasantes en el acuífero en la condición sin proyecto. En el título 7 se presentan algunas orientaciones al respecto a la extensión temporal y espacial de los datos de niveles.
- Predicción⁴ de los efectos del proyecto sobre la calidad del agua durante las distintas etapas del proyecto.
- Delimitación del área de influencia del proyecto de recarga artificial.
- Identificación de zonas ambientales sensibles que dependen de las aguas subterráneas dentro del área de influencia del proyecto.
- Evaluación de impacto del proyecto sobre la calidad de las aguas del acuífero.

⁴ Cómo predecir los efectos del proyecto dependerá de las características particulares de la obra de recarga y de su área de influencia. En coherencia con la particularidad de cada proyecto de recarga, podrían requerirse herramientas de modelación simples o complejas. Con todo, éstas siempre deberán permitir conocer el comportamiento esperado de la calidad del agua subterránea, lo que también requiere conocer los efectos sobre los niveles freáticos y los flujos de agua subterránea, ello por la alta dependencia de estas variables. Mayores orientaciones pueden ser consultadas en el numeral 7.3 de esta Guía.

e) Plan de monitoreo

- e.1. El plan de monitoreo deberá ser coherente con la duración de las etapas del proyecto, con la obra de recarga artificial, con las características del acuífero a recargar y con el sector influenciado por la recarga.
- e.2. El plan de monitoreo debe permitir verificar la efectividad de la recarga artificial del acuífero y la no afectación al medio ambiente, ello en términos de la no contaminación del acuífero. En este sentido, el plan de monitoreo deberá incluir el seguimiento de la calidad del agua a recargar y de la calidad del agua en el acuífero en el sector influenciado por la recarga.
- e.3. El plan de monitoreo debe indicar los parámetros a medir, frecuencia, lugares de medición, indicadores de cumplimiento o umbrales de comparación, metodologías para efectuar las mediciones y la toma de muestras de agua, los protocolos de análisis de los datos, y la frecuencia y contenidos de los informes de monitoreo. En el título 7 se presentan algunos criterios orientativos al respecto.

f) Plan de acción

- f.1. Se requiere un plan de acción por riesgos ambientales relacionados a las distintas etapas del proyecto de recarga artificial considerando, por ejemplo, una eventual contaminación de las aguas subterráneas en el sector influenciado por la recarga artificial, lo cual puede traducirse en efectos sobre el medio ambiente o la población.
- f.2. El plan de acción debe señalar claramente, para cada riesgo identificado en las distintas etapas del proyecto, la(s) medida(s) a adoptar con el respectivo efecto esperado, los plazos de ejecución de las medidas y los indicadores de efectividad de éstas. Las medidas deberán ser consistentes con las características de las obras, con el acuífero a recargar y las zonas ambientales sensibles o la población eventualmente afectada dentro del sector influenciado por la recarga. Asimismo, el plan de acción deberá indicar la oportunidad y vías de comunicación a la Superintendencia del Medio Ambiente para la activación de dicho plan.
- f.3. Durante la posterior tramitación sectorial, antes del inicio de la fase de construcción, se deberá presentar el plan de acción que incorpore las observaciones o condiciones indicadas por los OAECA.

6.2.Contenidos sectoriales

Los contenidos sectoriales están conformados por antecedentes administrativos y antecedentes tendientes a comprobar la no colmatación del acuífero. Toda presentación deberá incorporar los antecedentes administrativos. Por otra parte, los contenidos tendientes a comprobar la no colmatación del acuífero deberán ser presentados dependiendo de si la obra de recarga configura los supuestos del art. 66 ter del Código de Aguas, es decir, si la obra utiliza aguas provenientes desde una fuente ajena a la cuenca o tiene por objeto aumentar la disponibilidad para constituir nuevos derechos, o no. Si la obra configura los supuestos del art. 66 ter, deberán ser presentados los contenidos sectoriales tendientes a comprobar la no colmatación del acuífero. En caso contrario, dichos contenidos no deberán ser presentados.

En el caso de que la respectiva obra de recarga no esté contenida en una RCA favorable, la tramitación sectorial deberá incorporar la evaluación de los contenidos ambientales tendientes a demostrar la no contaminación del acuífero y la no afectación de extracciones para consumo humano. Para aquellas obras que se presenten en este último caso, la DGA emitirá un informe relativo al cumplimiento de los requisitos que deban demostrarse en dicha oportunidad.

Por su parte, es importante destacar que la obtención del PAS 158, en el marco del SEIA acredita que la ejecución de una obra de recarga artificial de acuífero cumple con la normativa ambiental vigente, en particular, acredita que la obra de recarga permite conservar y proteger el acuífero en términos de asegurar la no contaminación de las aguas subterráneas y la no afectación de extracciones de agua para consumo humano.

Además, una solicitud de autorización para la extracción de aguas subterránea, con cargo a la obra de recarga, es un trámite posterior, voluntario e iniciado por el titular, que debe ser realizado ante la DGA.

Los contenidos sectoriales a acompañar son los enunciados en el artículo 48, del D.S. MOP N°203/2013. Corresponden a contenidos administrativos los siguientes:

- 1) Nombre, rol único tributario y demás antecedentes para la individualización del solicitante y de su representante legal, si corresponde.
- 2) Una descripción de la naturaleza física y situación jurídica del agua a utilizar en la recarga artificial, debiendo acompañar los documentos necesarios para acreditar el dominio vigente del derecho de aprovechamiento de agua, si así correspondiere.

Por otro lado, los contenidos tendientes a demostrar la no colmatación del acuífero corresponden a los siguientes:

- 1) Memoria técnica que contenga, a lo menos, lo siguiente⁵:
 - a) Descripción del proyecto de recarga artificial.
 - i) Tipo y disposición de obras.
 - ii) Plan de operación y mantención.
 - iii) Modelación del efecto de la recarga sobre la cantidad de las aguas del Sector Hidrogeológico de Aprovechamiento Común.
 - b) Descripción y características geológicas e hidrogeológicas del sector de la recarga, que contemple al menos:
 - i) Características de la zona no saturada.
 - ii) Permeabilidad, almacenamiento y geometría del sector influenciado directamente por la recarga.
 - iii) Información de registros conocidos sobre el nivel del acuífero en el sector.
 - iv) Caracterización de la calidad de las aguas del sector de la recarga.
 - c) Una caracterización de la calidad de las aguas que se infiltrarán artificialmente. Además, la Dirección General de Aguas podrá requerir al solicitante la elaboración de análisis fisicoquímicos o bacteriológicos adicionales del agua que se infiltraría, cuando las características del proyecto de recarga artificial así lo ameriten.
 - d) Plan de monitoreo, que contemple al menos:
 - i) Monitoreo de la zona aledaña al emplazamiento de la obra de infiltración, con el objeto de observar el comportamiento de las aguas infiltradas, ya sea mediante la medición de niveles o no, a fin de evitar riesgos de inundaciones o afecciones a terceros.
 - ii) Monitoreo de la calidad de las aguas en el sector influenciado directamente por la recarga.
 - iii) Monitoreo del caudal y volumen de recarga.
 - e) Plan de acción frente a la eventual contaminación del sector influenciado directamente por la recarga.

7. Criterios sobre los contenidos técnicos

7.1. Acerca de la caracterización de la calidad de las aguas a recargar

La caracterización de la calidad del agua a recargar debe ser un aspecto relevante a considerar en la fase de diseño de la obra de recarga artificial y es un antecedente necesario para evaluar la autorización de la ejecución de la obra. La siguiente figura diferencia la caracterización de las aguas a recargar en la etapa de diseño de la obra y en la etapa de operación de la obra.

⁵ En este apartado no se incluyen aquellos contenidos técnicos ambientales que ya fueron descritos en el título 6.1.

Caracterización de las aguas a recargar

(1) Etapa de diseño de la obra de recarga artificial

(2) Etapa de operación de la obra de recarga artificial

(1.1) Descripción de la línea de base de calidad de aguas a recargar

(2.1) Monitoreo para la operación de la obra

Figura 5. Caracterización de la calidad de las aguas a utilizar para la recarga artificial según ocurra en la etapa de diseño o ejecución del proyecto

Durante la etapa de diseño resulta adecuado tener en cuenta las variaciones temporales que pudieran presentar las aguas a recargar. Se considera adecuado disponer de al menos 1 año de datos de calidad que describan la fuente de agua, cuyos datos sean recolectados con una periodicidad como mínimo trimestral. El objetivo que debe primar en esta etapa es disponer de una descripción de la calidad de las aguas que se contempla recargar con miras a: (1) facilitar las labores de predicción de los efectos de la operación de la obra de recarga sobre el acuífero, (2) identificación de la necesidad de implementar pre-tratamientos de agua, (3) diseñar procedimientos de mantención de la infraestructura que conforma la obra de recarga y (4) definir mecanismos, parámetros y frecuencias de monitoreo durante la etapa de operación.

7.1.1. Descripción de calidad del agua a recargar durante la etapa de diseño

- 1) Analizar, al menos una vez, todos los parámetros incluidos en la Norma Chilena de Agua Potable (NCh409/2005).
- 2) Comparar resultados obtenidos con los estándares de la NCh409/2005 y, según ello, llevar a cabo campañas periódicas para repetir los análisis de aquellos parámetros que hayan superado la norma.
- 3) En todas las campañas de muestreo se debe incluir como mínimo los siguientes análisis químicos: iones mayoritarios (HCO_3^- , CO_3^{2-} , Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+), metales susceptibles de cambios por las condiciones redox (Fe, Mn, As y Cu), contenido COT, coliformes totales, *Escherichia coli* y parámetros medidos in-situ (pH, potencial óxido-reducción, temperatura, conductividad eléctrica y oxígeno disuelto, en %sat y mg/L).

La Tabla 2 presenta los tipos de análisis a realizarse según la procedencia de las aguas a recargar y en la Tabla 3 se detallan los parámetros que incluye cada tipología, en coherencia con lo descrito en los puntos anteriores. En el caso de tratarse de una recarga de agua potable, se puede prescindir de los análisis detallados en las categorías *Orgánico*, *Plaguicida* y *Otros*. Para las demás posibles fuentes de agua, dichos análisis se deben realizar al menos 1 vez y, en atención a los resultados, evaluar la repetición durante el periodo de tiempo que dure la caracterización de las aguas a recargar.

Tabla 2. Tipo de análisis a realizas a las aguas destinadas a recargar artificialmente según su origen. (*) Se debe analizar al menos una vez en la etapa de descripción del agua a recargar y evaluar la repetición de los análisis en cada caso

Procedencia del agua a recargar	Tipo de análisis de agua					
	In-situ	Químico	Microbiológico	Orgánico	Plaguicida	Otros
Superficial	✓	✓	✓	*	*	*
Subterránea	✓	✓	*	*	*	*
Potable	✓	✓	*			
Aguas servidas tratadas	✓	✓	✓	✓	*	*
Planta desalinizadora	✓	✓	*	*	*	*
Efluente industrial	✓	✓	✓	*	*	*

Tabla 3. Parámetros a controlar en la caracterización de la línea de base "calidad de agua a recargar" (tomado de DGA, 2014)

Tipo de análisis	Parámetros
In-situ	Temperatura, conductividad eléctrica, pH, oxígeno disuelto, potencial óxido-reducción
Químicos	Iones mayoritarios, Tabla 1 y Tabla 2 de la NCh409/1.Of2005.
Microbiológicos	Coliformes totales y <i>Escherichia coli</i> , según se indica en el Título 4.1 de la NCh409/1.Of2005
Orgánicos	COT y Tabla 3 de la NCh409/1.Of2005
Plaguicidas	Tabla 4 de la NCh409/1.Of2005
Otros	Tabla 5 y Tabla 6 de la NCh409/1.Of2005

Según el origen de las aguas a recargar, la caracterización de la condición de línea de base puede variar en duración y en número de datos. En la Tabla 4 se indica la duración mínima recomendada y un rango de posibles frecuencias de monitoreo de los parámetros detallados en las tablas precedentes.

Tabla 4. Duración mínima y opciones de frecuencia de los análisis de las aguas a recargar

Procedencia del agua a recargar	Duración mínima	Opciones de frecuencia de análisis de las aguas a recargar			
		Mensual	Bimensual	Trimestral	Semestral
Superficial	1 año	✓	✓	✓	
Subterránea	1 año	✓	✓	✓	
Potable	6 meses			✓	✓
Planta de tratamiento de aguas servidas	1 año	✓	✓	✓	
Planta desalinizadora	6 meses		✓	✓	
Efluente industrial	1 año	✓	✓	✓	

7.1.2. Monitoreo de la calidad del agua a recargar durante la operación

La etapa de operación del proyecto de recarga artificial de acuífero debe considerar el seguimiento de la calidad de las aguas a recargar. El listado de parámetros a monitorear dependerá del origen de las aguas y de su condición definida como línea de base.

Tabla 5. Tipos de monitoreo de la calidad de las aguas a recargar durante la operación de una obra. (*) Análisis a repetirse a lo menos 1 vez al año.

Procedencia del agua a recargar	Tipo de análisis de agua					
	In-situ	Químico	Microbiológico	Orgánico	Plaguicida	Otros
Superficial	✓	✓	✓	*	*	*
Subterránea	✓	✓	*	*	*	*
Potable	✓	✓	*			
Aguas servidas tratadas	✓	✓	✓	✓	*	*
Planta desalinizadora	✓	✓	*	*	*	*
Efluente industrial	✓	✓	✓	*	*	*

Tabla 6. Frecuencia mínima recomendada para el monitoreo de la calidad del agua a recargar durante la etapa de operación de una obra de recarga artificial. (*) El listado de parámetros mínimos corresponde al indicado en la Tabla 3.

Parámetros (*)	Frecuencia mínima recomendada de monitoreo
In-situ	Diario a mensual
Químicos	Mensual a trimestral
Microbiológicos	Mensual a trimestral
Orgánicos	Mensual a trimestral
Plaguicidas	Anual
Otros	Anual

7.2. Acerca de la caracterización de la calidad de las aguas del sector influenciado directamente por la recarga artificial

La caracterización de la calidad del agua del acuífero es un antecedente necesario para evaluar la autorización de la ejecución de una obra de recarga artificial. Esta caracterización debe permitir conocer la condición de línea de base hidroquímica para el diseño de la obra y orientar la selección de parámetros de monitoreo durante la etapa de operación. La siguiente figura diferencia la caracterización de las aguas del acuífero en dos etapas: diseño y operación de la obra de recarga.

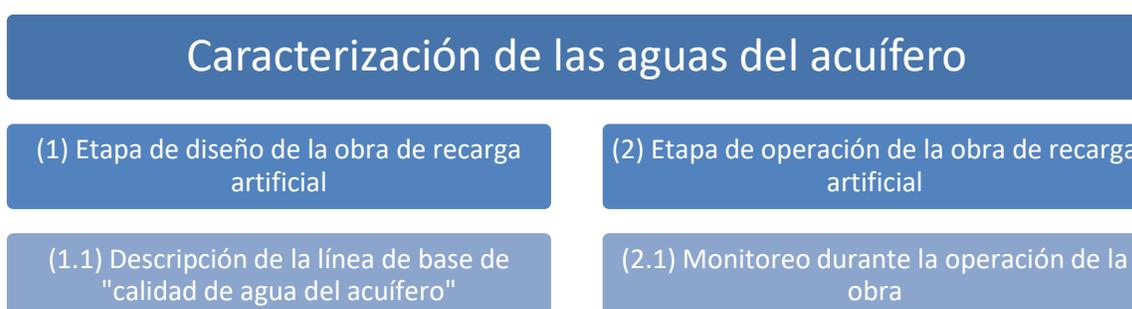


Figura 6. Caracterización de la calidad de las aguas del acuífero en las etapas de diseño y ejecución de la obra

Establecer la condición de línea de base de la calidad del agua del acuífero requiere de antecedentes suficientes que permitan conocer su dinámica temporal y espacial. Para una adecuada caracterización de la calidad del acuífero, resulta relevante poner énfasis en la selección de parámetros a controlar, la ubicación de los puntos de control que aseguren la representatividad del acuífero, la frecuencia del monitoreo para dar seguimiento a las variaciones y contar con protocolos adecuados de muestreo (Geohidrología Consultores & Dirección General de Aguas, 2009). Simultáneamente al control de la calidad, se debe llevar el registro del nivel piezométrico en cada punto monitoreado.

Tabla 7. Criterios técnicos para la caracterización de la calidad de las aguas del sector influenciado del acuífero, durante la etapa de diseño de la obra de recarga artificial (tomado de DGA, 2014)

Ítem	Estándar mínimo recomendado
Duración	Al menos 1 año de monitoreo de calidad de agua del acuífero en la etapa de diseño de la obra
Parámetros de calidad de agua	1) Analizar, al menos una vez al año, todos los parámetros incluidos en la Norma Chilena de Agua Potable (NCh409/2005). 2) Realizar el seguimiento periódico de los siguientes análisis químicos: iones mayoritarios (HCO_3^- , CO_3^{2-} , Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ y K^+), metales susceptibles de cambios por las condiciones redox (Fe, Mn, As y Cu), contenido COT, coliformes totales, <i>Escherichia coli</i> y parámetros medidos in-situ (pH, potencial óxido-reducción, temperatura, conductividad eléctrica y oxígeno disuelto, en %sat y mg/L).
Frecuencia de monitoreo	Mensual a trimestral. La frecuencia puede variar según los antecedentes de vulnerabilidad del sector acuífero o ante mayores

	riesgos de afectación por las actividades antrópicas cercanas. Se recomienda una mayor frecuencia de monitoreo de los parámetros medidos in-situ (ver Tabla 3 y Tabla 6).
Ubicación de los puntos	<p>1) Un pozo situado aguas arriba de la zona de recarga: el objetivo es controlar la situación hidroquímica en una zona que no tendrá efectos de la recarga.</p> <p>2) Un pozo o multipiezómetro inmediatamente aguas abajo de la zona de recarga: este punto debe permitir controlar el correcto funcionamiento de la obra de recarga (según lo diseñado), identificar zonas preferenciales de flujo y detectar tempranamente situaciones no previstas.</p> <p>3) Un pozo o multipiezómetro situado aguas abajo de la zona proyectada para la recarga. En la dirección de flujo del acuífero recargado, este punto podría ubicarse a una distancia equivalente al tiempo de tránsito del agua subterránea en 30 días.</p>

Como datos complementarios de calidad de agua subterránea en la zona próxima a la obra de recarga artificial proyectada, se recomienda revisar los antecedentes disponibles en el sitio web de la Dirección General de Aguas (DGA) y del Servicio de Evaluación Ambiental (SEA).

Una vez generados los datos hidroquímicos durante la fase de monitoreo, el procesamiento resulta relevante para determinar una conclusión adecuada acerca de la situación de la línea de base del acuífero. Para este fin, en ocasiones puede resultar útil el uso de algún estadígrafo que represente la condición histórica de un parámetro en el acuífero. En algún caso, la condición media puede resultar ser adecuada, pero en otros puede resultar poco representativa de un parámetro específico o de una zona particular.

A modo de referencia, para la determinación de la condición de línea de base de las aguas subterráneas de un acuífero, puede resultar útil la metodología desarrollada por Wendland et al. (2005), Aguilera (2010) y Geohidrología Consultores & Dirección General de Aguas (2009), por citar algunos ejemplos.

Durante la etapa de operación de la obra de recarga artificial, se debe contar con un monitoreo de la calidad del agua en la zona influenciada del acuífero. En la Tabla 8 se presentan lineamientos a considerar en el plan de monitoreo que debe establecerse para la etapa de operación.

Tabla 8. Criterios para el monitoreo de la calidad de las aguas del sector influenciado del acuífero, durante la etapa de operación de la obra de recarga artificial

Ítem	Estándar mínimo recomendado
Parámetros de calidad de agua	<p>1) Parámetros medidos in-situ: pH, potencial óxido-reducción, temperatura, conductividad eléctrica y oxígeno disuelto, en %sat y mg/L.</p> <p>2) Realizar el seguimiento periódico iones mayoritarios: HCO_3^-, CO_3^{2-}, Cl^-, SO_4^{2-}, NO_3^-, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^+ y K^+</p> <p>3) Monitorear la concentración de metales susceptibles de cambiar por las condiciones redox (Fe, Mn, As y Cu)</p> <p>4) Según el origen del agua y la condición establecida de línea de base del acuífero, se deberá considerar el monitoreo de parámetros específicos, tales como los indicados en la Tabla 3. Tabla 5</p>
Frecuencia de monitoreo	<p>Para los parámetros medidos in situ se recomienda el monitoreo continuo (horario a diario, por ejemplo).</p> <p>Los análisis químicos se recomiendan hacerlos con una frecuencia mínima que puede variar entre mensual a trimestral. En cualquier caso, la frecuencia puede variar según las particularidades del área recargada, tales como la vulnerabilidad del sector acuífero o ante mayores riesgos de afección por las actividades antrópicas cercanas.</p>

		Los parámetros químicos a monitorear pueden coincidir o ser un subconjunto de los incluidos en la Tabla 3.
Ubicación de los puntos		<p>1) Un pozo situado aguas arriba de la zona de recarga: el objetivo es controlar la situación hidroquímica en una zona que no tendrá efectos de la recarga.</p> <p>2) Un pozo o multipiezómetro inmediatamente aguas abajo de la zona de recarga: este punto debe permitir controlar el correcto funcionamiento de la obra de recarga (según lo diseñado), identificar zonas preferenciales de flujo y detectar tempranamente situaciones no previstas.</p> <p>3) Dos pozos o multipiezómetros situados aguas abajo de la zona proyectada para la recarga. En la dirección de flujo del acuífero recargado, un punto puede ubicarse a una distancia equivalente al tiempo de tránsito del agua subterránea en 30 días y el segundo a 90 días.</p>
Indicadores de cumplimiento umbrales de comparación	de o de	Deberán definirse a partir de la predicción del efecto del proyecto sobre la calidad del agua, teniendo presente los cambios esperados respecto de la condición de línea de base. La elección del estadígrafo que mejor represente el valor umbral dependerá siempre del comportamiento específico de los parámetros de calidad del agua en el área de influencia.

7.3. Acerca de la descripción y características geológicas e hidrogeológicas del sector de recarga

Para abordar estos aspectos en el diseño de una obra de recarga artificial de acuífero, puede considerarse como referencia los contenidos y alcances señalados en la Guía para el uso de modelos de aguas subterráneas en el SEIA (Servicio de Evaluación Ambiental, 2012) y en el informe Diagnóstico de Metodología para la Presentación y Análisis de Proyectos de Recarga Artificial (Geohidrología Consultores & Dirección General de Aguas, 2009).

Específicamente, en cuanto a la descripción de la piezometría del acuífero a recargar, se considera que la extensión mínima de datos a recolectar para la etapa de diseño de la obra, debe ser al menos de un año, debiendo extenderse en caso de tratarse de un año climatológicamente adverso (Geohidrología Consultores & Dirección General de Aguas, 2009).

Para el monitoreo durante la etapa de operación, se recomienda instrumentar con equipos que faciliten la medición y registro continuo (diario) del nivel piezométrico.

Para contar con una predicción de los efectos de la obra de recarga artificial sobre el acuífero, se debe disponer de una herramienta adecuada para cada caso. El estándar mínimo es disponer de un modelo numérico de flujo que permita cuantificar el efecto sobre los niveles piezométricos, evaluar las posibles direcciones de flujo del agua recargada y delimitar el área de influencia de la recarga. Según la procedencia del agua y el procedimiento de recarga (infiltración o inyección), se indica en la Tabla 9 el estándar mínimo de una modelación de flujo y transporte de agua subterránea para un proyecto de recarga artificial de acuíferos.

Tabla 9. Requisitos de modelación para proyectos de recarga artificial de acuífero, según el origen del agua y el procedimiento de recarga (infiltración o inyección, ver Figura 3, Figura 4 y Tabla 1). ZNS = Zona no saturada o vadosa. ZS = zona saturada. (*) El uso de una determinada herramienta predictiva debe evaluarse caso a caso.

Procedencia del agua	Procedimiento de recarga	Modelo de flujo	Modelo de transporte en ZS			Modelo de transporte en ZNS
			Advectivo	Dispersivo	Difusivo	
Superficial	Obra de infiltración	✓	✓	*	*	✓
Subterránea			*			*
Potable			*			*
Aguas servidas tratadas			✓	*	*	✓
Agua desalada			✓	*	*	*
Efluente industrial			✓	*	*	✓
Superficial	Obra de inyección o infiltración profunda	✓	✓	✓	✓	
Subterránea			✓	*	*	
Potable			*			
Aguas servidas tratadas			✓	✓	✓	
Agua desalada			✓			
Efluente industrial			✓	✓	✓	

8. Referencias bibliográficas

- Aguilera, F. (2010). *Metodología para Determinar Calidad Natural en Acuíferos* [Magíster en Ciencias de la Ingeniería]. Universidad de Chile.
- Amphos 21 Consulting Chile, & Dirección General de Aguas. (2014). *Diagnóstico de metodología para la presentación y análisis de proyectos de recarga de acuíferos*. <https://snia.mop.gob.cl/repositorioidga/handle/20.500.13000/6785>
- Comisión Nacional de Riego. (2020). *Guía Metodológica “Marco operativo para proyectos de recarga artificial de acuíferos”*.
- Dillon, P., Alley, W., Zheng, Y., & Vanderzalm, J. (2022). *Managed Aquifer Recharge: Overview and Governance*.
- Geohidrología Consultores, & Dirección General de Aguas. (2009). *Diagnóstico y clasificación de sectores acuíferos*. <https://snia.mop.gob.cl/repositorioidga/handle/20.500.13000/5246>
- Martin, R. (2013). *Clogging issues associated with managed aquifer recharge methods*. IAH Commission on Managing Aquifer Recharge. <https://recharge.iah.org/recharge/clogging.htm>
- National Research Council. (2008). *Prospects for Managed Underground Storage of Recoverable Water*. National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/12057>
- Page, D., Bekele, E., Vanderzalm, J., & Sidhu, J. (2018). Managed Aquifer Recharge (MAR) in Sustainable Urban Water Management. *Water*, 10(3), 239. <https://doi.org/10.3390/w10030239>
- Servicio de Evaluación Ambiental. (2012). *Guía para el uso de modelos de aguas subterráneas en el SEIA*. https://sea.gob.cl/sites/default/files/migration_files/guias/Guia_uso_modelo_aguas_subterranas_seia.pdf
- Wendland, F., Hannappel, S., Kunkel, R., Schenk, R., Voigt, H. J., & Wolter, R. (2005). A procedure to define natural groundwater conditions of groundwater bodies in Germany. *Water Science and Technology*, 51(3–4), 249–257. <https://doi.org/10.2166/wst.2005.0598>



GUILLERMO JOSE ARCE MARIN
ANALISTA DE EVALUACION Y
FISCALIZACION AMBIENTAL
Dirección General de Aguas
06/05/2024

GUILLERMO ARCE MARÍN
ANALISTA DE EVALUACIÓN Y FISCALIZACIÓN AMBIENTAL
DEPARTAMENTO DE CONSERVACIÓN Y PROTECCIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS



RAÚL ANTONIO BECERRA VALLADARES
JEFE EVALUACION Y FISCALIZACION
MEDIO AMBIENTAL
Dirección General de Aguas
06/05/2024

RAÚL BECERRA VALLADARES
JEFE EVALUACIÓN Y FISCALIZACIÓN AMBIENTAL
DEPARTAMENTO DE CONSERVACIÓN Y PROTECCIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS



DIEGO JULIAN SAN MIGUEL CORNEJO
JEFE(A) DEPARTAMENTO
Dirección General de Aguas
06/05/2024

DIEGO SAN MIGUEL
JEFE DEPARTAMENTO DE CONSERVACIÓN Y PROTECCIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS

