

Aplicación inteligente de sal para estacionamientos y aceras



Agosto de 2022

m1 MINNESOTA POLLUTION
CONTROL AGENCY

Table of contents

Descargo de responsabilidad	11
Agradecimientos	11
Propósito del manual	15
Impactos medioambientales del cloruro	16
Sal vs. cloruro.....	17
Información general.....	17
Decisiones empresariales acertadas	18
Fuentes de cloruro	19
¿Cuánta sal para deshielo aplicamos?	19
Sal para descalcificadores de agua.....	20
Aplicación de fertilizantes/estiércol y supresores de polvo	20
Cloruro en los recursos hídricos de Minnesota	21
Cloruro en lagos y arroyos	21
Aguas subterráneas y agua potable.....	22
Costos medioambientales del cloruro	23
Vida acuática.....	23
Lagos	24
Arroyos y ríos	24
Función de los estanques de aguas pluviales.....	25
Vegetación	25
Mascotas y vida silvestre	26
Suelo.....	26
Seguridad en la distribución del agua	26
Materiales sin cloruro	27
Descongelantes sin cloruro	27
Abrasivos.....	27
Veracidad en el etiquetado.....	27

El verdadero costo de la sal	28
<i>Infrastructure damage</i>	28
<i>Business reputation</i>	28
Historias de éxito	29
Precision Landscaping	29
Escuelas Públicas de Edina.....	30
Mayo Clinic	31
Una historia de éxito ‘épica’	32
Prepararse para las operaciones invernales.....	33
Política y planificación invernal.....	33
Políticas y planes	34
Documentación.....	34
Contratos de mantenimiento invernal	35
Capacitación.....	35
Leyes y ordenanzas	36
¿Teme ser demandado(a)?	37
Almacenamiento	37
Acumulaciones de nieve	37
Pilas de sal y de mezcla sal/arena	38
Material empacado	39
Líquidos	39
Pilas de arena.....	39
Condiciones meteorológicas	40
Temperatura del pavimento.....	40
Preparativos para el invierno	41
Diseño	43
Drenaje.....	44
Equipo	44
Calibración.....	45
Calibración simple para esparcidores de sal	45
Controles de esparcidor en circuito cerrado	45

Esparcidores de control manual	47
Formularios y ejercicios de calibración.....	48
Equipos de flujo por gravedad.....	51
Calcular la tasa de aplicación	52
¿Qué hacer si no se realiza calibración?	52
Tablas de calibración.....	53
Materiales	55
Abrasivos	55
Descongelantes	55
Sales:	55
Acetatos, formiatos, urea y otros descongelantes sin cloruro:	56
Aditivos orgánicos (maíz, remolacha u otros aditivos de origen vegetal).....	56
Mezclas de salmuera	56
Productos provenientes de corrientes de desecho	57
Capacidad de derretimiento del hielo	57
Velocidad de derretimiento	58
¿Qué tan rápido actuará su producto?	58
Temperatura práctica de fusión	59
Pruebas	60
Leer la etiqueta.....	60
Costo y disponibilidad	61
Operaciones invernales.....	62
Resumen de estrategias con descongelantes	62
Aplicación preventiva: Antes de la tormenta	63
Aplicación preventiva	63
Cómo comenzar con la aplicación preventiva.....	64
Equipo	65
Remoción de nieve.....	65
Momento adecuado	66
Equipo	66
Primero remueva, luego trate según sea necesario	67
Deshielo: Durante y/o después de la tormenta.....	68
Material seco: Sal de roca y productos envasados	69
Acopios pretratados	70

<i>Tratamiento del acopio de sal</i>	70
<i>Aplicación de sal tratada</i>	70
<i>Sal prehumedecida</i>	70
<i>Guía para el prehumedecimiento</i>	72
Aplicaciones líquidas directas (DLA)	73
Tracción	74
<i>Ventajas de la arena (abrasivos)</i>	74
<i>Desventajas de la arena</i>	74
<i>Barrido</i>	74
Recomendaciones para banquetas	75
<i>Entradas de edificios</i>	76
<i>Cubetas de sal en entradas</i>	77
Recomendaciones para estacionamientos	78
Evaluar la efectividad de las acciones	78
<i>Documentación y registro</i>	78
Después de la tormenta.....	79
Después del invierno.....	80
Formulario de datos de aplicación preventiva	81
Formulario de datos de deshielo	82
Tasas de aplicación para reducir los impactos ambientales.....	83
<i>Guía de tasas de aplicación preventiva para estacionamientos y aceras</i>	83
<i>¿Qué producto químico usar para la aplicación preventiva (anticongelante)?</i>	84
Guía de tasas de aplicación para deshielo en estacionamientos y aceras...	85
<i>¿Sus productos no están en esta tabla?</i>	85
Tabla de tasas de aplicación para deshielo	86
<i>Instrucciones para usar la tabla de tasas de aplicación con esparcidores calibrados..</i>	87

Fuentes 88

Recursos 90

<i>Capacitación</i>	90
<i>Manuales</i>	90

<i>Asistencia técnica</i>	90
<i>Vegetación</i>	91
<i>Políticas/Normas/Guías</i>	91
<i>Clima</i>	91
<i>Descongelantes y materiales</i>	92

Apéndice A..... 93

Conversiones de materiales y tabla esencial.....	93
--	----

Apéndice B 97

Conversiones comunes.....	97
---------------------------	----

Apéndice C..... 98

Definiciones.....	98
-------------------	----

Apéndice D..... 99

Herramienta de evaluación de aplicación inteligente de sal (SST).....	99
---	----

Apéndice E 100

Leyes y reglamentos del estado de Minnesota.....	100
--	-----

<i>Leyes de Minnesota</i>	100
---------------------------------	-----

<i>Lenguaje relacionado con el cloruro en el permiso MS4</i>	102
--	-----

Apéndice F 106

Ejemplos de la hoja de trabajo para la reducción de tasas de aplicación de sal y de la encuesta de prácticas de aplicación inteligente de sal	106
---	-----

List of figures

Figura 1: Representación de un compuesto de cloruro de sodio (NaCl)	17
Figura 2: Contribuciones anuales de cloruro de las principales fuentes en el estado de Minnesota. Incluye fuentes puntuales y no puntuales. La sal para deshielo es la fuente principal de cloruro en Minnesota. (Overbo et al., 2019)	17
Figura 3: Infografía: Fuentes de cloruro en Minnesota	19
Figura 4: Distribution of road salt applications in the Twin Cities Metropolitan Area.....	19
Figura 5: Comparación de las concentraciones de cloruro en 39 lagos del área de Twin Cities y las compras de sal de roca por parte del estado de Minnesota. (Sander et al. 2007).....	20
Figura 6: Agua y cucharadita de sal.....	21
Figura 7: Niveles de cloruro en arroyos (izquierda) y lagos (derecha) en Minnesota y Wisconsin.	22
Figura 8: Esquema de la intrusión de agua salina en un lago.....	24
Figura 9: Izquierda: Ramificación “escoba de bruja”. Derecha: Vegetación quemada.	25
Figura 10: Plan de mantenimiento invernal responsable.....	34
Figura 11: La acera a la izquierda con exceso de sal no es más segura que las escaleras a la derecha, que están despejadas de nieve y hielo sin exceso de sal.	37
Figura 12: Almacenamiento incorrecto de sal: sin cubrir y colocado en la trayectoria del deshielo de una pila de nieve.....	37
Figura 13: Mantenga la sal contenida dentro de la pila. No deben verse “ríos de sal” saliendo de las áreas de almacenamiento.....	38
Figura 14: Sensor de temperatura manual.....	40
Figura 15: Sensor de temperatura del pavimento montado en el espejo retrovisor y pantalla dentro de la cabina del vehículo.....	40
Figura 16: Sensor de temperatura del pavimento montado y pantalla de visualización de temperatura dentro del vehículo.	41
Figura 17: Diseño deficiente: espacio de estacionamiento accesible con un desagüe pluvial.	43
Figura 18: Tarjeta de calibración amarrada con bridas a un esparcidor manual de empuje.	47
Figura 19: Pasos para calibrar un sistema con sinfín o banda transportadora.....	47
Figura 20: Prueba de salmuera con un hidrómetro para salmuera.	60
Figura 21: Resumen de estrategias de deshielo. La clasificación de las características se basa en un volumen fijo, por ejemplo, de material. 1 = mejor desempeño.	62
Figura 22: Patrón húmedo/seco de aplicación preventiva.....	63
Figura 23: Esta es una forma sencilla de comenzar con la aplicación preventiva.....	65
Figura 24: Una señal de que sus operaciones necesitan ajustes.....	68
Figura 25: Sal seca vs. sal prehumedecida.	71
Figura 26: Camión equipado para prehumedecimiento.....	72
Figura 27: Aplicación exitosa DLA.....	73
Figura 28: Aplicación incorrecta de DLA.....	73

Figura 29: Letrero de advertencia. Precaución: escaleras resbalosas.....	76
Figura 30: Etiqueta para cubeta de sal.	77
Figura 31: Vaso pequeño con instrucciones para aplicación.....	77
Figura 32: Limpieza del exceso de sal.....	79
Figura 33: Ajuste del programa.	80

List of tables

Tabla 1: Ahorro de sal en Epic.....	32
Tabla 2: Ejemplo de áreas de mantenimiento y metas de nivel de servicio	42
Tabla 3: Formulario de calibración en blanco.....	48
Tabla 4: Ejemplo de formulario de calibración con información del encabezado y la descarga completada	48
Tabla 5: Ejemplo de formulario de calibración con libras por milla de carril completadas.....	49
Tabla 6: Ejemplo de formulario de calibración con libras por cada 1,000 pies ² (sin incluir libras por milla de carril).....	50
Tabla 7: Ejemplo de formulario de calibración con libras por cada 1,000 pies ² completadas	50
Tabla 8: Ejemplo de tabla de calibración para equipos de flujo por gravedad	52
Tabla 9: Tabla de calibración en blanco para equipos de flujo por gravedad.....	53
Tabla 10: Tabla de calibración en blanco, para esparcidores con sinfín o transportador controlados manualmente	54
Tabla 11: Velocidad de derretimiento	58
Tabla 12: Temperatura práctica mínima de fusión	59
Tabla 13: Formulario de datos de aplicación preventiva	81
Tabla 14: Formulario de datos de deshielo	82
Tabla 15: Tasas de aplicación preventiva	83
Tabla 16: Tasas de aplicación para deshielo	86
Tabla 17: Conversiones de materiales	93
Tabla 18: Tablas de conversión de tasas de aplicación — de milla de carril a 1,000 pies ²	94
Tabla 19: Conversiones de galones/tonelada para prehumectación en cantidades pequeñas	95

Descargo de responsabilidad

El programa de capacitación en Aplicación Inteligente de Sal de la MPCA proporciona instrucción y orientación sobre las mejores prácticas de gestión y tecnologías más actualizadas, con el objetivo de garantizar superficies seguras y, al mismo tiempo, minimizar los efectos negativos del cloruro en el medioambiente y la infraestructura. Las políticas claras que contemplan aspectos del mantenimiento, como el nivel de servicio, el cuidado profesional razonable y el uso y documentación adecuados de las prácticas recomendadas, pueden contribuir a reducir el riesgo potencial de responsabilidad civil. La instrucción o los recursos brindados en las capacitaciones de Aplicación Inteligente de Sal no sustituyen el asesoramiento legal profesional. Siempre consulte con un(a) profesional legal antes de implementar un plan integral de reducción del riesgo de responsabilidad.

Agradecimientos

Este manual está dedicado a ayudar a los habitantes de Minnesota a proteger el medioambiente. El *Manual de mantenimiento invernal para estacionamientos y aceras* se basa en el *Manual práctico de control de nieve y hielo para operadores de quitanieves de Minnesota*, elaborado por el Centro del Programa de Asistencia Técnica Local de Minnesota (Minnesota Local Technical Assistance Program Center), así como en los materiales de capacitación del curso de Aplicación Inteligente de Sal para Estacionamientos y Aceras de la MPCA. Este manual ha evolucionado desde 2005, al igual que la industria del mantenimiento invernal. Está diseñado como un complemento para la capacitación con certificación de la MPCA en Aplicación Inteligente de Sal para Estacionamientos y Aceras. Puede consultarse en: <http://www.pca.state.mn.us/water/salt-applicators>

Financiamiento:

3.^a y 4.^a revisión – MPCA mediante una subvención de la Agencia de Protección Ambiental de EE. UU. (U.S. EPA), Fondo de gestión de fuentes no puntuales conforme a la Sección 319.

2.^a revisión – Mississippi Watershed Management Organization

Versión original – Subvención P2 de la MPCA para Fortin Consulting Inc.

Agradecemos a las siguientes personas por su valiosa contribución en la elaboración de este documento.

Panel Asesor Técnico Original (2006)

Líderes del proyecto:

Carolyn Dindorf – Fortin Consulting, Inc.

Connie Fortin – Fortin Consulting, Inc.

Andrew Ronchak – Minnesota Pollution Control Agency

Miembros del Comité de Expertos Técnicos:

Tom Broadbent – Envirotech Services, Inc.

Charles Cadwell – Cadwell Lawn Care & Landscaping

Jeff Dubay – City of Minnetonka Public Works

Greg Felt – Scott County Public Works

Wendy Frederickson – Minnesota Department of Transportation

Rich Peterson – General Growth Properties, Inc.

Kathleen Schaefer – Minnesota Department of Transportation, University of Minnesota Circuit Training and Assistance Program

Jim Weber – University of Minnesota Facilities Management Landcare

Otras personas colaboradoras:

Jim Grothaus – Minnesota Local Technical Assistance Program

Dave Redig – Minnesota Department of Transportation – District 6, Rochester

Brooke Asleson – Minnesota Pollution Control Agency

2.^a revisión (2010)**Líderes del proyecto:**

Carolyn Dindorf – Fortin Consulting, Inc.

Connie Fortin – Fortin Consulting, Inc.

Andrew Ronchak – Minnesota Pollution Control Agency

Brooke Asleson – Minnesota Pollution Control Agency

No Technical committee formally assembled. Industry advice solicited throughout.

3.^a revisión (2015) -- Panel asesor técnico**Líderes del proyecto:**

Connie Fortin – Fortin Consulting Inc.

Brooke Asleson – Minnesota Pollution Control Agency

Technical Expert Committee Members:

Tom Broadbent – Envirotech Services Inc.

Brian Brown – Three Rivers Parks

Craig Eldred – City of Waconia

Ryan Foudray – Prescription Landscape Inc.

Doug Lauer – University of Minnesota, Landcare

Andy Ronchak – Minnesota Pollution Control Agency

Other Contributors:

Scott Koefod – Cargill Inc.

Jeff Warner – FORCE America Inc.

Nancy Mulhern – Fortin Consulting Inc.

Carolyn Dindorf – Fortin Consulting Inc.

Lauren Tjaden – Fortin Consulting Inc.

4.ª revisión (2020) -- Panel asesor técnico

Líderes del proyecto:

Brooke Asleson – Minnesota Pollution Control Agency
Connie Fortin – Fortin Consulting Inc.

Personas revisoras técnicas:

Josh Dix – Carlton County
Kimberly Engle – Cryotech Deicing Technology
Jason Grode – City of Andover
Joby Nolan – Precision Landscape and Construction Inc.
Joshua Prust – UMN Landcare
Craig Eldred – City of Waconia

Otras personas colaboradoras:

Angela Bourdaghs – Minnesota Pollution Control Agency
Chandi McCracken-Holm – Minnesota Pollution Control Agency
Envirotech Services
Angie Dahl – Epic
Andy Kietzmann – Force America
Jessica Jacobson – Fortin Consulting Inc.
Carolyn Dindorf – Fortin Consulting Inc.
Nick McReavy – Fortin Consulting Inc.
Avery Rowan – Fortin Consulting Inc.

Portada y diseño:

Jennifer Holstad – Minnesota Pollution Control Agency
Lori McLain – Minnesota Pollution Control Agency
Scott Andre – Minnesota Pollution Control Agency

Traducido al español en octubre de 2026.

Propósito del manual

El propósito de este manual es proporcionar prácticas recomendadas y consejos prácticos para el mantenimiento invernal a quienes gestionan estacionamientos y aceras por su cuenta o contratan estos servicios. Ofrece opciones proactivas, rentables y conscientes del medioambiente para el manejo invernal de estacionamientos y aceras. Este conocimiento brinda la oportunidad de convertirse en un(a) líder en la industria al operar con mayor eficiencia y reducir los impactos ambientales.

Un solo enfoque no es suficiente para las diversas condiciones que se presentan en Minnesota. Se necesita una variedad de estrategias para adaptarse a las distintas regiones y a las condiciones meteorológicas que cambian constantemente. Recomendamos seguir probando, documentando y perfeccionando las prácticas incluidas en este manual.



A lo largo del manual, los consejos medioambientales estarán indicados con el símbolo de un pez. Estos consejos ayudan a reducir los impactos ambientales de las operaciones de control de nieve y hielo.



Asimismo, los consejos para ahorrar costos estarán indicados con el símbolo de un signo de dólar.



Impactos medioambientales del cloruro

Minnesota enfrenta un problema creciente de salinización del agua. El cloruro es un contaminante permanente. No se descompone ni se degrada con el tiempo y permanece en nuestras fuentes de agua. El cloruro es un contaminante preocupante porque es tóxico para los peces de agua dulce, anfibios, insectos y plantas. Una vez que se aplica, se infiltra en lagos, arroyos y aguas subterráneas. Con las tecnologías actuales (como la ósmosis inversa), resulta demasiado costoso y difícil de eliminar. La sal se utiliza ampliamente y es una herramienta importante para la seguridad pública durante las condiciones invernales. El programa de Aplicación Inteligente de Sal no busca disminuir la seguridad pública, sino promover prácticas inteligentes en el uso de sal, basadas en los mejores conocimientos científicos disponibles para respaldar la toma de decisiones.



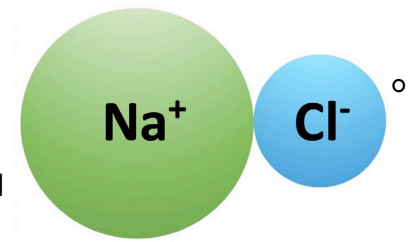
¿Sabía que...?
El cloruro es un contaminante permanente.

Sal vs. cloruro

Cuando en este manual nos referimos a “sal”, hablamos de compuestos químicos que contienen un ion de cloruro (Figura 1). Estos compuestos incluyen el cloruro de sodio (NaCl o sal de roca), el cloruro de calcio (CaCl_2), el cloruro de magnesio (MgCl_2) y el cloruro de potasio (KCl potasa).

Los términos “sal” y “cloruro” a menudo se usan de forma intercambiable al referirse a este tipo de contaminación.

Figura 1: Representación de un compuesto de cloruro de sodio (NaCl)



Información general

Plan estatal de gestión del cloruro

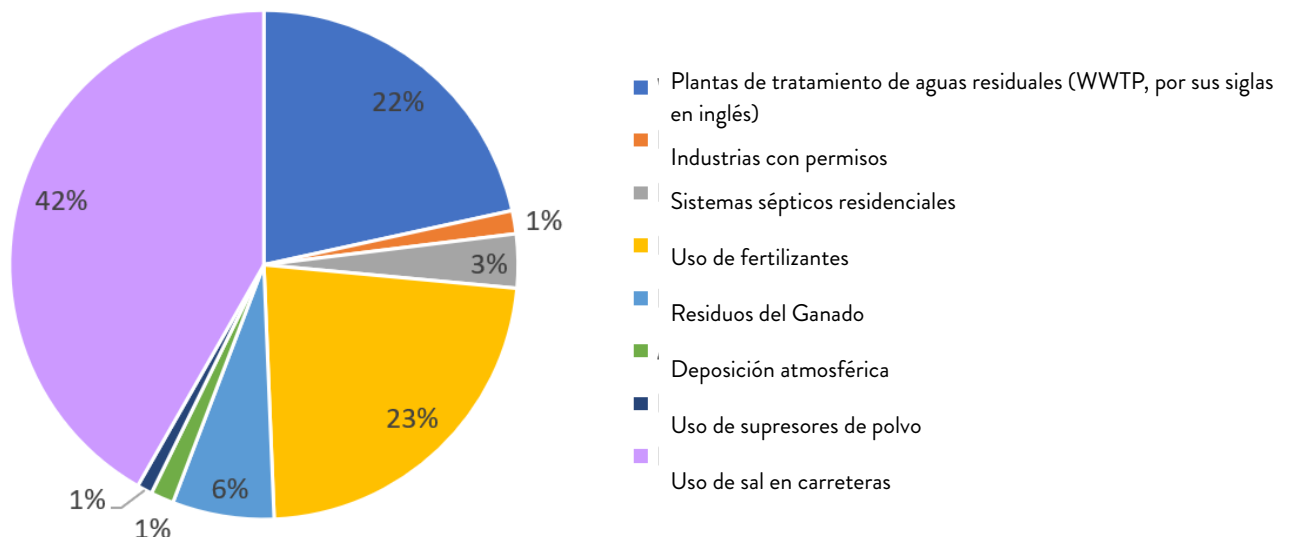
En 2021, la MPCA publicó el [Plan estatal de gestión del cloruro \(CMP, por sus siglas en inglés\)](#). Minnesota es el primer estado en emitir un CMP a nivel estatal. Para abordar los impactos del cloruro en los recursos hídricos de Minnesota, la MPCA trabajó junto con partes interesadas locales para desarrollar este plan, diseñado específicamente para minimizar el uso de cloruro en el estado. El CMP hace un llamado a todas las personas en Minnesota para que reduzcan el uso de sal. Este plan busca generar conciencia sobre la importancia de reducir el cloruro en todo el estado.

Este manual, junto con la capacitación para la certificación en Aplicación Inteligente de Sal, puede ayudar a las personas que se dedican al mantenimiento invernal a comprender cómo cumplir con el CMP.

Existen varias fuentes de cloruro que afectan los recursos hídricos de Minnesota:

1. la sal utilizada en carreteras, estacionamientos y aceras para el deshielo; y
2. las descargas de salmuera de los descalcificadores de agua hacia las plantas municipales de tratamiento de aguas residuales, que constituyen las fuentes más importantes hasta la fecha.

Figura 2: Contribuciones anuales de cloruro de las principales fuentes en el estado de Minnesota. Incluye fuentes puntuales y no puntuales. La sal para deshielo es la fuente principal de cloruro en Minnesota. (Overbo et al., 2019)



Decisiones empresariales acertadas

El servicio al cliente y la confiabilidad son claves para el éxito. La implementación de prácticas óptimas de gestión (BMP, por sus siglas en inglés) y el uso de las tecnologías más recientes ayudan a mantener seguros los estacionamientos y las aceras, a la vez que se brinda un servicio confiable y se reducen los impactos ambientales. Existen varias razones para involucrar a sus clientes en su estrategia tan pronto y con tanta frecuencia como sea posible.

Una vez que haya evaluado su estrategia de mantenimiento invernal a través de esta capacitación, educar al personal y a las personas usuarias de la propiedad sobre los métodos propuestos para la remoción de nieve y el control del hielo puede fomentar una relación sólida y duradera. Ofrecer un programa de mantenimiento invernal bien planificado y ejecutado genera un impacto positivo. Las personas contratantes buscan profesionales del mantenimiento invernal que estén capacitados. Este manual, junto con la capacitación con certificación en Aplicación Inteligente de Sal para Estacionamientos y Aceras de la MPCA, brindará mayor conocimiento sobre cómo implementar las mejores prácticas para el mantenimiento invernal.



Implementar prácticas modernas de mantenimiento invernal le permitirá ahorrar tiempo y dinero, y reflejará de manera positiva tanto en usted como en su organización.

Las personas usuarias y el público en general desean estacionamientos y aceras seguros. Comprender los objetivos del nivel de servicio y usar los materiales adecuados con las tasas de aplicación apropiadas según las condiciones meteorológicas le permite brindar de manera eficiente el servicio que sus clientes esperan.

Los estacionamientos y aceras limpios y ordenados son importantes para el público. Al utilizar menos material y aumentar la frecuencia del barrido invernal, se reduce el arrastre de residuos al interior de los edificios y se evita el daño a los pisos.

El almacenamiento adecuado de la nieve facilita la remoción de residuos en primavera. Almacenar los descongelantes en áreas cubiertas reduce la pérdida de material, protege el agua y mejora la estética. El uso de estas mejores prácticas ayuda a mantener una apariencia limpia en estacionamientos y aceras.

Los clientes buscan un control de nieve y hielo que sea accesible económicamente. El uso de productos químicos especializados, equipos modernos y estrategias mejoradas puede requerir educación y un presupuesto inicial mayor; sin embargo, estos costos se recuperan rápidamente gracias a la reducción en los costos de operación y mantenimiento.

La protección de lagos, arroyos y humedales es fundamental. Educar a sus clientes sobre su enfoque sustentable de mantenimiento invernal les permitirá participar activamente en la protección de nuestros recursos hídricos.



El uso reducido de materiales contribuye a proteger nuestros recursos hídricos. Una vez que los descongelantes o abrasivos se han aplicado, es difícil remediar los daños que puedan causar.

Fuentes de cloruro

La contaminación por cloruro en los recursos hídricos de Minnesota proviene de diversas fuentes: sal para deshielo, descalcificadores de agua, supresores de polvo y fertilizantes/estiércol. La sal para deshielo aplicada en carreteras, estacionamientos y aceras, junto con las descargas de salmuera de los descalcificadores a las plantas municipales de tratamiento de aguas residuales, son fuentes significativas de contaminación por cloruro que ya han generado problemas visibles, especialmente en las zonas más pobladas. Los productos para deshielo incluyen: sal de roca o cloruro de sodio (con gran diferencia, el producto más utilizado), cloruro de calcio y cloruro de magnesio (también de uso frecuente), y cloruro de potasio (menos común). La figura a continuación muestra la distribución del uso de sal para carreteras en el área metropolitana de Twin Cities, adaptada de Sander et al., 2007.

Figura 3: Infografía: Fuentes de cloruro en Minnesota



¿Cuánta sal para deshielo aplicamos?

La sal para deshielo es la fuente principal de uso de cloruro en Minnesota. Se estima que se aplican unas 403,600 toneladas de sal para carreteras cada año en Minnesota, de las cuales 249,100 toneladas se usan únicamente en el área metropolitana de Twin Cities (Overbo et al., 2019). Un estudio de la Universidad de Minnesota determinó que aproximadamente el 78 % de la sal aplicada en Twin Cities para el mantenimiento invernal termina en aguas subterráneas o permanece en lagos y humedales locales (Stefan et al., 2008).

Figure 4: Distribution of road salt applications in the Twin Cities Metropolitan Area. (Stefan et al., 2008)

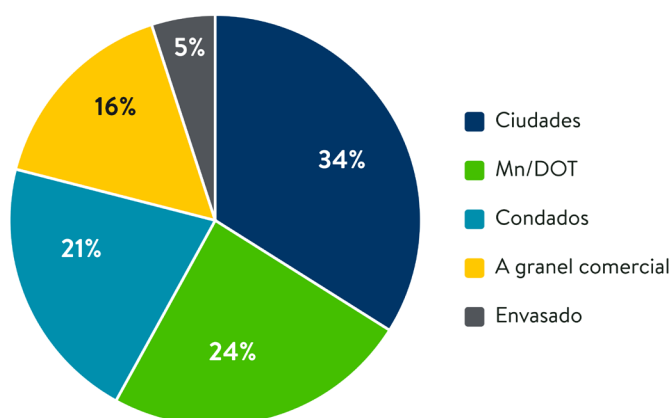
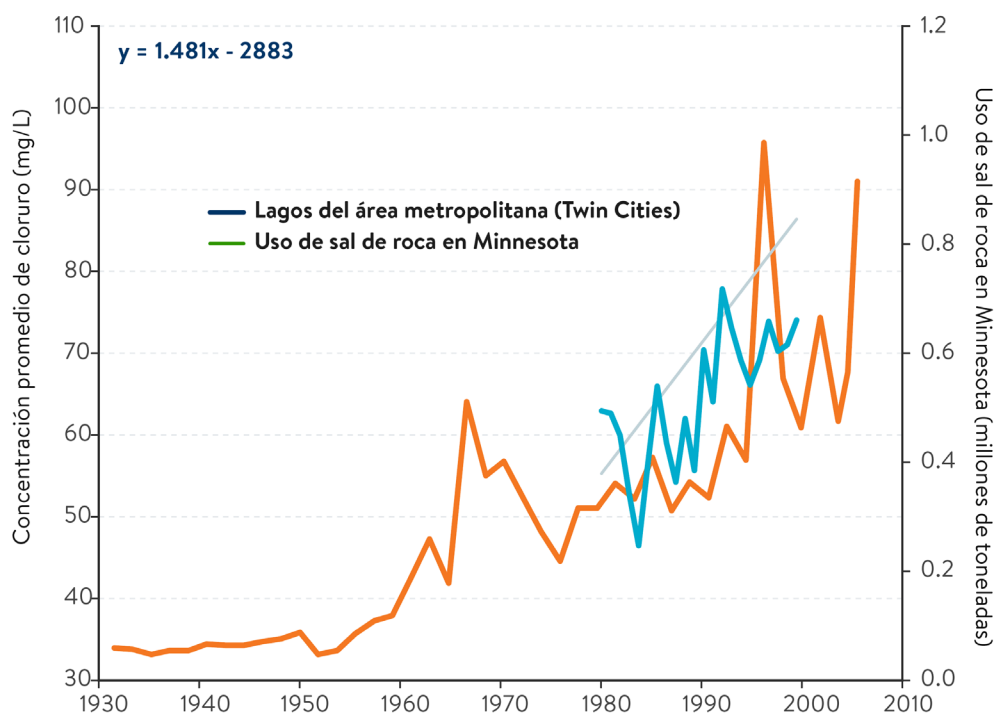


Figura 5: Comparación de las concentraciones de cloruro en 39 lagos del área de Twin Cities y las compras de sal de roca por parte del estado de Minnesota. (Sander et al. 2007).

Tendencia de Cloruro y Uso de Sal para Carreteras en Minnesota



Sal para descalcificadores de agua

Actualmente, casi 100 comunidades en Minnesota presentan altos niveles de cloruro en sus descargas provenientes de plantas municipales de tratamiento de aguas residuales, y no cuentan con la tecnología para eliminar la sal de estas aguas.

Aproximadamente el 75 % de las personas en Minnesota obtienen el agua potable de aguas subterráneas, y en la mayor parte del estado estas aguas son duras o muy duras. Por esta razón, muchas personas ablandan el agua para que los calentadores funcionen de manera más eficiente, evitar manchas de agua dura en los platos y lograr que el jabón haga más espuma.

En la mayoría de las comunidades, la salmuera salada de los descalcificadores se descarga hacia la planta local de tratamiento de aguas residuales, y la sal pasa directamente a un cuerpo de agua cercano. Los sistemas sépticos tampoco eliminan la sal; esta probablemente termina desplazándose hacia pozos privados o filtrándose por el suelo hasta lagos, arroyos y humedales cercanos.



La sal para deshielo es la principal fuente de contaminación por cloruro en Minnesota.

Aplicación de fertilizantes/estiércol y supresores de polvo

El fertilizante agrícola es una fuente importante de contaminación por cloruro en Minnesota (Overbo et al., 2019). El cloruro aplicado en terrenos agrícolas probablemente se transporta a lagos y arroyos a través de la escorrentía y la infiltración en aguas subterráneas poco profundas (MPCA, 2020b).

El cloruro proveniente del cloruro de potasio, o potasa, es un ingrediente común en fertilizantes. La potasa aplicada en césped y plantas ornamentales también llega a las aguas superficiales y subterráneas.

Las concentraciones de cloruro pueden ser muy altas en el estiércol animal (Overbo et al., 2019). Las aguas superficiales y subterráneas cerca de corrales o en áreas donde se aplica estiércol pueden estar en riesgo de contaminación por cloruro.

Cloruro en los recursos hídricos de Minnesota

Solo el 2.5 % del agua en el planeta es agua dulce (no salada). De esa cantidad, menos del 1 % está disponible para su uso. La mayor parte del agua dulce está congelada en los glaciares (Freshwater Crisis, s. f.). El planeta Tierra no recibe agua nueva. Nuestra agua existente se reutiliza y se recicla con el tiempo, como se ilustra a continuación en el documento del Departamento de Recursos Naturales de Minnesota (DNR, por sus siglas en inglés), “Healthy Rivers: A Water Course” (Ríos saludables: un curso de agua) (Healthy Rivers 2004).

La escorrentía de la sal para deshielo está generando problemas de calidad del agua, especialmente en áreas urbanizadas con muchas superficies pavimentadas. En general, las concentraciones de cloruro están aumentando en muchas aguas superficiales y subterráneas en todo Minnesota.

Cloruro en lagos y arroyos

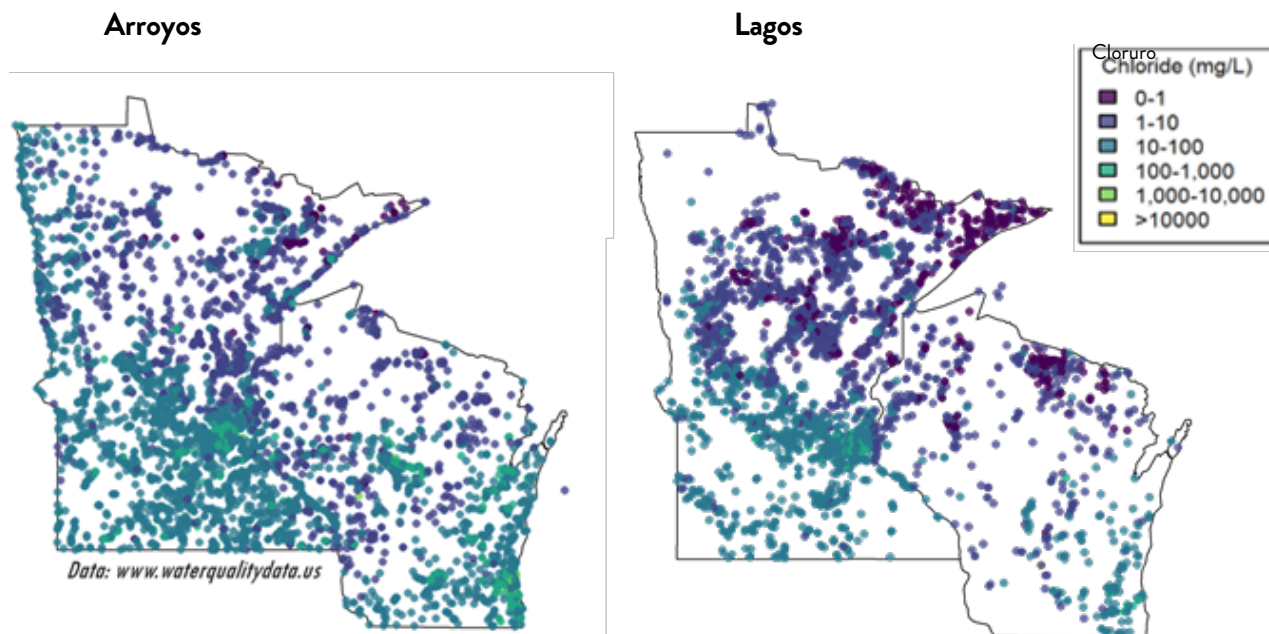
Actualmente hay 54 cuerpos de agua en Minnesota que superan el estándar de cloruro diseñado para proteger a los peces y otras formas de vida acuática, y que están incluidos en la lista de aguas deterioradas de 2022 (MPCA, abril de 2022). Minnesota sigue los estándares federales de calidad del agua: 230 mg/L (crónico) y 860 mg/L (agudo), para proteger a los peces y a la vida acuática de la contaminación por cloruro (EPA, s. f.). Cuando se superan estos niveles, el agua se considera “deteriorada”. Hay otros 75 cuerpos de agua clasificados como de “alto riesgo” de superar los estándares de cloruro (dentro de un margen del 10 %). Minnesota cuenta con muchos lagos y arroyos en los que se realizan pruebas de cloruro (Figura 7). Sin embargo, muchas de nuestras aguas nunca han sido analizadas para detectar cloruro.

Figura 6: Agua y cucharadita de sal.



Solo se necesita 1 cucharadita de sal para contaminar de manera permanente 5 galones (aprox. 19 litros) de agua.

Figura 7: Niveles de cloruro en arroyos (izquierda) y lagos (derecha) en Minnesota y Wisconsin.



Cuanto más claros son los puntos, más salada es el agua. Los datos de estos mapas provienen de www.waterqualitydata.us (Dugan, 2018).

Aguas subterráneas y agua potable

Las aguas subterráneas son un recurso importante de Minnesota. Aproximadamente el 75 % de los habitantes de Minnesota dependen de ellas para obtener agua potable (MPCA, 2019). Las aguas subterráneas contribuyen al caudal de los lagos, humedales y arroyos, y pueden transportar concentraciones elevadas de diversos contaminantes a las aguas superficiales. La aplicación de sal para deshielo está provocando concentraciones elevadas de cloruro en las aguas subterráneas. Los datos recopilados entre 2013 y 2017 mediante el monitoreo de aguas subterráneas de la Agencia de Control de la MPCA revelaron que el 16 % de los pozos de monitoreo analizados en acuíferos poco profundos de arena y grava del área metropolitana de las Ciudades Gemelas (TCMA, por sus siglas en inglés) superaban el límite estatal de 230 mg/L de cloruro establecido para la exposición crónica en aguas superficiales. Este porcentaje fue incluso mayor que el registrado en los pozos de monitoreo donde se tomaron muestras cerca de gasolineras (Kroening y Vaughan, 2019). En Wisconsin, están comenzando a observarse los efectos del cloruro en las aguas subterráneas poco profundas, que descargan cloruro en las aguas superficiales de la cuenca hidrográfica del río Yahara debido a la aplicación de sal en Madison, Wisconsin (Wenta 2018). En el estado de Nueva York, se estima que el 24 % de los pozos privados están afectados por la sal utilizada para el deshielo (Pieper et al. 2018). La EPA ha establecido un nivel máximo secundario de contaminante (SMCL, por sus siglas en inglés) de 250 mg/L para el cloruro en el agua potable. Este nivel es una guía basada en el sabor del agua (EPA 2014). El costo de mitigar la contaminación de las aguas subterráneas es considerable. Un informe de 1991 indicó que, a nivel nacional, se gastan 10 millones de dólares al año para mitigar los efectos de la sal en las aguas subterráneas (Transportation Research Board 1991).



Cuando la nieve y el hielo se derriten, la sal debe ir a algún lugar. Fluye directamente hacia las cunetas y los desagües pluviales, y de allí a lagos, arroyos, humedales y aguas subterráneas.

Costos medioambientales del cloruro

Vida acuática

Los niveles elevados de cloruro son tóxicos para los peces, insectos acuáticos, anfibios y plantas. El cloruro reduce la estructura, diversidad y productividad de las comunidades de peces e insectos. La exposición a altas concentraciones de sal puede comprometer la respuesta inmunitaria de las larvas de libélula (Mangahas et al., 2019). Se ha demostrado que los anfibios son más sensibles a la mortalidad y las deformidades inducidas por la sal (Tiwari y Rachlin, 2018). En particular, los huevos de anfibios son permeables, lo que los hace especialmente sensibles a la exposición a la sal; en otras palabras, se desecan y a menudo mueren (Jones, 2015). Incluso niveles bajos de cloruro son tóxicos para los huevos de peces, y la supervivencia de los renacuajos de rana de madera disminuye (Tiwari y Rachlin, 2018). El cloruro reduce la resiliencia de los invertebrados frente a factores bióticos externos. Los retrasos en el desarrollo, los cambios fisiológicos, la menor resistencia a enfermedades, las alteraciones en las cadenas alimenticias y las presiones de depredación afectan aún más la capacidad de las especies nativas para sobrevivir y prosperar. El cloruro en arroyos, lagos y humedales daña la vegetación acuática y puede alterar la estructura de la comunidad vegetal (MPCA, 2016).

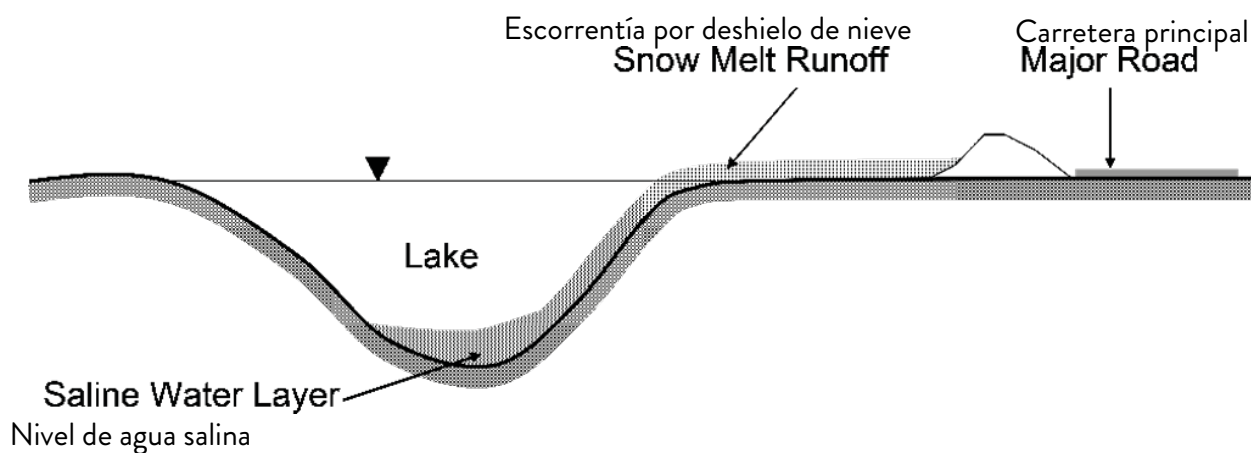
Las especies invasoras de peces, como la carpa, han demostrado tener mayor tolerancia a la contaminación por cloruro y están destinadas a sobrevivir y desplazar a las especies nativas de Minnesota. Esto probablemente tendrá un impacto a largo plazo en la pesca recreativa en el estado.



Lagos

Solo el 2.5 % de toda el agua del planeta es agua dulce. De esa cantidad, menos del 1 % está disponible para su uso. La mayor parte del agua dulce está congelada en glaciares (Freshwater Crisis, s. f.). La contaminación por cloruro está convirtiendo lenta e irreversiblemente los lagos de Minnesota de agua dulce a agua salada. Necesitamos evitar que las aguas deterioradas empeoren y preservar aquellos cuerpos de agua que aún no están afectados. Las concentraciones de cloruro han estado aumentando en la región de lagos de América del Norte desde 1985. La cobertura de suelo impermeable y la densidad de carreteras alrededor de los lagos son factores que contribuyen a este fenómeno. El cloruro disuelto aumenta la densidad del agua, lo que puede impedir la mezcla natural y estacional de las aguas del lago (Novotny et al., 2008). La estratificación química ocurre cuando el agua salada, que es más pesada, se hunde al fondo de los lagos. Esto altera el proceso natural de mezcla de los lagos (Stefan et al., 2008). La mezcla natural de los lagos incrementa los niveles de oxígeno necesarios para que la vida acuática sobreviva; cuando no ocurre, los niveles de oxígeno son bajos. El agua impactada por cloruro, más densa, se ubica debajo del agua más fresca y menos densa en la superficie. El impacto de una estratificación persistente puede dejar las partes más profundas del lago sin oxígeno. Esto podría resultar en un aumento de la liberación de fósforo al agua (Novotney y Stefan, 2012).

Figura 8: Esquema de la intrusión de agua salina en un lago.



Arroyos y ríos

Se observan tendencias crecientes en las concentraciones de cloruro y la conductividad específica en arroyos de toda América del Norte, especialmente en arroyos urbanos dentro de cuencas con altos porcentajes de superficies impermeables y en zonas del norte del país donde el uso de sal para deshielo es abundante. Esto puede tener efectos adversos en los ecosistemas acuáticos fluviales, ya que el cloruro puede ser directamente tóxico a ciertas concentraciones, y también actuar como un factor de estrés para especies sensibles en concentraciones más bajas. Se han observado correlaciones negativas fuertes entre las tendencias crecientes de cloruro en arroyos y la disminución en la abundancia y diversidad de comunidades de agua dulce, siendo las sales para deshielo un factor principal en los estados del norte (Moore, 2020). La salinización crónica o persistente de los arroyos también ha demostrado afectar las comunidades acuáticas en general, con disminuciones en métricas comunitarias como la riqueza y la diversidad (Timpano, 2018). Las investigaciones han mostrado que los niveles elevados de cloruro afectan a las comunidades acuáticas en todos los niveles tróficos e influyen en la red alimentaria y los flujos de energía (Hintz y Relyea, 2019). En general, las concentraciones elevadas de cloruro pueden tener impactos adversos a nivel de ecosistema, comunidad y especie.

Función de los estanques de aguas pluviales

El cloruro no puede eliminarse mediante estanques de aguas pluviales. La misma estratificación se ha observado en estos estanques, donde se encontraron capas persistentes con concentraciones elevadas de cloruro (Herb et al., 2017). Las investigaciones sugieren que los estanques de aguas pluviales liberan metales pesados y fósforo almacenados en el sedimento en presencia de altos niveles de cloruro (Finlay, 2018). Se sabe que el aumento de fósforo provoca un incremento en las floraciones de algas. Actualmente se están realizando estudios para determinar los posibles impactos de la acumulación de cloruro y la liberación de fósforo desde los estanques de aguas pluviales específicamente.

Vegetación

La pulverización y escorrentía de sal para deshielo pueden dañar o matar plantas y árboles ubicados a lo largo de carreteras, aceras y estacionamientos. La sal pulverizada puede dañar hojas, brotes y ramitas pequeñas de las plantas, lo que reduce su resistencia al frío y hace que los tejidos sean más susceptibles a daños por congelamiento (Beckerman y Lerner, 2009). Las plantas que absorben agua salada directamente a través de sus raíces también pueden verse afectadas. Dependiendo de la tolerancia específica al cloruro de cada especie, concentraciones de cloruro en el suelo tan bajas como 68 mg/L pueden ser perjudiciales para el crecimiento y la reproducción (Wegner y Yaggi, 2001). Las alteraciones en el crecimiento de los árboles, como la formación de “escoba de bruja”, son resultado de la sal pulverizada sobre los brotes terminales (como se muestra en la Figura 9). Muchas personas están familiarizadas con el “quemado” perenne de vegetación que es común a lo largo de aceras, divisiones de estacionamientos e incluso en jardines de lluvia. El costo de reemplazar césped, plantas y árboles muertos puede aumentar rápidamente los costos de mantenimiento, especialmente si se convierte en un hábito anual. Lamentablemente, los jardines de lluvia han visto incrementados los costos de mantenimiento y reemplazo, ya que suelen ser utilizados como área común para el almacenamiento de nieve.

Figura 9: Izquierda: Ramificación “escoba de bruja”. Derecha: Vegetación quemada.



El exceso de sal puede dañar los árboles y quemar la vegetación. Reduzca primero el uso de sal y, después, considere plantar especies tolerantes a la sal en las áreas propensas a daños.

Nuestro objetivo es reducir el uso de sal; sin embargo, puede haber impactos inevitables en ciertas áreas. Una forma de ahorrar tiempo y dinero es elegir plantas con mayor tolerancia a la sal:

- **Selector de plantas de MNDOT** <https://plantp.dot.state.mn.us/plant/>
- **Lista de plantas tolerantes a la sal del Manual de aguas pluviales de la MPCA:** https://stormwater.pca.state.mn.us/index.php/Minnesota_plant_lists
- **Prácticas óptimas de manejo para el establecimiento de pastos tolerantes a la sal en bordes de carretera (Eric Watkins 2017)** <https://hdl.handle.net/20.500.14153/mndot.3110>

Mascotas y vida silvestre

Las mascotas pueden consumir materiales para deshielo al comerlos directamente, lamerse las patas o beber agua derretida de nieve y escorrentía, lo cual puede ser perjudicial. La exposición a la sal para deshielo puede provocar irritación dolorosa, inflamación y agrietamiento en las almohadillas de las patas. No existen estándares para el etiquetado de descongelantes, por lo que cualquier empresa puede etiquetar su sal como “segura para mascotas”. Lo mejor es mantener los descongelantes alejados de las mascotas. Algunas aves, como los pinzones y los gorriones domésticos, tienen un mayor riesgo de morir si ingieren sal para deshielo. Los ciervos y otros mamíferos grandes consumen la sal en los bordes de las carreteras y en estanques adyacentes para satisfacer sus necesidades de sodio, lo que resulta en un aumento de incidentes de tráfico (Environment Canada 2001; Amundsen 2010). La sal para deshielo también puede causar un declive en las poblaciones de especies sensibles a la sal, reduciendo la diversidad natural.

Suelo

El suelo cargado de sal puede perder su capacidad para retener agua y almacenar nutrientes, y volverse más propenso a la erosión y a la escorrentía de sedimentos (lo cual también afecta la calidad del agua). El suelo cercano a carreteras y estacionamientos expuesto a sal para deshielo ha mostrado cambios en la estructura del suelo, desequilibrios de nutrientes, transporte coloidal acelerado, movilización de metales pesados y más (Amundsen 2010; Michigan DOT 1993). Estos cambios provocan una reducción en el crecimiento de las plantas y un aumento de la erosión y el transporte de sedimentos hacia las aguas superficiales (Kelting y Laxson 2010).

Seguridad en la distribución del agua

El cloruro causa corrosión y, en consecuencia, afecta la infraestructura de distribución de agua y la calidad del agua potable (Stets et al., 2017). Específicamente, el cobre y el plomo son el enfoque principal del control de la corrosión en los sistemas de distribución de agua, y este control se complica cuando las fuentes de agua tienen altas concentraciones de cloruro. Stets et al. encontraron un vínculo sólido entre el aumento de las concentraciones de cloruro en las aguas superficiales urbanas y un mayor potencial de corrosividad en los sistemas de distribución de agua. Este vínculo se observó en entornos urbanos, donde se asumió que la mayoría del cloruro provenía de las sales para deshielo. Dado que la mayoría de las plantas de tratamiento de agua no cuentan con sistemas de ósmosis inversa (RO, por sus siglas en inglés) debido al costo, el cloruro disuelto del agua fuente generalmente se distribuye a los consumidores. Esto es particularmente preocupante para los municipios que utilizan aguas superficiales como fuente.

Materiales sin cloruro

El cloruro no es el único material utilizado en el mantenimiento invernal. Todos los materiales aplicados durante el mantenimiento invernal tienen algún impacto en el medioambiente.

Descongelantes sin cloruro

Los acetatos, formiatos, urea y aditivos orgánicos (por ejemplo, de remolacha o maíz) no contienen cloruro, pero sí tienen algunos efectos ambientales.

Aunque estos productos generalmente tienen una vida corta en el agua y son biodegradables, algunos efectos pueden ser graves. Pueden agotar el oxígeno en el agua y el suelo, y añadir nutrientes, lo que potencialmente causa floraciones de algas o mortandad de peces.

Los materiales sin cloruro suelen ser menos corrosivos para el acero y más seguros para la vegetación. Los efectos ambientales de estos productos pueden potencialmente mitigarse mediante estanques de retención, jardines de lluvia y otras estructuras para capturar nutrientes.

Los aditivos antiaglomerantes en la sal de roca pueden causar estrés adicional y acumularse en el medioambiente hasta alcanzar niveles potencialmente tóxicos (Wenck, 2009).

Abrasivos

Los abrasivos afectan el agua al obstruir los sistemas de drenaje (alcantarillas pluviales y cunetas).

Rellenan humedales y estanques, y pueden formar deltas en lagos y arroyos. Además, los abrasivos son transportadores de otros contaminantes, como aceites que se encuentran en estacionamientos y carreteras.

Veracidad en el etiquetado

No existen requisitos de etiquetado para los envases de descongelantes.

Tenga cuidado con las afirmaciones en la etiqueta, como “amigable con el medioambiente” o “seguro para mascotas”. Ningún descongelante es completamente seguro para el medioambiente ni funcionará en todas las condiciones.

Es responsabilidad de quien compra investigar a fondo los productos y tomar decisiones en consecuencia. Solicite a los proveedores listas detalladas de ingredientes, orientaciones sobre el rango de temperatura del pavimento para un uso óptimo y pautas para el almacenamiento y manejo adecuado.



Sepa lo que está comprando. Muchas etiquetas no incluyen los ingredientes o exageran los rangos prácticos de fusión. Ningún descongelante funciona en todas las condiciones.

El verdadero costo de la sal

Infrastructure damage

La sal cuesta mucho más que la compra inicial y su aplicación. La sal daña interiores y exteriores de edificios, carreteras, puentes, estacionamientos, aceras, escalones, barandales, bordillos, vehículos, vegetación, suelo y aguas superficiales y subterráneas. La sal que se arrastra al interior arruina alfombras y pisos. Para quienes administran propiedades, esto significa costos elevados de mantenimiento y reparaciones. Se estima que el costo total de los daños a la infraestructura por cada tonelada de sal se encuentra entre \$800 y \$3,300 (Fortin Consulting, 2014).

Business reputation

Las y los profesionales del mantenimiento invernal y las empresas a menudo reciben quejas de personas que asocian el “crujir” de la sal con una superficie más segura. Sin embargo, cada vez más personas esperan que se use menos sal y quieren estacionamientos aceras limpios y ordenados. La contaminación por cloruro está recibiendo más atención en los medios locales. Junto con los esfuerzos educativos, las personas están empezando a asociar el exceso de sal con daños ambientales. La percepción está cambiando. Hoy en día, más personas consideran que el exceso de sal en aceras o estacionamientos luce poco profesional y afecta negativamente la imagen de su empresa. Educar a la clientela sobre su enfoque sustentable de mantenimiento invernal les permitirá participar en la protección de los valiosos recursos hídricos de Minnesota. Ahora, muchos clientes buscan o exigen que las y los profesionales de mantenimiento invernal cuenten con la certificación Smart Salting. Las personas quieren un control de nieve y hielo que sea accesible y confiable. Contar con un programa de mantenimiento invernal bien planificado y ejecutado, acompañado por el uso adecuado de materiales, las tecnologías más recientes y tasas de aplicación personalizadas según las condiciones meteorológicas, le permite ofrecer de manera eficiente el servicio confiable que necesitan en sus propiedades.

La educación sobre mejores prácticas y la gestión de las expectativas de la clientela son clave. Existen muchos recursos educativos para ayudar a gestionar esas expectativas. [Consulte la sección de Recursos.](#)

El uso de productos químicos especializados, equipos modernos y estrategias mejoradas puede requerir educación y un presupuesto inicial mayor; sin embargo, estos costos se recuperan rápidamente gracias a la reducción en los costos operativos y de mantenimiento. La MPCA cuenta con programas de préstamos al 0 % de interés para ayudar a pequeñas empresas y gobiernos locales a adquirir equipos o brindar educación. Envíe un correo electrónico a smartsalting.pca@state.mn.us para obtener más información sobre los programas de préstamos.



¡El costo total estimado de los daños a la infraestructura por cada tonelada de sal es de \$800 a \$3,300 anuales!

Historias de éxito

Precision Landscaping

Precision Landscaping está avanzando hacia el uso de líquidos. La empresa comenzó con un solo camión equipado para líquidos en un sitio en 2018. En 2019, debido al éxito obtenido al reducir la cantidad de producto necesario, Precision Landscaping añadió dos camiones más con capacidad para líquidos, con el objetivo de usar esta tecnología en más propiedades. Además, la empresa incorporó tres puntos de recarga fuera de sitio para aumentar la cantidad de propiedades tratadas con líquidos.



La compañía también está trabajando para educar a su clientela sobre los efectos de la sal, como parte de su compromiso por reducir el uso general de sal en el mantenimiento invernal.

En septiembre de 2018, Precision Landscaping organizó en su oficina una capacitación en Aplicación Inteligente de Sal para Estacionamientos y Aceras para todo su personal. Esto impulsó un esfuerzo en equipo para crear conciencia sobre el impacto de la sal y reducir su uso. La reducción del impacto de la sal ahora es un componente importante de la capacitación y las conversaciones dentro del equipo, tanto durante la preparación como a lo largo de toda la temporada. La empresa involucra a la mayoría del personal en la calibración de los esparcidores de sal (en lugar de que lo hagan solo unas pocas personas), para que todos comprendan el proceso y el funcionamiento del equipo.

Además de recordatorios frecuentes para intentar usar menos sal, Precision Landscaping compró menos tarimas al inicio de la temporada, con el objetivo de satisfacer las necesidades de seguridad de los sitios mientras se reduce el uso de sal y sin necesidad de hacer otra compra durante el invierno. Tener un suministro más limitado ha hecho que el personal sea más consciente de cómo se usa el producto. Estas conversaciones ayudaron a crear planes para identificar áreas en los sitios que no necesitan sal en cada nevada. Gracias a los cambios implementados durante la temporada 2018, Precision logró reducir un 20 % el uso de sal por evento en comparación con la temporada anterior, manteniendo la misma superficie de pavimento tratada y los mismos estándares de calidad. En un sitio de 14 acres, redujeron el uso de sal en aproximadamente un 60 % y observaron menos daños a la vegetación y al paisaje de la propiedad al derretirse la nieve.

Precision Landscaping continuará buscando maneras de ofrecer un excelente servicio a su clientela y reducir el uso de sal en los próximos años.

Escuelas Públicas de Edina

Las Escuelas Públicas de Edina atienden a 8,000 estudiantes y abarcan más de 205 acres de propiedad. Sus 10 sitios incluyen 6 escuelas primarias, 2 escuelas intermedias, la escuela secundaria Edina High School y el Centro de Transporte de Edina. Los edificios están abiertos con frecuencia los 7 días de la semana.



El distrito estima que ha reducido su uso de sal en un 60 % desde 2014. Se ha tratado de un esfuerzo a nivel distrital para minimizar los efectos nocivos que la sal tiene sobre el agua subterránea y el medioambiente. El distrito escolar ha implementado varios cambios en sus prácticas de remoción de nieve y control de hielo. Esto incluye comprar menos producto, capacitar al personal, investigar y adquirir equipos más eficientes, y prestar más atención a las condiciones meteorológicas.

La reducción del uso de sal comenzó en 2014, cuando el distrito empezó a adquirir equipos para remover nieve, como barredoras y esparcidores por caída, que permitieran una limpieza más eficiente y un mejor control en la distribución de la sal. Antes de 2014, el distrito compraba y utilizaba 45 tarimas de sal. La sal se aplicaba libremente durante todo el invierno, sin tener en cuenta las condiciones meteorológicas cambiantes ni el estado actual de las aceras y los estacionamientos.

En 2016, el equipo de mantenimiento del terreno comenzó a asistir a las capacitaciones del programa Smart Salting de la MPCA. Esto dio lugar a conversaciones y planificación sobre cómo reducir el uso de sal en los terrenos. Actualmente, todo el equipo de mantenimiento de exteriores, junto con varios miembros del personal de los edificios, cuenta con la certificación de Smart Salting.

En 2019, el distrito compró 16 tarimas de sal y utilizó solo una pequeña parte. El equipo de mantenimiento del terreno, el personal de transporte, el personal de los edificios y la administración están todos pendientes del clima y responden con rapidez cuando es posible tomar medidas preventivas para preparar las aceras y estacionamientos antes de una tormenta. El equipo también creó su propio sistema para preparar salmuera, el cual ha sido utilizado en todo el distrito, especialmente en aceras de alto tránsito. Muchas áreas propensas a volver a congelarse y varios pasillos/escaleras inseguros se cierran por completo durante la temporada para reducir el uso de sal y los riesgos. El personal de los edificios ha sido provisto con esparcidores manuales pequeños para aplicar sal de manera responsable en las entradas y escaleras.

El Distrito Escolar de Edina espera poder seguir mejorando y minimizando los efectos negativos que sus operaciones puedan tener sobre el agua subterránea y el medioambiente.

Mayo Clinic

Al concluir sus dos primeros inviernos como supervisor de mantenimiento de terrenos en Mayo Clinic, Nick Queensland se sentía orgulloso de lo que sus equipos habían logrado en términos de productividad y seguridad. Sin embargo, le preocupaba la cantidad de sal que se había aplicado en las superficies pavimentadas para lograr esos resultados. Inmediatamente después del invierno 2017–2018, comenzó a trabajar con la firme determinación de mantener el excelente nivel de servicio de Mayo Clinic, al tiempo que priorizaba la reducción del uso de sal.

Durante su investigación sobre métodos de reducción de sal, Queensland encontró repetidamente referencias a la capacitación Smart Salting de la MPCA. Decidió inscribir a todo su personal interno de mantenimiento de exteriores en la capacitación de Aplicación Inteligente de Sal para Estacionamientos y Aceras, incluyendo al equipo de liderazgo. ¡Fue una excelente decisión! Su equipo se mostró entusiasmado por reducir el uso de sal tras aprender datos sobre los impactos ambientales negativos de la sal y alternativas sustentables a las prácticas actuales.

El día después de la capacitación, Queensland reunió a su equipo y elaboraron una lista de métodos que podían implementar para reducir el uso de sal en el campus de Mayo Clinic, que incluye 15 millas de aceras, 300 entradas y 120 acres de estacionamientos y caminos. Queensland se enfocó en la aplicación de sal en estacionamientos y caminos, ya que consideraba que ahí podía lograr la mayor reducción en toneladas aplicadas y que había más margen para mejorar.

Comenzaron calibrando el equipo de aplicación de sal utilizado en la propiedad. Mayo Clinic nunca había realizado esta calibración antes, y fue sorprendente descubrir que nadie sabía con certeza cuál era la tasa de aplicación de sal. Conocer las tasas de los esparcidores fue clave para reducir el uso. Cuando la clínica indicaba a los contratistas que aplicaran sal, ahora podía especificar una tasa en lugar de que el contratista aplicara automáticamente una capa densa de sal.

Otro cambio importante fue incorporar salmuera líquida a sus herramientas para el control de hielo. Habían probado con líquidos en el pasado con poco éxito, y habían abandonado esta opción. Sin embargo, aplicar salmuera de manera correcta les permitió quitar la nieve sin tener que aplicar sal de roca en varias tormentas. La educación pública, como los carteles instalados, ayudó a prevenir lesiones.

La calibración del equipo de los contratistas y la incorporación del uso de salmuera, junto con la capacitación en Aplicación Inteligente de Sal para Estacionamientos, resultaron en una reducción del 60 % en el uso de sal en Mayo Clinic durante un invierno con una cantidad récord de nieve y una cantidad normal de hielo. Este resultado superó todas las expectativas. No fue fácil, el cambio nunca lo es, pero Queensland concluyó que el esfuerzo valió la pena, tanto por el impacto ambiental como por el ahorro presupuestario.



Una historia de éxito ‘épica’

Epic es una empresa de software para el sector de salud con un campus de 1,100 acres, cuya sede se encuentra en Verona, Wisconsin.

La “dieta de sal” de Epic comenzó en el invierno de 2016–2017, luego de que personal clave asistiera a una capacitación organizada por Wisconsin Saltwise. A partir de ese invierno, Epic implementó la aplicación preventiva (anticongelante) en algunas de las vías principales, comenzó a registrar la cantidad de sal utilizada en cada evento, calibró todo su equipo y proporcionó a cada operario una tabla de tasas de aplicación para cada pieza de equipo.



Tabla 1: Ahorro de sal en Epic

Ahorro de sal en Epic

Año	Total de sal a granel (toneladas)	Total de sal en bolsas (toneladas)
2014-15	224	22
2015-16	134	22
2016-17	94.4	12
2017-18	62.4	8.4
2018-19	87.7	9.1

Antes de hacer todos estos cambios, las y los operarios aplicaban sal “a ojo”. Ahora siguen tablas de tasas de aplicación. Aunque han enfrentado algunos desafíos al modificar el equipo para aplicar menos sal, han logrado que varios esparcidores se acerquen a las tasas mínimas que buscan.

Cada año, Epic realiza una reunión de equipo al inicio de la temporada para revisar los cambios en el programa y compartir cualquier información nueva con el personal. La empresa también ha informado a sus casi 10,000 empleados que el equipo de mantenimiento no está comprometiendo la seguridad, sino que está reduciendo el uso de sal, y que la sal puede tardar un poco en hacer efecto.

¡A pesar de que los últimos inviernos han sido más difíciles, el uso de sal sigue siendo bajo! Epic espera continuar educando a su personal y seguir haciendo reducciones donde sea posible.

¡Comparta su historia de éxito! Queremos promover a quienes han descubierto los beneficios de la aplicación inteligente de sal. Envíe su historia de éxito al Programa de Reducción de Cloruro de la MPCA a: smartsalting.pca@state.mn.us



Prepararse para las operaciones invernales

Política y planificación invernal

El éxito del mantenimiento invernal requiere planificación y preparación durante todo el año.

Es especialmente importante dedicar tiempo en el otoño para hacer la transición del mantenimiento de verano al de invierno. Esto le permitirá enfrentar el primer evento con el equipo calibrado y listo para funcionar, estrategias desarrolladas, salmuera preparada y el personal capacitado, entre otras ventajas de estar organizado antes de que comience el invierno.

Reduzca su responsabilidad legal. Establezca una política de mantenimiento, cúmplala y documente sus acciones. Si su modelo de ganancias se basa en la cantidad de material que utiliza, protéjase como empresa y modifique su modelo de negocio.

Políticas y planes

Comience ahora: desarrolle una política o un plan de mantenimiento que guíe sus operaciones invernales. Un poco de planificación y comunicación anticipada puede ayudarle a obtener mejores resultados durante toda la temporada y a reducir su responsabilidad legal.

- Desarrolle una política o un plan de mantenimiento.
- Hay un modelo de política para la gestión de nieve y hielo disponible en [la página web de recursos estatales sobre cloruro de la MPCA](#). Este modelo fue creado por un grupo de profesionales del mantenimiento invernal y redactado por el despacho jurídico Smith and Associates LLC.
- Revise la política y/o el plan de mantenimiento con el equipo.
- Informe a su clientela sobre su plan general.
- Siga el plan.
- Documente las actividades de mantenimiento para demostrar que se ha cumplido el plan.
- Revise y actualice la política y el plan de mantenimiento anualmente.

Figura 10: Plan de mantenimiento invernal responsable.



Documentación

Después de establecer un plan de acción, implemente un sistema para documentar sus actividades. Capacite al personal y a los contratistas para que registren sus acciones. La documentación de buenas prácticas que siguen su política de nieve y hielo puede brindar una excelente defensa legal. También es una herramienta valiosa para comprender la eficacia de las estrategias y aportar información para mejorar las prácticas.

Consulte su documentación de manera continua, registre sus actividades y analice después de cada evento y al final de la temporada. Esto le permitirá tener una mejor comprensión y obtener información útil para seguir mejorando. Tómese el tiempo de compartir su análisis y los informes posteriores a las tormentas con su equipo. Puede ser una herramienta útil para avanzar en las operaciones.

En la Tabla 13 y la Tabla 14 se presentan algunos ejemplos de documentación.



Reduzca su responsabilidad legal. Establezca una política de mantenimiento, cúmplala y documente sus acciones.

Contratos de mantenimiento invernal

Se recomienda revisar e implementar el contrato modelo disponible en [la página de recursos estatales sobre cloruro de la MPCA](#). Este modelo es una plantilla para un acuerdo que reduce el uso de sal sin reducir el nivel de servicio. Presenta otras estrategias para facturar los servicios en lugar de cobrar por tonelada o galón de material aplicado. Este contrato fue creado por profesionales del mantenimiento invernal y administradores de propiedades, y redactado por el despacho jurídico Smith and Associates LLC.

Si su modelo de ganancias se basa en la cantidad de material utilizado, es probable que obtenga menores ganancias en el futuro, ya que el Plan de Gestión de Cloruro del estado de Minnesota solicita a todas las personas en Minnesota que reduzcan su uso de sal. Considere ajustar su estrategia de facturación o pago para cobrar por servicios, no por materiales.

Nuestros recursos hídricos están amenazados por contratos basados en tarifas por uso de material. Este tipo de contrato fomenta el uso excesivo de materiales.



Nuestros recursos hídricos están amenazados por contratos basados en tarifas por uso de material. Este enfoque fomenta el uso excesivo.

Capacitación

Reduzca riesgos adoptando una política de mantenimiento invernal sólida y un programa de capacitación bien estructurado. Programe capacitaciones para supervisores, personal, administradores(as) de propiedades y subcontratistas.

La MPCA ofrece cuatro cursos de certificación del programa Smart Salting:

1. Aplicación Inteligente de Sal para Carreteras: Si aplica sal y realiza mantenimiento en carreteras de alta y baja velocidad, aprenderá a reducir el uso de sal, ahorrar dinero y proteger los lagos y arroyos de Minnesota, manteniendo la seguridad.
2. Aplicación Inteligente de Sal para Estacionamientos y Aceras: Si aplica sal y da mantenimiento a aceras y estacionamientos públicos o privados y caminos de servicio, aprenderá a reducir significativamente el uso de sal, ahorrar dinero y proteger los lagos y arroyos de Minnesota, manteniendo la seguridad.
3. Aplicación Inteligente de Sal para la Administración de Propiedades: Si administra propiedades, influye en actividades de mantenimiento invernal o desea obtener información estratégica para tomar decisiones mejor fundamentadas, este curso es para usted.
4. Aplicación Inteligente de Sal – Nivel 2:
Certificación organizacional disponible para entidades públicas y privadas. Usando la herramienta de evaluación Smart Salting Tool, podrá completar una autoevaluación de prácticas óptimas de manejo y ahorros de sal, y obtener la certificación en línea. ([Véase el Apéndice D](#)).

Consulte [el sitio web de la MPCA](#) para conocer las próximas oportunidades de capacitación y acceder a la lista de personas certificadas.



Leyes y ordenanzas

Las leyes y ordenanzas estatales y locales pueden restringir o influir en las estrategias de mantenimiento invernal. A medida que avanzan los esfuerzos para reducir el cloruro, es probable que se establezcan más reglas y ordenanzas. Conocer sus obligaciones es fundamental; no deje que le tomen por sorpresa. En el [Apéndice E](#) encontrará una lista detallada de las leyes y ordenanzas vigentes en Minnesota, incluidas las que se mencionan a continuación. Algunos programas de permisos de la MPCA incluyen requisitos específicos relacionados con el cloruro que podrían afectarle. Los distritos de cuenca Riley Purgatory Bluff Creek y Nine Mile Creek, ubicados en el área metropolitana de las Ciudades Gemelas, exigen un plan de manejo de sal, un aplicador certificado y una persona de contacto registrada para obtener ciertos permisos relacionados con alteraciones del terreno. Bassett Creek Watershed se ha sumado a estos requisitos, exigiendo un plan de mantenimiento invernal previo a ciertos proyectos de desarrollo o rediseño. La MPCA ha publicado una [Ordenanza Modelo de Reducción de Cloruro](#), que incluye una serie de ordenanzas como capacitación obligatoria, regulaciones sobre almacenamiento de sal, requisitos de planes de manejo de cloruro, y normativas para el barrido de excedentes de descongelantes. Estas ordenanzas pueden ser adoptadas por las entidades gubernamentales correspondientes en su región. Con frecuencia, organizaciones y contratistas exigen la certificación Smart Salting otorgada mediante la capacitación de la MPCA.

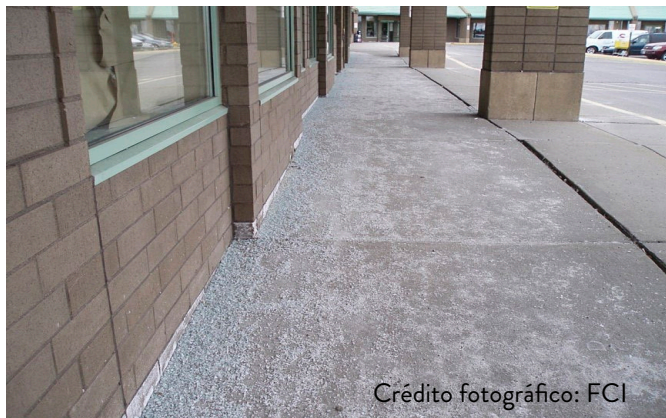
- No empuje nieve directamente hacia aguas del estado.
Disposiciones sobre descargas: <https://www.revisor.mn.gov/rules/7053.0205>
- Regulación del almacenamiento de descongelantes líquidos: <https://www.revisor.mn.gov/rules/7151/>
- Requisitos generales para almacenamiento sobre el nivel del suelo: <https://www.pca.state.mn.us/sites/default/files/t-a1-02.pdf>
- Hoja informativa sobre tanques de almacenamiento sobre el nivel del suelo: <https://www.pca.state.mn.us/sites/default/files/t-a2-07.pdf>
- Restricciones al uso de productos químicos y remoción de nieve: <https://www.revisor.mn.gov/statutes/cite/160.215>
- Barrido de calles: <https://www.revisor.mn.gov/rules/7035.2855/>. Hoja informativa de la MPCA: <https://www.pca.state.mn.us/sites/default/files/w-sw4-54.pdf>
- Permiso general MS4:
Aplica a organizaciones que tienen un permiso del sistema municipal separado de aguas pluviales (MS4) con la MPCA, e incluye nuevos requisitos relacionados con el cloruro: <https://www.revisor.mn.gov/rules/7090/>. Más información sobre este lenguaje actualizado se encuentra en el Apéndice E.
- Información sobre aguas pluviales industriales: <https://www.pca.state.mn.us/business-with-us/industrial-stormwater>
- Estatuto sobre la contaminación del agua en Minnesota: <https://www.revisor.mn.gov/statutes/cite/609.671>



¿Teme ser demandado(a)?

El miedo a ser demandado es una de las razones por las que se aplica sal en exceso. Otra razón es el desconocimiento de la ciencia detrás del mantenimiento invernal. Existe la creencia generalizada de que “más es mejor” cuando se trata de aplicar sal, pero esto no suele ser cierto. El uso excesivo de sal tiene muchas consecuencias costosas para la infraestructura, la vegetación y el agua, y también puede afectar negativamente la seguridad. (Figura 11). Recibir capacitación y certificación en el programa Smart Salting, integrar las mejores prácticas de mantenimiento invernal en sus operaciones, crear planes de mantenimiento, comunicar esos planes a todas las personas que trabajan en el sitio y documentar que sigue el plan, aumenta el nivel de profesionalismo de su trabajo. También le proporciona un historial documentado de sus acciones que será de gran valor en caso de una disputa legal.

Figura 11: La acera a la izquierda con exceso de sal no es más segura que las escaleras a la derecha, que están despejadas de nieve y hielo sin exceso de sal.



Crédito fotográfico: FCI



Crédito fotográfico: FCI

Almacenamiento

Acumulaciones de nieve

- Almacene la nieve en un área donde se puedan recuperar los residuos sólidos una vez que la nieve se derrita.
- Ubique las pilas de nieve cuesta abajo del área de almacenamiento de sal o arena para evitar que el deshielo fluya a través de ellas.
- Empuje la nieve hacia áreas donde el agua del deshielo no cruce el estacionamiento ni la acera. Empujar nieve hacia el punto más alto del estacionamiento traerá problemas.
- Al diseñar estacionamientos, incorpore áreas de almacenamiento de nieve.
- Ley estatal: No empuje nieve hacia cuerpos de agua estatales (humedales, lagos, ríos). [MINN. R. 7053.0205 \(2017\)](#)
- Se permite empujar nieve hacia jardines de lluvia o estanques de retención, pero no se recomienda. Esto aumentará los costos de mantenimiento de estas áreas de retención o infiltración.

Figura 12: Almacenamiento incorrecto de sal: sin cubrir y colocado en la trayectoria del deshielo de una pila de nieve.



Crédito fotográfico: FCI

Pilas de sal y de mezcla sal/arena

- Proporcione almacenamiento de sal durante el verano. Si su contratista no cuenta con almacenamiento de sal para el verano, es probable que al final del invierno apliquen grandes cantidades de sal en sus superficies. Esto acelerará el daño a la infraestructura, la vegetación y los recursos hídricos en su sitio.
- No escatime en el almacenamiento adecuado. Las áreas de almacenamiento suelen causar contaminación del agua. Estos problemas pueden rastrearse fácilmente hasta su origen.
- Las pilas deben estar cubiertas. Lo ideal es almacenarlos dentro de un cobertizo, edificio o contenedor.
- Almacene sobre una superficie impermeable.
- Se prefiere un área de carga techada, aunque no es obligatoria.
- Barre el área de carga y devuelva el material a la pila.
- Si su pila de sal drena hacia un estanque o desagüe pluvial, recuerde que esto no elimina la sal, solo la traslada a nuestros cuerpos de agua.
- Almacene la sal lejos de las zonas de protección de pozos y de los recursos hídricos.
- El área de almacenamiento debe tener una pendiente interna para que la sal o salmuera permanezca contenida. Por ejemplo, un diseño en forma de “plato hondo” mantiene el punto más bajo en el centro del cobertizo.
- El área adyacente al cobertizo debe tener una pendiente hacia afuera, para evitar que el agua entre al cobertizo.



Los(as) profesionales cuentan con almacenamiento de sal durante el verano, lo cual evita la sobreaplicación con el fin de “deshacerse de la sal” cuando se acerca la primavera.

Figura 13: Mantenga la sal contenida dentro de la pila. No deben verse “ríos de sal” saliendo de las áreas de almacenamiento.



Crédito fotográfico: FCI



Las áreas de almacenamiento de sal son una fuente común de contaminación de aguas subterráneas. Para reducir el riesgo, tenga un área de almacenamiento cubierta y sobre una superficie impermeable.



Los desagües pluviales llevan el agua al lago, río, estanque o humedal más cercano. No van a una planta de tratamiento.

Material empacado

- Protégalo de la lluvia o la nieve.
- Almacénelo cubierto, en un área con piso impermeable.
- La mayoría de los productos en bolsas contienen al menos un descongelante higroscópico, y si las bolsas no están selladas durante el verano, continuarán absorbiendo la humedad del aire y arruinarán el descongelante.

Consejo para ahorrar sal:
La Ciudad de Hopkins cuenta con un contenedor de recolección para que los residentes puedan desechar la sal no utilizada al final del invierno. La agregan a su pila de sal para evitar desperdicios.



Algunas personas han descubierto que pedir bolsas de sal más pequeñas resulta en un menor consumo total. Muchas tienden a usar la bolsa entera, sin importar su tamaño.

Líquidos

- Conozca el punto de congelación de cada líquido. Esto determinará si se puede almacenar al aire libre. La salmuera de cloruro de sodio (NaCl) se congela a -6 °F. Cada líquido tiene un punto de congelación diferente.
- La salmuera tiene un bajo nivel de preocupación en comparación con muchas sustancias almacenadas en tanques sobre el suelo. Aun así, la MPCA ofrece orientación para todos los tanques de almacenamiento sobre el nivel del suelo. A continuación, se destacan algunos requisitos importantes. Para más información, visite: [sistemas de tanques de almacenamiento sobre el suelo](#)
 - Compatibilidad del producto – El líquido debe ser compatible con el material del tanque.
 - Etiquetado – Cada tanque debe estar rotulado con la sustancia, su capacidad, un número de identificación único, y todos los componentes deben estar identificados.
 - Contención secundaria – Para proteger contra derrames o recogerlos, los tanques deben tener doble pared o estar almacenados dentro de un área de contención que capture el 100 % de posibles derrames más un 10 % adicional si están expuestos a precipitaciones.
 - Inspección del tanque – Inspeccione regularmente los tanques y sus componentes para detectar deterioro, grietas, fugas; asegúrese de que las conexiones estén correctamente cerradas y el equipo esté en buen estado.
 - Letrero de contacto – Si no hay personal presente las 24 horas del día, coloque un letrero con el nombre, la dirección y el número de teléfono del propietario(a), operador(a) o un contacto local de emergencia.

Pilas de arena

- La arena invernal se mezcla típicamente con algún descongelante para evitar que se congele la pila. Por lo tanto, el almacenamiento de pilas de arena debe seguir las mismas recomendaciones que las pilas de sal.

Condiciones meteorológicas

Conocer las condiciones meteorológicas actuales y potenciales es clave para llevar a cabo una operación exitosa de control de nieve y hielo. Monitoree el clima de cerca para estar preparado(a) para actuar con anticipación ante una tormenta. Consulte el Servicio Meteorológico Nacional (National Weather Service) en <https://www.noaa.gov>, estaciones de televisión locales o sitios web del clima. También está disponible en línea y de forma gratuita el Sistema de Información Meteorológica para Carreteras (Road Weather Information System, o RWIS, por sus siglas en inglés) en: www.rwis.dot.state.mn.us. Este sistema proporciona datos en tiempo real sobre la temperatura del pavimento y otra información relevante desde distintos puntos del estado.

Temperatura del pavimento

La temperatura del pavimento y la del aire no son iguales. Conocer la temperatura del pavimento le ayudará a determinar el tipo y la cantidad correcta de material a aplicar.

Las mediciones de temperatura del aire son generalmente uniformes en una región, pero la temperatura del pavimento puede variar considerablemente. Esto se debe a factores como la exposición al sol, el tipo de superficie, los materiales subterráneos y el historial meteorológico.

Una misma temperatura del aire en noviembre y en enero puede ir acompañada de temperaturas de pavimento muy distintas.

Los sensores manuales de temperatura son económicos y fáciles de conseguir. Algunos sensores solo miden en rangos de temperatura cálida, como los que se usan para hornos. Asegúrese de que el suyo pueda medir temperaturas frías.

Los sensores de temperatura montados en vehículos son herramientas muy útiles. Es menos probable que se pierdan o sean robados, y no necesita sacar la mano por la ventana. Muestran continuamente la temperatura del aire y del pavimento dentro de la cabina del vehículo. Aunque son costosos para contratistas, contar con unos pocos en los vehículos de supervisores puede ser de gran ayuda para informar al resto del equipo.

El equipo más moderno puede tener una pantalla en la cabina que muestre la temperatura del pavimento, sin necesidad de comprar un dispositivo adicional.

También se pueden adquirir sensores que se montan en postes o edificios, y que proporcionan información continua sobre el sitio en tiempo real. Aunque no miden la temperatura subterránea, brindan datos valiosos y pueden colocarse donde usted elija.

Figura 14: Sensor de temperatura manual.



Crédito fotográfico: FCI



Figura 15: Sensor de temperatura del pavimento montado en el espejo retrovisor y pantalla dentro de la cabina del vehículo.

Foto izquierda: Force America | Foto derecha: FCI

Preparativos para el invierno

El mantenimiento invernal es una tarea de todo el año. Quienes se destacan en esta labor trabajan de forma continua para aprender estrategias y técnicas actuales, capacitar a sus equipos, actualizar el equipo, comunicarse con la clientela, entre otras actividades. El manejo profesional de nieve y hielo se parece a los deportes profesionales: hay una temporada de desempeño, pero requiere preparación y entrenamiento durante todo el año para poder competir al más alto nivel. Por otro lado, cualquiera puede participar en una “cascarita” de básquetbol, al igual que cualquiera puede colocar una pala en su camión; sin embargo, sabemos que los resultados no son los mismos.

Figura 16: Sensor de temperatura del pavimento montado y pantalla de visualización de temperatura dentro del vehículo.



Créditos de imagen: Ciudad de St. Paul



Saber la temperatura del pavimento y su tendencia le permite tomar mejores decisiones sobre el tipo de material y la tasa de aplicación.

Esta lista no pretende ser exhaustiva, sino servir como ejemplo de actividades que puede agregar a su lista de preparación para el invierno. Con el tiempo, la lista crecerá y se adaptará a sus operaciones. Cada tarea que se muestra a continuación incluye muchas subtarefas no mencionadas aquí.

- Realice mantenimiento preventivo al equipo.
- Calibre el equipo.
- Registre el área de los estacionamientos, caminos de servicio y aceras. La cantidad de descongelante necesaria se basa en el tamaño del área.
- Asigne un nivel de servicio objetivo a cada zona.
 - Establezca y comunique el objetivo de nivel de servicio al cliente, o bien, pónganse de acuerdo juntos.
- Documente el tamaño del área y el nivel de servicio objetivo y entréguelo al equipo. Hacer un mapa lo vuelve más fácil de interpretar.



El manejo profesional de nieve y hielo, al igual que los deportes profesionales, requiere práctica, entrenamiento y preparación durante todo el año.

Tabla 2: Ejemplo de áreas de mantenimiento y metas de nivel de servicio

Áreas de mantenimiento y metas de nivel de servicio				
Ubicación: Joe's Shoe Shop	et	Meta	Tiempo de respuesta	Notas
Aceras del estacionamiento a la entrada principal	7,935	Pavimento limpio	24 horas después de la	La tienda abre de lunes a viernes de 8 a. m. a 4 p. m.
Camino de servicio y espacio para personas con discapacidad	16,082	Pavimento limpio	48 horas después de la nevada	
Estacionamiento principal	21,229	Zonas con pavimento limpio		20 espacios cerca de la entrada requieren pavimento limpio
Estacionamiento adicional	46,477	Nieve compactada		Baja prioridad

- Comprenda las propiedades de los diferentes tipos de descongelantes. Los proveedores deben ofrecer información detallada sobre los productos, incluyendo su composición, temperatura mínima de efectividad, tasas de aplicación y recomendaciones para el almacenamiento y manejo.
- Equipe su taller con una variedad de materiales para que siempre tenga una opción adecuada sin importar las condiciones climáticas. Si no almacena materiales en su taller, identifique los proveedores donde pueda adquirir cada uno.
- Capacite a su equipo y contrate subcontratistas capacitados y certificados.
- Inspeccione los sitios para identificar áreas con problemas de drenaje. Mapee esas zonas y comunique los problemas al administrador de la propiedad.
- Observe el estado actual de los bordillos u otros elementos que puedan dañarse o influir en las tareas de mantenimiento invernal. Documente y comunique esta información al propietario(a) del sitio.
 - El levantamiento de concreto puede representar no solo un problema para el mantenimiento invernal, sino también un riesgo general de seguridad. Puede dificultar la remoción de nieve con pala o equipo.
- Marque islas, bocas de incendio, desagües pluviales y otros elementos que puedan quedar cubiertos por la nieve.
- Asigne rutas y sitios a la persona o equipo que actuará como responsable principal.
- Una vez asignadas las rutas o sitios, los(as) operadores(as), especialmente quienes utilicen maquinaria motorizada, deben recorrer esas áreas, observar y marcar todas las rejillas, tapas de registro y tramos de acera que puedan representar riesgos tanto para el equipo como para el operador(a).
- Limpie los desagües pluviales y canalizaciones.
- Determine las áreas para almacenamiento de nieve y sal.

Diseño

Busque formas de integrar al personal de mantenimiento invernal en el diseño o en la revisión de diseño de estacionamientos y aceras. Muchos de los desafíos del mantenimiento invernal podrían evitarse con una visión práctica desde la etapa de diseño.

¿Sus diseñadores y arquitectos comprenden la necesidad de contar con áreas para almacenar nieve, de eliminar obstáculos para las máquinas quitanieves, los problemas de hielo que crean los balcones sobre las aceras, las bajantes dirigidas hacia las veredas, los escalones de mármol en el lado norte del edificio, la ubicación de los desagües pluviales en espacios de estacionamiento accesibles, o las acumulaciones de nieve por el viento? Su equipo de mantenimiento sí lo comprende. Aproveche su experiencia para mejorar el diseño y reducir el uso de sal.

Figura 17: Diseño deficiente: espacio de estacionamiento accesible con un desagüe pluvial.



Crédito fotográfico: FCI



Un mal diseño es una pesadilla para el mantenimiento invernal. Ninguna cantidad de sal puede compensar un diseño deficiente.

Drenaje

Inspeccione los desagües pluviales en otoño. Retire obstrucciones como hojas, ramas y basura para prepararlos para el deshielo de primavera. Debido a que los desagües pluviales desembocan en lagos, ríos, estanques y humedales, nunca use sal para abrir desagües pluviales congelados. Utilice métodos preventivos, como quitar la nieve completamente hasta el bordillo, para evitar la acumulación de hielo. Si se forma hielo, emplee métodos no químicos, como calor, para abrir los desagües.

Ley estatal: Está prohibido verter cualquier sustancia en los desagües pluviales. MINN. STAT. 609.671 (2019)

Las áreas con mal drenaje requieren más mantenimiento, más sal y representan un mayor riesgo para las personas usuarias; además, el uso elevado de sal conlleva degradación de la infraestructura, la vegetación y el agua. Para solucionar este problema, haga un inventario del sitio y anote los problemas de drenaje. Elabore una lista de verificación para corregir los problemas de drenaje durante el verano. Si el sitio que mantiene no es de su propiedad, informe los problemas de drenaje a la administración de la propiedad.

Ejemplos de problemas de drenaje:

- Techo que gotea sobre los escalones.
- Bajante que descarga sobre la acera.
- Segmentos de acera con pendiente en forma de “V”.
- Baches o zonas bajas en estacionamientos.

Idea sin sal:

“Espolvoree ligeramente paja sobre los charcos problemáticos que se forman en las aceras. La paja se congela en el hielo y sirve como señal visual para que los(as) peatones noten que hay una zona distinta y eviten caminar sobre ella. En la primavera, use una aspiradora de hojas para recoger la paja seca.”
— **Chip Smith, Mantenimiento de áreas verdes, Allina Health**

Equipo



Objetivo: retirar tan bien la nieve y el hielo que ya no sea necesario usar sal.

La tendencia en el mantenimiento invernal es contar con mejor equipo, mejor capacitación y mejores estrategias para poder usar menos material y lograr los mismos resultados. A continuación, se presentan algunos consejos, aunque existen muchas otras innovaciones en materia de equipo que pueden ayudar a reducir o eliminar el uso de sal.

- Adquirir sensores de temperatura del pavimento.
- Suscribirse a un servicio meteorológico que pronostique temperaturas del pavimento.
- Evaluar la compra de cuchillas de alto rendimiento: cuchillas segmentadas para superficies irregulares, cuchillas de goma reversibles para reducir daños en las aceras, cuchillas multicapa, cuchillas bajo el chasis, entre otras.
- Mejorar las herramientas manuales.
- Incorporar accesorios de escoba.

- Comprar equipos capaces de aplicar tasas muy bajas de productos granulares.
- Equipar el equipo con controles de velocidad terrestre para que la tasa de aplicación cambie automáticamente según la velocidad.
- Modificar el equipo existente para que pueda descargar las tasas de aplicación descritas en la sección “Tasas de aplicación”. El equipo más antiguo a menudo aplica más sal de la recomendada.
- Equipar los esparcidores para aceras con protectores para estrechar el patrón de esparcimiento.
- Invertir en equipos que puedan aplicar descongelantes líquidos.
- Adquirir un tanque para almacenamiento de líquidos.
- Adquirir un equipo para preparar salmuera o identificar una fuente para comprar descongelantes líquidos.
 - Si hay usuarios avanzados de salmuera cerca de usted, esté atento(a) a cuándo actualicen sus sistemas. Podría comprarles su equipo usado directamente o en subasta.
- Adquirir sistemas de seguimiento y documentación para el uso de sal.

Calibración

La calibración es un procedimiento esencial para entender cuánta cantidad de material se descargará en un ajuste determinado. Sin importar lo sofisticada o sencilla que sea la operación, calibre cada pieza de equipo en otoño. Generalmente, la calibración requiere un equipo de dos o tres personas.

Calibración simple para esparcidores de sal

- Calibre cada año.
 - Los líderes de la industria realizan una calibración adicional a mediados del invierno y siempre que un equipo presente fallas o haya pasado por reparaciones que puedan afectar las tasas de aplicación.
- Calibre cada pieza de equipo que vaya a aplicar sal, arena o líquidos.
- Calibre para cada ajuste que planee utilizar.
- Calibre para cada producto que planee usar, ya que cada uno fluye de manera diferente.
 - La sal de roca puede presentarse en diferentes granulometrías, así que revise cada entrega; si el tamaño de partícula es notablemente distinto al que ha estado usando, vuelva a calibrar sus esparcidores.

La calibración indica cuánta cantidad de material se aplicará en cada ajuste.

Controles de esparcidor en circuito cerrado

Los controles de esparcidor en circuito cerrado se encuentran en la cabina del camión. La computadora está conectada al velocímetro, junto con sensores externos como el de RPM del sinfín, el medidor de flujo de prehumectación y el medidor de flujo de anticongelante. Esto permite que la computadora mantenga una salida precisa de material en función de la velocidad terrestre del camión. Después de que el operador(a) selecciona en la computadora la cantidad deseada de material, el controlador mantendrá ese objetivo sin importar la velocidad del vehículo. No solo mantiene una salida constante, sino que también registra la cantidad de material que se aplicó. Esta información puede almacenarse y usarse para monitorear el consumo de material e identificar dónde y cuándo se usó en exceso. La mayor parte del equipo utilizado para el mantenimiento invernal de carreteras en las zonas más pobladas cuenta con estos controles de

velocidad terrestre más eficientes. El equipo para mantenimiento de estacionamientos y aceras también está avanzando hacia sistemas de entrega más precisos como estos.



La calibración permite un uso preciso del descongelante. Los(as) mejores profesionales calibran su equipo.

El proveedor del equipo contará con instrucciones específicas de calibración según el tipo y la marca del equipo. Comuníquese con ellos; es de su interés proporcionarle las instrucciones necesarias para calibrar su equipo y así utilizarlo a su máximo potencial. El principio básico detrás de la calibración de un esparcidor controlado por velocidad del vehículo:

- El sensor de entrada del velocímetro le indica al controlador qué tan rápido o lento se está desplazando el camión. Equipos de aplicación más pequeños también pueden utilizar un sensor GPS en lugar del velocímetro.
- El sensor de entrada del sinfín o de la banda transportadora le indica al controlador qué tan rápido o lento está girando el sinfín.
- Para calibrar un equipo controlado por la velocidad del vehículo, póngalo en modo de calibración y realice una prueba de recolección de sal.
- Ingrese el peso recolectado durante la prueba en la computadora. Una vez que la computadora conoce la cantidad realmente descargada en comparación con la cantidad solicitada, se ajustará automáticamente. La computadora generará un valor de “libras por revolución” del sinfín. Así es como calcula la velocidad de giro del sinfín, en función de la velocidad del vehículo y de las libras de sal descargadas por cada vuelta.

**¿Controles de esparcidor de circuito cerrado?
Comuníquese con el fabricante para obtener el protocolo de calibración específico.**

Esparcidores de control manual

Los esparcidores de control manual se dividen en dos categorías.

- Aquellos que tienen un sinfín o banda transportadora
- Aquellos que funcionan por alimentación por gravedad

Estos equipos operan mediante la selección de un ajuste que modifica el tamaño de la abertura de descarga y/o la velocidad del sinfín o de la banda transportadora. Se puede descargar más o menos sal según la velocidad de desplazamiento y el ajuste del esparcidor.

La mayoría de los esparcidores utilizados en estacionamientos y aceras son de control manual.

El principio básico para calibrar un esparcidor con sinfín o banda transportadora se muestra en el siguiente diagrama de flujo.

Figura 19: Pasos para calibrar un sistema con sinfín o banda transportadora



Figura 18: Tarjeta de calibración amarrada con bridas a un esparcidor manual de empuje.



Credito fotográfico: FCI

Formularios y ejercicios de calibración

Paso n.º 1: formulario de calibración en blanco

Consulte la [Tabla 9](#) para ver un formulario en tamaño completo que puede copiar para sus calibraciones. (Tenga una pila de estos formularios en un portapapeles o guárdelos en un archivo en su computadora para usarlos cuando esté listo(a) para comenzar la calibración).

Paso n.º 2: formulario de calibración lleno durante la calibración

Complete la información del encabezado, encienda su equipo y descargue material durante 1 minuto. Recoja y pese el material. Registre los libras por minuto correspondientes a cada configuración que planea utilizar durante el invierno.

Tabla 3: Formulario de calibración en blanco

TABLA DE CALIBRACIÓN PARA SISTEMAS DE SINFÍN O CINTA TRANSPORTADORA

FECHA: _____ ESPARCIDOR N.º: _____ MATERIAL: _____

CONFIGURACIÓN	LIBRAS POR MINUTO	5 MPH (x12)	10 MPH (x6)	15 MPH (x4)	20 MPH (x3)
1		— — — — —	— — — — —	— — — — —	— — — — —
2		— — — — —	— — — — —	— — — — —	— — — — —
3		— — — — —	— — — — —	— — — — —	— — — — —

Tabla 4: Ejemplo de formulario de calibración con información del encabezado y la descarga completada

TABLA DE CALIBRACIÓN PARA SISTEMAS DE SINFÍN O CINTA TRANSPORTADORA

FECHA: _____ ESPARCIDOR N.º: _____ MATERIAL: _____

CONFIGURACIÓN	LIBRAS POR MINUTO	5 MPH (x12)	10 MPH (x6)	15 MPH (x4)	20 MPH (x3)
1	10	— — — — —	— — — — —	— — — — —	— — — — —
2	22	— — — — —	— — — — —	— — — — —	— — — — —
3	34	— — — — —	— — — — —	— — — — —	— — — — —

Paso n.º 3: formulario de calibración listo para colocar en el vehículo para su uso en carretera

De regreso en la oficina, realice los cálculos para completar los espacios restantes. Multiplique el peso en la columna 2 por el multiplicador en la fila superior. Esto le dará las libras por milla de carril, que deben registrarse en la tabla.

Tabla 5: Ejemplo de formulario de calibración con libras por milla de carril completadas

TABLA DE CALIBRACIÓN PARA SISTEMAS CON SINFÍN O TRANSPORTADOR

FECHA: _____ ESPARCIDOR N.º: _____ MATERIAL: _____

CONFIGURACIÓN	LIBRAS POR MINUTO	5 MPH (x12)	10 MPH (x6)	15 MPH (x4)	20 MPH (x3)
1	10	*120 **	60	40	30
2	22	264	132	88	66
3	34	408	204	136	102

* la mitad superior de cada fila = lb/milla por carril. Para obtener este número, multiplique lb/min por el factor mostrado para cada velocidad.

** la mitad inferior de cada fila = lb/1000 pies². Para obtener este valor, divida el número en la mitad superior entre 63.

Si va a aplicar material en carreteras o senderos, ha terminado. Su tarjeta de calibración ya está lista para plastificarse y colocarse en el camión o vehículo utilitario (UTV). También puede sujetarse al equipo con un cincho plástico.

Paso n.º 4: convertir de libras por milla de carril a libras por cada 1,000 pies cuadrados para aplicaciones en estacionamientos y aceras.

Divida el valor entre 63 para convertir libras por milla de carril a libras por cada 1,000 pies cuadrados.

Tabla 6: Ejemplo de formulario de calibración con libras por cada 1,000 pies² (sin incluir libras por milla de carril)

TABLA DE CALIBRACIÓN PARA SISTEMAS CON SINFÍN O TRANSPORTADOR

FECHA: _____ ESPARCIDOR N.º: _____ MATERIAL: _____

CONFIGURACIÓN	LIBRAS POR MINUTO	5 MPH (x12)	10 MPH (x6)	15 MPH (x4)	20 MPH (x3)
1	10	*120	60	40	30
		**1.9	1.0	0.6	0.5
2	22	264	132	88	66
		4.2	2.1	1.4	1.0
3	34	408	204	136	102
		6.5	3.2	2.2	1.6

* la mitad superior de cada fila = lb/milla por carril. Para obtener este número, multiplique lb/min por el factor mostrado para cada velocidad.

** la mitad inferior de cada fila = lb/1000 pies². Para obtener este valor, divida el número en la mitad superior entre 63.

Paso n.º 5: eliminar la información de libras por milla de carril

Tabla 7: Ejemplo de formulario de calibración con libras por cada 1,000 pies² completadas

TABLA DE CALIBRACIÓN PARA SISTEMAS CON SINFÍN O TRANSPORTADOR

FECHA: _____ ESPARCIDOR N.º: _____ MATERIAL: _____

CONFIGURACIÓN	LIBRAS POR MINUTO	5 MPH (x12)	10 MPH (x6)	15 MPH (x4)	20 MPH (x3)
1	10				
		**1.9	1.0	0.6	0.5
2	22				
		4.2	2.1	1.4	1.0
3	34				
		6.5	3.2	2.2	1.6

* la mitad superior de cada fila = lb/milla por carril. Para obtener este número, multiplique lb/min por el factor mostrado para cada velocidad.

** la mitad inferior de cada fila = lb/1000 pies². Para obtener este valor, divida el número en la mitad superior entre 63

Si va a aplicar material en estacionamientos y aceras, ha terminado. Su tarjeta de calibración ya está lista para plastificarse y colocarse en el camión o vehículo utilitario (UTV). También puede sujetarse al equipo con un cincho plástico.

Equipos de flujo por gravedad

Esto aplica para equipos que no cuentan con un sistema motorizado de entrega. Este tipo de equipo puede incluir esparcidores montados en la compuerta trasera de un camión, esparcidores montados en vehículos utilitarios (gator) o esparcidores manuales de empuje. El equipo de flujo por gravedad normalmente se controla mediante la apertura de la compuerta y la velocidad de desplazamiento. Un formulario en blanco para la calibración de equipos de flujo por gravedad se encuentra en la [Tabla 8](#).

Paso 1: Calcular la tasa de descarga

- Marque un tramo de 10 pies de pavimento. (Aumentar el tamaño del área de prueba —por ejemplo, un tramo más largo— dará resultados más precisos).
- Barre el área para retirar arena o cualquier otro material.
- Manteniendo una velocidad constante, intente igualar la velocidad que utilizaría durante la aplicación en condiciones reales. Aplique una pasada de material en el área de prueba.
- Mida en pies el ancho total al que se esparce o rebota el material.
- Barre y pese el material que quedó dentro del "El objetivo no es derretir todo. El objetivo es penetrar a través del hielo y la nieve y romper la adherencia para que el pavimento pueda ser despejado con pala o quitanieves." on page 68 tramo marcado de 10 pies.
- Registre la posición/ajuste de la palanca para la compuerta o conducto. Si el equipo no tiene números que indiquen las posiciones, haga marcas permanentes para identificarlas.
- Para mejorar la precisión, repita el procedimiento dos veces más y calcule el peso promedio de material aplicado.
- Registre los resultados en las columnas A, B, C y D ([Tabla 8](#)).

Paso 2: Repita el Paso 1 para cada ajuste que planea usar en invierno.

Paso 3: De regreso en la oficina, complete la tabla.

- Llene las columnas E, F y G ([Tabla 8](#)).
- Si va a usar más de un tipo de material, repita la prueba para cada uno.
- Coloque la tabla de calibración completa junto al equipo.

Atajos:

- Coloque una lona en el área de aplicación; esto facilita la recolección y el pesado del material.
- Después de la primera pasada, coloque una bolsa alrededor de la zona de descarga del esparcidor para atrapar el material antes de que toque el suelo. Después de caminar o conducir 10 pies, retire la bolsa y pese el contenido. (La primera pasada es necesaria para determinar el ancho de esparcimiento).

Calcular la tasa de aplicación

Tabla 8: Ejemplo de tabla de calibración para equipos de flujo por gravedad

Equipo: _____ Material: _____ Fecha: _____

A	B	C	D	E	F	G
Velocidad	Posición de la palanca o ajuste de la compuerta	Libras esparcidas en 10 pies*	Ancho de esparcimiento en pies	Área cubierta en pies ² (D x 10)*	Tasa de aplicación en lb/1,000 pies ² (1000/E x C)	Tasa de aplicación en lb/milla de carril (ancho de 12') (F x 63.4)
.....EJEMPLO.....						
20 MPH	Medio cerrado	0.4 lbs.	13 pies	130 pies ²	3.1 lb. por 1000 pies ²	196 lbs./milla

* Si se cambia la longitud de la franja de prueba, ajuste el título en la columna C y el multiplicador en la columna E.

¿Qué hacer si no se realiza calibración?

Incluso sin calibrar el equipo, se puede determinar la cantidad de material que se debe usar. Conozca la temperatura del pavimento, el material que piensa utilizar y el tamaño del área que se va a tratar. Consultando la tabla de tasas de aplicación (Tabla 16) y haciendo los cálculos, podrá determinar cuánta cantidad de material utilizar. Con esta información, puede idear su propio método para distribuirlo uniformemente sobre el área. (Nota: si sus operaciones normalmente utilizan el doble de la cantidad de sal recomendada en la tabla, debe hacer ese ajuste en sus cálculos).

Este enfoque puede funcionar bien para tratar aceras utilizando el método de “alimentar gallinas”. Por ejemplo:

- Temperatura del pavimento de 20 °F y en ascenso
- Usando sal seca
- La acera mide 2,000 pies²
- La tabla recomienda 2.25 lb por cada 1,000 pies² (para esta situación)
- Mida aproximadamente 4.5 lb de sal
- Encuentre la forma de distribuirla uniformemente sobre la superficie de 2,000 pies²

Tablas de calibración

Tabla 9: Tabla de calibración en blanco para equipos de flujo por gravedad

[illegible]

Tabla 10: Tabla de calibración en blanco, para esparcidores con sinfín o transportador controlados manualmente

TABLA DE CALIBRACIÓN PARA SISTEMAS CON SINFÍN O TRANSPORTADOR

FECHA: _____ ESPARCIDOR N.º: _____ MATERIAL: _____

CONFIGURACIÓN	LIBRAS POR MINUTO	Cantidad Área	5 MPH (x12)s	10 MPH (x6)	15 MPH (x4)	20 MPH (x3)
1	lbs/milla carril					
	lbs/1000 pies ²					
2	lbs/milla carril					
	lbs/1000 pies ²					
3	lbs/milla carril					
	lbs/1000 pies ²					
4	lbs/milla carril					
	lbs/1000 pies ²					
5	lbs/milla carril					
	lbs/1000 pies ²					
6	lbs/milla carril					
	lbs/1000 pies ²					

Materiales

Piense en su caja de herramientas. ¿Cuántas herramientas tiene? Algunas tal vez se usan solo una vez al año, pero cuando las necesita, hacen que el trabajo sea mucho más fácil. Lo mismo ocurre con los materiales que aplicamos en las superficies durante el invierno: mientras mayor sea la variedad, mejor estará preparado(a) para enfrentar distintas condiciones. Todos los productos tienen ventajas y desventajas; use el que logre el mejor resultado con la menor cantidad de trabajo y producto posible. Una excelente forma de reducir impactos, ahorrar dinero y mantener la satisfacción del cliente es:

- Saber qué tiene el producto.
- Conocer el rango práctico de fusión del producto y usarlo solo cuando sea efectivo.
- Usar la cantidad mínima necesaria para cumplir con el objetivo.
- Aplicarlo con el patrón de espaciamiento óptimo.
- Aplicarlo en el momento más oportuno
- Aplicarlo con el intervalo óptimo (tiempo de ciclo).



Ningún material es completamente seguro para el medioambiente. Elija el que le permita usar la menor cantidad posible para cumplir con el objetivo. ¡Cuántas más herramientas tenga a su disposición, más fácil será su trabajo!

Abrasivos

- No derriten la nieve ni el hielo.
- Proveen tracción sobre nieve o hielo compactado.
- Los abrasivos y los descongelantes suelen funcionar mejor por separado que en combinación.
- A menudo se mezcla una pequeña cantidad de sal con la arena para evitar que se congele en el montón (menos del 10 %).
- En condiciones adecuadas, una pequeña cantidad de descongelante líquido puede ayudar a fijar los abrasivos a la superficie, como si se lijaran.
- Son eficaces cuando la temperatura del pavimento es extremadamente baja.
- Son adecuados para áreas que no requieren pavimento completamente descubierto.

Descongelantes

- Derriten la nieve y el hielo y/o modifican su estructura para evitar que se compacten.
- Reducen el punto de congelación del agua de 32 °F a una temperatura más baja
- Deben disolverse para funcionar; por ello, los líquidos suelen actuar más rápido que los sólidos.
- Tienen distintas características de fusión, según el producto.
- Existen dos categorías básicas de descongelantes: los basados en cloruro (sales) y los no basados en cloruro.

Sales:

- Cloruro de sodio, cloruro de magnesio, cloruro de potasio y cloruro de calcio.
- La sal para carreteras (NaCl) es un producto granulado que se extrae de la tierra.

- El cloruro de magnesio (MgCl_2) y el cloruro de calcio (CaCl_2) pueden presentarse naturalmente en forma líquida.
- El MgCl_2 y el CaCl_2 son higroscópicos; absorben humedad del aire.
- La salmuera de cloruro de sodio (NaCl) es óptima a una concentración del 23.3 %. Esta concentración permanece en solución y no se congela en los tanques ni en las mangueras hasta -6°F . Una solución más fuerte o más débil se congelará antes o provocará una mayor sedimentación en los tanques.

Acetatos, formiatos, urea y otros descongelantes sin cloruro:

- Son productos fabricados químicamente, lo que explica su costo generalmente más elevado.
- La mayoría es menos corrosiva que las sales.
- La mayoría causa menos daño a la vegetación en comparación con las sales.
- Tienen un amplio rango de fusión, según el producto elegido.

Aditivos orgánicos (maíz, remolacha u otros aditivos de origen vegetal)

Los aditivos orgánicos pueden añadirse a la sal o a la salmuera para modificar su desempeño. Clear Roads, un consorcio nacional de agencias estatales de transporte estudió este tema en el proyecto 13-02.

- Suelen tener una capacidad muy baja de derretimiento del hielo.
- Pueden reducir las propiedades corrosivas de los descongelantes.
- Son pegajosos, lo que puede ayudar a que el material permanezca más tiempo en la superficie.
- Reducen el punto de congelación de los descongelantes líquidos.
- Pueden ser muy efectivos cuando se combinan con descongelantes convencionales (como la sal de roca), ya que la sal derrite el hielo inicialmente y los aditivos vegetales ayudan a prevenir la recongelación más eficazmente que la sal sola.
- Interfieren con la formación de cristales de hielo y la recongelación (crioprotectores).
Por ejemplo, el helado contiene azúcar (ingrediente de origen vegetal) que permite una formación suave de cristales de hielo, lo que lo hace fácil de comer. Compárelo con un cubo de hielo, que no contiene ingredientes vegetales. Ambos se almacenan a la misma temperatura en el congelador.

Mezclas de salmuera

Las mezclas de salmuera se componen principalmente de salmuera de cloruro de sodio, pero existen diversos productos que pueden añadirse a la base para modificar su punto de congelación, capacidad de derretimiento del hielo, factor de corrosión, visibilidad y adherencia. La industria tiende a usar aditivos en la salmuera para condiciones más difíciles de derretir o en estrategias de aplicación preventiva con mayor duración frente al tránsito.

- Las opciones de aditivos son variadas, pero algunas comunes son:
 - Solo cloruro de calcio.
 - Solo aditivo orgánico.
 - Combinación de cloruro de calcio y aditivo orgánico.
 - Combinación de cloruro de magnesio y aditivo orgánico.
 - Aditivos pre-empaquetados vendidos bajo diversas marcas comerciales.

Mide los aditivos de la salmuera con cuidado para evitar problemas

Productos provenientes de corrientes de desecho

Se ha hablado mucho sobre el uso de salmuera de pepinillos o de queso como descongelante. La idea de reutilizar productos de corrientes de desecho es muy atractiva y puede fomentarse, solo si se cumplen ciertas condiciones:

- El producto de desecho presenta propiedades consistentes. Es decir, que las pruebas de laboratorio de un lote arrojen los mismos resultados que los de cualquier otro lote recibido.
- El producto ha sido investigado y probado de forma exhaustiva para evitar efectos secundarios imprevistos. (Por ejemplo: ¿Descolora o daña el asfalto? ¿Contiene ingredientes o productos de degradación que sean tóxicos para seres humanos, fauna terrestre, aves o especies acuáticas? ¿Desprende olores desagradables al degradarse? ¿Tiene alta demanda biológica de oxígeno (DBO)? ¿Qué pH tiene? ¿Contiene contaminantes indeseados?)
- Se ha verificado su capacidad para derretir nieve o hielo, o para mejorar las propiedades de otros descongelantes. .
- Se comprende cómo combinarlo con otros productos para obtener buenos resultados. t good results.
- Se cuenta con los permisos o autorizaciones necesarios para aplicar este material.
- Se entiende la disponibilidad en el mercado (por ejemplo, si es un producto de temporada).

Capacidad de derretimiento del hielo

La cantidad de nieve o hielo que cada producto puede derretir varía según el producto, y no podemos modificar la capacidad de derretimiento del hielo de un químico. Por ejemplo, 1 libra del producto X puede derretir 50 libras de nieve y hielo, mientras que 1 libra del producto Y puede derretir 55 libras. Con frecuencia aplicamos más descongelante del necesario para derretir la cantidad disponible de nieve o hielo, con la intención de acelerar el proceso.

Una mejor forma de agilizar el derretimiento es seleccionar productos que funcionen bien con la temperatura del pavimento. También puede lograrse usando productos granulados con partículas más pequeñas o productos líquidos. Esto permite resultados más rápidos y reduce la cantidad total de sal utilizada.



No se deje engañar: la capacidad de derretimiento del hielo y la velocidad de derretimiento no son lo mismo. ¡Agregar más del mismo producto no es una buena forma de acelerar el derretimiento!

Velocidad de derretimiento

¿La sal de roca que aplica tendrá tiempo suficiente para actuar antes de que sea arrastrada por el tránsito peatonal o expulsada de la calzada por el paso de vehículos?

Tabla 11: Velocidad de derretimiento

Temperatura del pavimento °F	Una libra de sal seca (NaCl) derrite	Tiempo de derretimiento
30	46.3 lbs. de hielo	5 min.
25	14.4 lbs. de hielo	10 min.
20	8.6 lbs. de hielo	20 min.
15	6.3 lbs. de hielo	1 hora
10	4.9 lbs. de hielo	La sal seca no resulta efectiva, ya que suele ser arrastrada por el viento antes de comenzar a derretir el hielo o la nieve.
5	4.1 lbs. de hielo	
0	3.7 lbs. de hielo	
-6	3.2 lbs. de hielo	

¿Qué tan rápido actuará su producto?

Lo que se presenta a continuación es una simplificación del proceso de derretimiento, pero ayuda a transmitir un concepto básico.

Más rápido – Líquidos

Rápido – Gránulos con mucha cantidad de líquido

Medio – Gránulos con poca cantidad de líquido

Lento – Granulado, partículas pequeñas

Más lento – Granulado, partículas grandes



Evite usar sal seca cuando la temperatura del pavimento sea inferior a 15 °F, ya que su efectividad disminuye considerablemente.

Temperatura práctica de fusión

Tenga precaución al leer la temperatura de fusión indicada en los envases de descongelantes. A menudo se menciona la temperatura eutéctica, que es la temperatura más baja a la que el producto se mantiene estable en solución. Sin embargo, a esa temperatura, el derretimiento del hielo sería muy lento. En su lugar, utilice las temperaturas prácticas mínimas de fusión indicadas en la [Tabla 12](#) o bien consulte al proveedor para conocer el rango de temperatura práctica de fusión y el tiempo estimado que el producto tarda en derretir hielo a esas temperaturas.

Es importante señalar que no existe una medida estandarizada para determinar la temperatura práctica mínima de fusión. En la bibliografía especializada, los valores pueden variar.

Tabla 12: Temperatura práctica mínima de fusión (Del: *Manual de campo para operadores de quitanieves: Control de nieve y hielo en Minnesota* (2022), Información sobre acetatos proporcionada por Cryotech)

Tabla de temperatura práctica mínima de fusión			
Producto químico	Temperatura práctica mínima de fusión	Temperatura eutéctica	Concentración óptima
NaCl (cloruro de sodio) — Se entrega como sal de roca, pero puede prepararse como salmuera. Es la base de muchas mezclas envasadas. Corrosivo. Económico. Muy disponible. Suele usarse sin inhibidor de corrosión, aunque existen productos con inhibidores disponibles.	15° F	-6° F	23%
MgCl₂ (cloruro de magnesio) — Se entrega mayormente en forma líquida, aunque existen otras presentaciones. Se usa para aplicación preventiva, prehumedecimiento y tratamiento de acopios. Corrosivo. De mayor costo. Frecuentemente incluye inhibidor de corrosión. Puede añadirse a la salmuera.	-10° F	-28° F	27 to 30%
CaCl₂ (cloruro de calcio) — Se entrega en escamas, gránulos o líquido. Corrosivo. Muy eficaz para derretir hielo a temperaturas muy bajas. A veces se usa incorrectamente para destapar desagües pluviales. De mayor costo. Frecuentemente incluye inhibidor de corrosión. A menudo se añade a la salmuera.	-20° F	-60° F	30%
CMA (acetato de calcio y magnesio) — Se entrega en forma de gránulos. Puede prepararse como solución líquida en el sitio siguiendo las instrucciones del proveedor. No corrosivo para el acero, biodegradable. Alternativa útil donde se debe limitar el uso de cloruro. Su acción difiere de los descongelantes convencionales, ya que no genera una salmuera fluida, sino que cambia la estructura de los cristales de nieve/hielo para evitar que se compacten. Más seguro para concreto nuevo (menos de 1 año) y piedra especial. (Consultar con el proveedor antes de usar). Costo muy elevado.	20° F	-18° F	25%
KAc (acetato de potasio) — Se entrega en forma líquida. Frecuentemente usado en sistemas automatizados de deshielo en puentes y en aeropuertos. Se usa para aplicación preventiva y deshielo. No corrosivo para el acero, calificado como “relativamente inofensivo” por la escala del US Fish & Wildlife. Biodegradable. Muy eficaz a temperaturas bajas. Alternativa en zonas donde debe limitarse el uso de cloruro. Costo elevado.	-25° F	-76° F	50%

NAAC (acetato de sodio anhidro) y NaFo (formiato de sodio) — Se entregan en gránulos. Aunque se usan comúnmente en aeropuertos, también se aplican en carreteras, puentes y estructuras de estacionamiento. No corrosivos para el acero, no peligrosos, biodegradables. Alternativa cuando debe limitarse el uso de cloruro. Eficaces a bajas temperaturas. Costo elevado.	0°F	-7°F (NAAC); -16°F (NaFo)	NAAC y NaFo no suelen usarse en forma líquida.
Mezclas — Existen mezclas que contienen tanto cloruros como acetatos. Consulte con el proveedor para determinar la temperatura práctica mínima de fusión, la concentración óptima y los componentes básicos de la mezcla. La mayoría de las mezclas tienen como base sal de roca, ya que es económica.			
Arena de invierno / abrasivos — La arena de invierno contiene sal mezclada para evitar que se congele. Los abrasivos deben utilizarse en condiciones de frío extremo, cuando los descongelantes no son eficaces. Es importante minimizar el porcentaje de sal en la arena.	No derrite el hielo — solo proporciona tracción.		

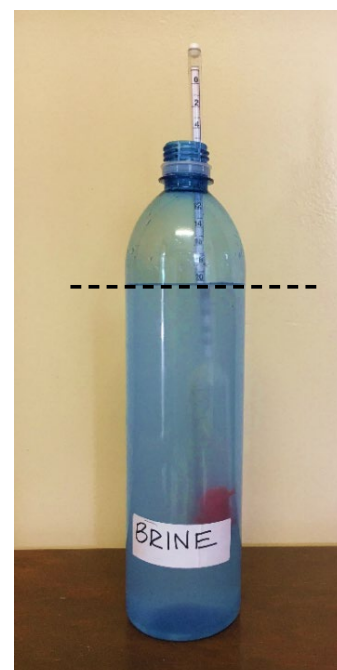
Pruebas

Al preparar o adquirir descongelantes líquidos, asegúrese de medir su densidad. Si se trata de salmuera de NaCl, debe tener una concentración del 23.3 %. Si es otro líquido, verifique que cumpla con la densidad o el rango de densidad recomendado por el proveedor. Los hidrómetros son herramientas comunes y económicas para medir la densidad de líquidos. Se leen de forma similar a un termómetro flotante. Tome la lectura de densidad en la parte superior del líquido. Si está mezclando otros materiales con su salmuera, asegúrese de que los porcentajes sean correctos y siga las instrucciones del proveedor. Una proporción de mezcla incorrecta es una receta para el fracaso.



La salmuera estándar debe tener una concentración del 23.3 %. Coloque el hidrómetro en el líquido y lea el valor en la parte superior del nivel de la salmuera.

Figura 20: Prueba de salmuera con un hidrómetro para salmuera.



Leer la etiqueta

No existen leyes que regulen la información que debe aparecer en las etiquetas de los descongelantes. Esa información puede ser precisa, exagerada o completamente incorrecta. El etiquetado de estos productos puede ser confuso: algunas etiquetas indican la temperatura eutéctica, otras la temperatura práctica mínima de fusión. La lista de ingredientes puede o no estar incluida, y si lo está, puede o no ser precisa. Con frecuencia, no se indica el porcentaje de cada ingrediente. Algunos productos se promocionan como “seguros para mascotas”, pero no existe un estándar oficial que respalde esa afirmación. Hable con su proveedor para averiguar qué contiene el producto, cuál es el rango de temperatura recomendado para su uso más efectivo y cuáles son los posibles efectos sobre mascotas, vegetación e infraestructura. Si el proveedor no quiere compartir esa información con usted, considere buscar otro proveedor o una línea de productos diferente. Algunos fabricantes líderes han optado por divulgar honestamente la lista de ingredientes y los porcentajes asociados. Esperamos que más sigan ese ejemplo.

Los proveedores deben poder proporcionarle una Hoja de datos de seguridad y orientación escrita sobre el uso, almacenamiento y manejo del producto.

Costo y disponibilidad

Entre los descongelantes, el cloruro de sodio (NaCl) suele ser el más económico y fácil de conseguir. Por esta razón, se utiliza —y se sobreutiliza— ampliamente. Sin embargo, el cloruro de sodio seco solo es efectivo cuando la temperatura del pavimento está por encima de los 15 °F. A temperaturas inferiores, debe considerarse el uso de un descongelante diferente o un aditivo que mejore el rendimiento del NaCl.

¿Qué contiene su mezcla envasada? Dado que no existen normas estandarizadas de etiquetado, puede que nunca lo sepamos con certeza. Sin embargo, como el descongelante más barato es el NaCl, es razonable suponer que, cuanto menor sea el precio de la mezcla, mayor será el porcentaje de NaCl que contiene.

Los descongelantes sin cloruro son más difíciles de encontrar y, por lo general, más costosos. Se utilizan con mayor frecuencia en zonas con infraestructura costosa, como aeropuertos, puentes y estructuras de estacionamiento. En estos casos, el mayor costo inicial se justifica por la reducción de los daños a la infraestructura. El personal encargado de las operaciones invernales en aeropuertos locales puede ofrecer recomendaciones útiles sobre dónde adquirir estos productos, además de compartir consejos, reseñas y buenas prácticas sobre su uso. Familiarícese con su funcionamiento e identifique las zonas clave donde estos productos puedan brindar mejores resultados o resolver un problema específico, como la corrosión en puentes.



Usar una mezcla 50/50 de sal y arena es, en general, estar a medio camino entre lo correcto y lo incorrecto. Este tipo de mezcla suele llevar a una aplicación excesiva de ambos materiales.

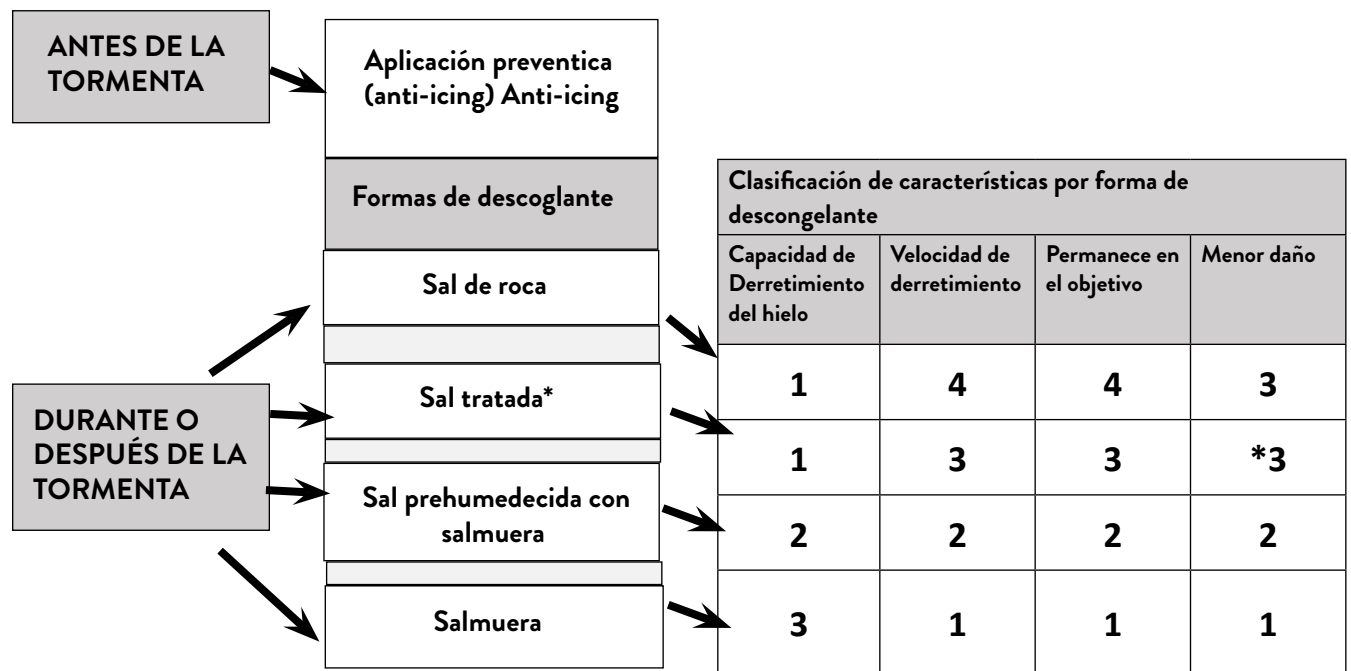
Las mezclas de sal y arena se utilizan comúnmente para estirar el presupuesto destinado a la sal, pero esta práctica no es eficaz. La sal y la arena interfieren entre sí en su funcionamiento. Para ahorrar dinero, use descongelantes cuando se requiera derretir hielo o nieve, y arena para proporcionar tracción temporal, ya sea para ganar tiempo cuando las temperaturas son demasiado bajas para que los descongelantes funcionen, o en áreas donde el nivel de servicio requerido es bajo. Siempre hay excepciones a la regla.

Por ejemplo, la arena prehumedecida con salmuera ha demostrado ser eficaz para mantenerse en su lugar por más tiempo sobre superficies heladas, ya que se “adhiere al hielo como una lija”.

Operaciones invernales

Resumen de estrategias con descongelantes

Figure 21: Resumen de estrategias de deshielo. La clasificación de las características se basa en un volumen fijo, por ejemplo, de material. 1 = mejor desempeño. .



Estas clasificaciones son una simplificación, diseñadas para ilustrar un concepto general. Existen excepciones en cada categoría, especialmente al considerar el tipo de líquido y de producto granulado, la temperatura del pavimento, la proporción entre líquido y gránulos, el tamaño de los gránulos y los distintos aditivos. La clasificación de “menor daño” se basa únicamente en el concepto básico de que a menor cantidad de material usado, menor daño causado.

* Se asume que la sal tratada está modificada con compuestos distintos a la salmuera. Estos compuestos alteran el desempeño del producto, generalmente para mejorarlo, lo que permite usar menos cantidad. Existen diversos compuestos que se aplican a la sal en los acopios, y cada uno tiene impactos ambientales específicos.

Aplicación preventiva: Antes de la tormenta

Aplicación preventiva



La aplicación preventiva consiste en aplicar descongelante líquido antes de la tormenta. ¡Puede ahorrarle tiempo, dinero y esfuerzo!

Si su nivel de servicio objetivo es mantener el pavimento descubierto, entonces la aplicación preventiva debe ser una de sus herramientas. La aplicación preventiva consiste en colocar una pequeña cantidad de descongelante líquido justo antes de la tormenta. Esta pequeña cantidad genera una micropelícula de derretimiento, la cual ayuda a evitar que la nieve se adhiera al pavimento. Gracias a esto, podrá recuperar las superficies más rápidamente.

La aplicación preventiva es como freír huevos: si engrasa el sartén antes de agregar los huevos, estos no se pegan y salen fácilmente, sin dejar desorden que limpiar.

La aplicación preventiva requiere aproximadamente $\frac{1}{4}$ del material y $\frac{1}{10}$ del costo total en comparación con el deshielo (deicing).

Puede mejorar la seguridad al menor costo y resulta eficaz y rentable cuando se aplica correctamente y con expectativas realistas.

La aplicación preventiva evita la formación de escarcha y puede ser efectiva durante varios días.

Su duración depende del índice de aplicación, el tipo de material utilizado, el tránsito vehicular y las condiciones meteorológicas.

Figura 22: Patrón húmedo/seco de aplicación preventiva.



Crédito fotográfico: City of St. Anthony Village, MN



La aplicación preventiva es rápida. Es posible tratar un estacionamiento en cuestión de minutos. Es una excelente estrategia para ahorrar tiempo.

Cómo comenzar con la aplicación preventiva

Qué hacer:

- Calibre su equipo para lograr el índice de aplicación deseado.
 - Asegúrese de que todas las boquillas estén funcionando correctamente.
- Utilice los índices de aplicación sugeridos en la [Tabla 15](#), o consulte con su proveedor para obtener instrucciones específicas.
- Aplique productos con cloruro usando boquillas de chorro en línea (*stream nozzles*), de modo que se mantengan áreas secas entre las zonas rociadas, lo que reduce el riesgo de deslizamiento.
- Las boquillas en abanico (*fan nozzles*) implican un mayor riesgo: si cubre completamente un pavimento seco con líquido y se pierde fricción, habrá creado un peligro.
 - Los acetatos se aplican con mayor frecuencia mediante rociado en abanico en operaciones de aplicación preventiva. Tienen una baja tensión superficial, lo que permite que se adhieran en una película delgada sobre el pavimento sin pérdida de tracción.
- Lea algunas de las guías sobre aplicación preventiva incluidas en la sección de [Referencias](#) de este manual.
- Hable con personas con experiencia en la aplicación preventiva.
- Pruebe distintos índices de aplicación y patrones de rociado para ganar confianza en la prevención de la adherencia de la nieve al pavimento sin crear una superficie resbalosa o viscosa. Tenga cuidado de no aplicar en exceso para evitar arrastre o dispersión del producto.

Las boquillas de chorro en línea (*stream nozzles*) generan un patrón húmedo/seco. El pavimento seco (con buena fricción) actúa como una medida de seguridad en caso de que algo salga mal.

Qué no hacer

- No vuelva a aplicar si todavía hay residuos de sal.
- No aplique $MgCl_2$ o $CaCl_2$ sobre una superficie caliente. Puede volverse resbalosa al atraer humedad hacia el pavimento. Estos líquidos no siempre generan esa condición, pero el riesgo aumenta con temperaturas más altas, mayor índice de aplicación y mayor humedad.
- No aplique en exceso $MgCl_2$, $CaCl_2$, o KAc.
- No realice aplicación preventiva antes de una lluvia intensa, ya que el producto se lavará. No obstante, estos productos funcionan muy bien en casos de niebla helada, llovizna o lluvia helada.
- No aplique en zonas donde haya acumulación o arrastre de nieve por el viento. La nieve se adherirá a las líneas aplicadas en lugar de ser arrastrada por encima de la superficie.

Es más seguro usar muy poco $CaCl_2$ o $MgCl_2$ que usar demasiado.

Recomendaciones para la aplicación preventiva

- Muchas personas prefieren aplicar la aplicación preventiva cuando hay mínimo tránsito, con la esperanza de que el líquido se seque antes de que el paso de vehículos lo disperse demasiado.
- Algunos usuarios recomiendan no rociar frente a los edificios, y en su lugar aplicar en los carriles de circulación y las vías de servicio traseras, para que el tránsito vehicular distribuya el líquido hacia las zonas peatonales cercanas. Esto puede reducir el arrastre del producto al interior del edificio y evitar la sobreaplicación en zonas de alto tránsito peatonal.
- Aplique la aplicación preventiva cuando el pronóstico del clima lo indique. No lo haga siguiendo un calendario fijo (por ejemplo, cada viernes), a menos que se trate de un sitio con problemas persistentes, como zonas donde se forma escarcha o hielo negro con frecuencia.



La aplicación preventiva requiere menos uso total de sal. Usar menos sal no tiene por qué reducir la seguridad, pero sí protege lagos, arroyos y aguas subterráneas.

- Los materiales pretratados o prehumedecidos no son tan eficaces como los líquidos para la aplicación preventiva. Requieren mayor cantidad de material que los líquidos. Además, los materiales granulares prehumedecidos no se mantienen en su sitio tan bien como los líquidos. Sin embargo, pueden funcionar si se aplican en cantidades muy bajas justo al inicio del evento.
- Si se está presentando recongelamiento con formación de hielo, intente añadir un aditivo orgánico a su salmuera; esto generalmente genera un recongelamiento más pastoso que resbaloso.

Equipo

- Unidad de aplicación preventiva, por ejemplo: vehículo de transporte con tanque, sistema de rociado, bomba de transferencia, mangueras y conectores.
- Para camiones grandes: boquillas de chorro en línea (mínimo ocho orificios), separación de 8 pulgadas, barra a una altura de 12 a 14 pulgadas de la superficie, presión de 30 a 35 psi en la barra. Estas pueden comprarse o construirse.
- Chorro sólido – el rociado en abanico tiene mayor probabilidad de generar superficies resbalosas.
- Para banquetas o aceras, se puede usar un rociador manual con bomba o un rociador tipo mochila. Recuerde dejar un patrón de áreas húmedas y secas para reducir el riesgo de generar condiciones resbalosas.
- Existen diversas formas de adaptar una camioneta o vehículo tipo ATV con un tanque y uno de los siguientes accesorios: brazos de aplicación (booms), barra rociadora o carrete con manguera y rociador.
- Un interruptor de apagado al alcance fácil del operador(a)

Figura 23: Esta es una forma sencilla de comenzar con la aplicación preventiva.



Los tratamientos solo con líquidos están empezando a aplicarse durante y después de la tormenta.

Si desea estar preparado(a) para utilizar líquidos durante toda la tormenta, la presión en la barra rociadora será un factor más importante.

Remoción de nieve

La remoción física de nieve y hielo de las superficies es la forma más eficaz de reducir la cantidad de descongelante necesaria para lograr condiciones seguras en banquetas y estacionamientos durante el invierno. La remoción física debe realizarse siempre antes de aplicar cualquier descongelante; nunca se debe tratar una superficie sin haber sido despejada.

Cuando tenga dudas sobre si vale la pena despejar con pala o barredora antes de aplicar productos, hágase esta pregunta: ¿Lograré quitar algo de nieve de la superficie que se va a tratar? Si la respuesta es sí, entonces vale la pena hacerlo. Solo una vez que se haya eliminado la nieve y el hielo hasta llegar al pavimento —o si lo que queda está fuertemente compactado sobre la superficie— es momento de aplicar descongelantes.

Momento adecuado

Planifique su remoción de nieve de forma que minimice la compactación, teniendo en cuenta el nivel de tránsito en el área a tratar. A menudo se sigue la estrategia de “esperar a que deje de nevar” para hacer la remoción física en una sola pasada y ganar eficiencia. Aunque esto parezca ahorrar tiempo, si la nieve se compacta demasiado y luego requiere múltiples aplicaciones o grandes cantidades de descongelante, no será tan eficiente como se pensaba. Solo en zonas con poco o nulo tránsito, donde la nieve no se compacta sobre la superficie, conviene esperar hasta el final del evento para comenzar con la remoción.

En áreas con mayor tránsito, considere realizar la remoción de nieve siguiendo un ciclo de tiempo o justo antes del momento de mayor circulación. Durante la tormenta, brinde servicios de remoción en las zonas con alto nivel de servicio cada una a tres horas. Este es el momento de remover físicamente la nieve, no de intentar derretirla solo con sal. Las entradas a tiendas, escaleras exteriores y espacios de estacionamiento para personas con discapacidad son ejemplos de lugares donde un ciclo regular de remoción durante la tormenta puede mejorar el nivel de servicio y, al mismo tiempo, reducir el uso de cloruros en áreas que suelen tratarse en exceso.

En los estacionamientos, considere si hay un “horario pico”, como la salida de un lugar de trabajo o el aumento de tránsito vespertino en un supermercado o restaurante. Procure programar la remoción física de nieve justo antes de estos momentos de mayor tránsito, para maximizar la efectividad de sus esfuerzos y mantener el área libre de nieve compactada. Esto puede aplicarse tanto a entradas de estacionamiento y carriles de circulación como a las zonas cercanas a los accesos del edificio. No es necesario despejar todo el estacionamiento o banqueta, solo las áreas clave bajo su responsabilidad.

Equipo

Elija el equipo adecuado según el tipo de espacio y el nivel de tránsito, asegúrese de que sea fácil de usar. Considere el uso de palas, rastrillos para nieve y sopladoras de nieve de una sola etapa para mantener despejadas las banquetas de alto tránsito cerca de los edificios, donde el uso de equipos más grandes puede no ser seguro cuando hay mucha gente. Mantenga estas herramientas cerca del área de trabajo, para que sean la primera opción antes que recurrir a un barril de sal y un esparcidor.

En estacionamientos, seleccione equipos que optimicen la visibilidad y la maniobrabilidad. Un cargador frontal con una pala de 15 pies puede ser ideal cuando el estacionamiento está vacío a las tres de la mañana, pero puede no caber entre los carriles cuando hay autos estacionados. Vehículos utilitarios (UTV), tractores y minicargadores (skid steer) pueden ser una mejor opción en condiciones de mayor tránsito. Sea paciente y considerado al trabajar en momentos de alta actividad. Considere que todas las personas a su alrededor son clientes potenciales, ya que apoyan el negocio que le otorga el contrato.

Asegúrese de que su equipo esté en buen estado y sea adecuado para remover la mayor cantidad posible de nieve y hielo. Reemplace las herramientas manuales que estén deterioradas por el uso. Las hojas de quitanieves desgastadas de forma desigual suelen dejar nieve residual que luego requerirá tratamiento. Las cerdas de escobas muy gastadas pueden no alcanzar bien la superficie, especialmente en zonas con desniveles

o curvas. Mantenga el equipo en condiciones que maximicen su eficacia, para reducir la necesidad de aplicar descongelante después de la remoción.

Considere tener varias herramientas en su “caja de herramientas” para remoción de nieve. No se quede estancado(a) en un enfoque de “así lo hemos hecho siempre”. Las escobas mecánicas suelen realizar un trabajo mucho más eficiente que las palas o sopladoras. En zonas con alto nivel de servicio, la escoba debería ser su herramienta principal, incluso si necesita primero quitar nieve pesada con pala o sopladora antes de barrer. El barrido puede dejar la superficie tan limpia que no se requerirá tratamiento, o bastará con una ligera aplicación de descongelante líquido directo. Las escobas vienen en muchos tamaños para adaptarse a cortadoras, UTV, minicargadores, tractores y cargadores. Adapte el tamaño del equipo a cada tarea. Y no tenga miedo de probar el barrido también en estacionamientos: existen escobas grandes que pueden manejar estacionamientos pequeños o medianos en nevadas ligeras. Aunque pueda tomar más tiempo que usar una pala, el ahorro de tiempo y materiales si no se necesita tratamiento descongelante puede traducirse en mayor productividad y mejor nivel de servicio. Considere el uso de cuchillas de quitanieves segmentadas. Modelos como Joma y PolarFlex están ganando popularidad. Estas cuchillas tienen segmentos cortos montados sobre goma dura, lo que les permite moverse de forma independiente y adaptarse a las imperfecciones del pavimento. Funcionan con menos ruido, lo que reduce la fatiga del operador, limpian la superficie de forma más eficaz que las cuchillas de carburo rectas y se desgastan de manera más uniforme, lo que prolonga su vida útil. El costo inicial más alto de estas cuchillas se puede recuperar con el tiempo gracias al ahorro en tratamientos con descongelantes y a la durabilidad extendida en comparación con las cuchillas rectas.

Primero remueva, luego trate según sea necesario

Recuerde que la remoción física de nieve siempre debe realizarse antes de aplicar descongelantes. La mejor oportunidad para reducir el uso de sal no necesariamente proviene de tecnologías nuevas y costosas ni de mezclas líquidas complicadas con las que no esté familiarizado(a) (aunque también pueden ser útiles).

El mayor ahorro se logra al usar el equipo adecuado para cada tarea, mantenerlo en buen estado, y programar la remoción de nieve en el momento adecuado para evitar la formación de nieve compactada. De este modo, las palas, sopladoras y escobas pueden hacer el trabajo sin depender exclusivamente de descongelantes. El objetivo siempre debe ser remover tan bien la nieve y el hielo que el uso de descongelante no sea necesario o se limite a una aplicación mínima.

Deshielo: Durante y/o después de la tormenta

El deshielo (deicing) es una operación reactiva, en la cual se aplica un descongelante sobre nieve, hielo o escarcha que ya se ha acumulado en la superficie del pavimento.

- La tabla de índices de aplicación (Tabla 15) fue diseñada en base a las tasas recomendadas para autopistas, carreteras del condado y calles urbanas en Minnesota. Fuente: *Minnesota Snow and Ice Control Field Handbook for Snowplow Operators. (2022, January).*
https://mnltap.umn.edu/sites/cts.umn.edu/files/2023-09/snow_ice_handbook_2022.pdf
- Estos índices deben considerarse como una meta a alcanzar, no como punto de partida. Muchas organizaciones utilizan una cantidad mucho mayor; reducir bruscamente la aplicación en un solo paso puede resultar contraproducente.
- Ajuste sus estrategias de mantenimiento invernal, así como las herramientas y productos utilizados. A medida que mejore su desempeño, podrá reducir el uso de sal y acercarse a los índices recomendados.
- La mayoría de los casos de uso excesivo de sal se pueden evitar al tener esparcidores calibrados, ajustar el patrón de esparcimiento y buen juicio al seleccionar materiales e índices e aplicación, según la temperatura del pavimento.
- No intente derretir toda la nieve con sal.
- Esto representa un uso excesivo de materiales. Aplique solo lo suficiente para romper la adherencia entre la superficie del pavimento y la capa de nieve, de modo que pueda ser removida con pala o quitanieves.

El objetivo no es derretir todo. El objetivo es penetrar a través del hielo y la nieve y romper la adherencia para que el pavimento pueda ser despejado con pala o quitanieves.

Figura 24: Una señal de que sus operaciones necesitan ajustes.



Mejor remoción de nieve = ¡menos descongelantes!



Material seco: Sal de roca y productos envasados

Estos son los productos más utilizados en el mantenimiento invernal. Los descongelantes granulares tienen la mayor capacidad de derretimiento del hielo, lo que significa que pueden derretir más nieve y hielo por volumen de producto utilizado. Esto representa una ventaja en zonas con nieve muy compactada o donde se requiere derretir una gran cantidad de nieve, sin embargo, los estándares actuales nos llevan a salir temprano y con frecuencia durante la tormenta para remover la nieve. Los productos granulares son menos eficaces y se sobreutilizan con frecuencia debido a estos desafíos:

- Actúan lentamente
- Se dispersan fácilmente fuera de la zona objetivo

Los productos granulares no pueden derretir nieve ni hielo hasta que se convierten en líquido. Esto requiere tiempo, a menudo más del que estamos dispuestos a esperar. Para acelerar el proceso, solemos aplicar más del mismo producto, pero esta estrategia es ineficiente y genera desperdicio. ¿Sus banquetas quedaron cubiertas de sal después de la tormenta? Podría ser porque intentó acelerar el derretimiento, pero también puede deberse a problemas en su estrategia operativa.



Superficies saladas después de la tormenta = momento de mejorar su estrategia de mantenimiento.

El derretimiento puede ser más rápido cuando:

- Se añade o se cambia a un descongelante líquido
- El pavimento se calienta
- Se cambia a un descongelante granulado que funcione mejor con la temperatura del pavimento

Intentar acelerar el derretimiento añadiendo más del mismo producto: suele ser una mala decisión.

Es difícil lograr que los productos granulares se mantengan en la zona objetivo. Rebotan y se dispersan durante la aplicación. Los gránulos que sí caen en el lugar correcto pronto son desplazados por el tránsito. Vehículos y peatones dispersan la sal antes de que pueda hacer efecto.

Debido a los problemas de velocidad y precisión asociados con los materiales granulares, muchas veces se aplican una y otra vez para lograr el mismo efecto que se obtendría con un producto líquido o una combinación de líquido y granulado, pero usando una cantidad mucho menor.

Otro desafío de los productos granulares es la falta de humedad. Piense en una superficie que ha sido barrida, pero que aún está algo resbalosa: los productos granulares no generarán salmuera si no hay suficiente humedad residual. ¡Ese es un momento ideal para usar aplicación líquida directa (DLA)!

A medida que la industria del mantenimiento invernal adopta tecnologías más sofisticadas —similares a las que ya se utilizan en la agricultura—, la tendencia será clara: más líquidos y menos productos granular.



Los productos granulares son como los troncos en una fogata: tardan en encenderse, pero si logra mantenerlos en su lugar, duran mucho tiempo.

Acopios pretratados

El término “pretratamiento” o “acopio pretratado” se refiere a un acopio de sal de roca al que se le ha añadido un producto líquido. No se refiere a la aplicación de descongelante líquido antes de una tormenta. La sal pretratada puede comprarse ya mezclada y lista para usar, o bien puede prepararse en el sitio. Para crear un acopio pretratado, agregue líquidos con moderación. El material seco solo puede absorber una cantidad limitada de líquido antes de que ocurra filtración de líquidos. Supervise el área de almacenamiento para asegurarse de que pueda contener adecuadamente la sal húmeda. Antes de hacerlo a gran escala, pruebe su técnica de mezcla y observe la cantidad de lixiviación con un acopio pequeño.

Tratamiento del acopio de sal

Es más fácil, más seguro para el medioambiente y más probable que obtenga un producto de alta calidad si compra sal pretratada, en lugar de mezclarla usted mismo(a). Sin embargo, si cuenta con un área contenida y un método eficiente para mezclar los productos, puede lograr buenos resultados.

Su acopio de sal debe estar seco antes de intentar preparar un acopio tratado. Si la sal está húmeda, el líquido que añada se escurrirá fuera del montón.

- Mezcle sal de roca con un descongelante líquido o aditivo (no salmuera).
- Aplíquelo en una proporción de aproximadamente 6 galones por tonelada, o la cantidad recomendada por su proveedor.
- La humedad de la sal determinará cuánta cantidad de líquido puede agregarse sin provocar escurrimiento.
- Para minimizar el escurrimiento, prepare la sal pretratada por evento climático, no para toda la temporada.
- Como el riesgo de escurrimiento en un acopio tratado es mayor, el almacenamiento adecuado es fundamental.

Aplicación de sal tratada

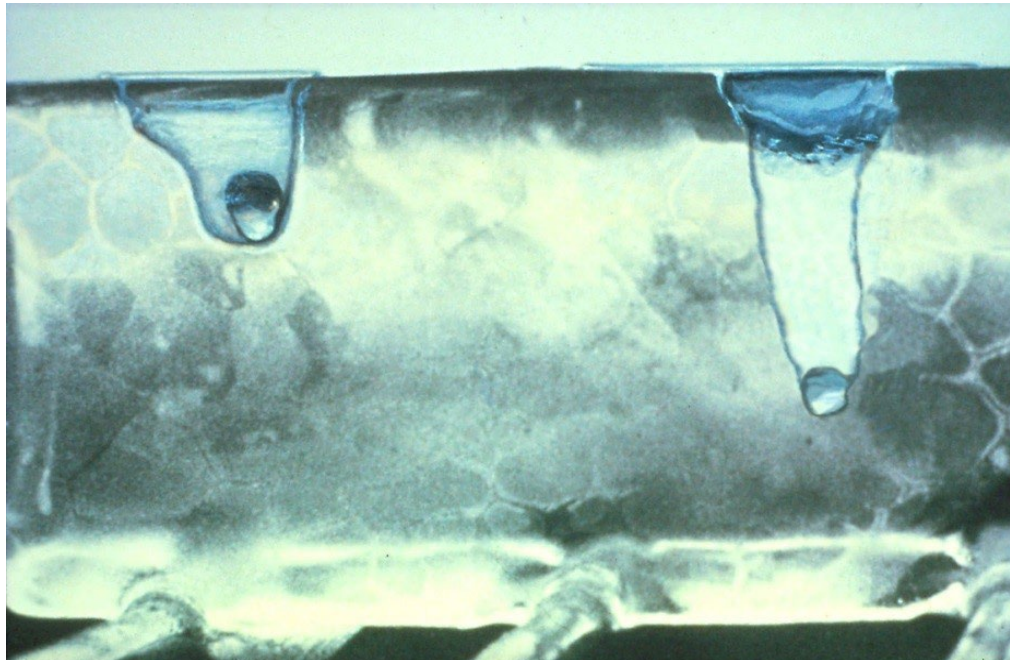
- La sal pretratada puede aplicarse con casi cualquier tipo de equipo utilizado para sal seca.
- Recuerde reducir el índice de aplicación; se requiere menos material que con sal seca.
- Por lo general, funciona a temperaturas de pavimento más bajas que la sal de roca (esto depende del aditivo utilizado).

Sal prehumedecida

El prehumedecimiento de sal consiste en el uso de un tanque y una tolva. El líquido y la sal granulada se combinan en el punto de descarga. Aplicar líquidos sobre sal seca acelera el proceso de derretimiento y permite que el producto penetre el hielo y la nieve compactada más rápidamente. Los materiales húmedos se adhieren mejor al pavimento y tienen menos probabilidad de salirse de la zona objetivo.

Cuando integre líquidos, asegúrese de reducir el índice de aplicación del producto granular. Este es un error común entre quienes comienzan a usar líquidos. En general, puede reducir la aplicación en un $\frac{1}{3}$ y obtener el mismo resultado.

Figura 25: Sal seca vs. sal prehumedecida.



Crédito fotográfico: Boletín de transporte n.º 22 del Departamento de Transporte de Wisconsin (Wisconsin DOT)

- Añadir descongelantes líquidos a la sal seca durante su aplicación acelera el proceso de derretimiento.
- La salmuera es el agente de prehumedecimiento más utilizado.
- Las salmueras pueden contener otros ingredientes (aditivos) para mejorar su rendimiento o reducir la corrosión.
- El prehumedecimiento de sal de roca con cloruro de magnesio (MgCl_2) o cloruro de calcio (CaCl_2) funciona bien a temperaturas más bajas.
- También se puede usar acetato de potasio; es químicamente compatible con la sal como agente de prehumedecimiento.
 - No mezcle acetato de potasio con salmueras concentradas de cloruro. Esta combinación puede formar una especie de gel, debido a que partículas microscópicas de sal sólida se separan de la solución en la mezcla.



Por lo general, es posible usar $\frac{1}{3}$ menos de material al utilizar sal prehumedecida, y actúa más rápido que la sal seca!

Figura 26: Camión equipado para prehumedecimiento.



Tolva

Tanque

Punto de descarga

Guía para el prehumedecimiento

Aunque el prehumedecimiento requiere algunos ajustes en el equipo, ofrece flexibilidad para modificar la cantidad y el tipo de líquido utilizado, lo que lo convierte en una herramienta extremadamente valiosa.

Objetivo:

- Ajustar el tipo de líquido según la temperatura del pavimento y su tendencia.
- Ajustar la proporción de líquido a material granular para acelerar el derretimiento y reducir el índice general de aplicación.
- Buscar formas de aumentar la proporción líquido-granular. Tendrá mejor rendimiento a menor costo. (Tanques más grandes, tolvas más pequeñas)

Consejos:

- Reduzca el índice de aplicación: se necesita aproximadamente $\frac{1}{3}$ menos material que al usar sal seca.
- Un índice común en carretera es de 8 a 14 galones por tonelada de salmuera.
 - Aproximadamente 0.5 a 1 onza líquida por libra de sal
- A mayor proporción de líquido respecto al material granular: Mayor velocidad de acción y mejor adherencia al pavimento
 - Algunas aplicaciones llegan a usar hasta 60 galones por tonelada (aproximadamente 4 onzas líquidas por libra de sal)



Los líquidos son como el encendedor: si quiere que algo ocurra rápido, ¡use líquidos!

- Prehumedecer con un químico distinto a la salmuera puede mejorar el desempeño en condiciones de frío
- Considere la cantidad de humedad en la nieve, tanto al momento de caer como en la capa compactada que se desea derretir. ¿Fue una nieve seca y ligera, o una nieve pesada y húmeda como “nieve cemento”? Las nieves secas suelen retirarse mejor con pala y se benefician más de una mayor proporción de líquido a sal granular, ya que generalmente se presentan en temperaturas más frías (lo que ralentiza el efecto del granulado). Y hay menos humedad disponible para generar salmuera a partir del gránulo seco. El prehumedecimiento ayuda a resolver ambos problemas. El prehumedecimiento ayuda a resolver ambos problemas.
- El prehumedecimiento es más práctico con camiones de volteo. El uso en camionetas pickup puede ser limitado por el peso del material.
- Cuanto mejor se mezcle el líquido y el granular antes de que lleguen al suelo, mejor será su desempeño.
- Asegúrese de seguir las instrucciones del proveedor para la preparación y mezcla de salmuera. Mida los productos con precisión. El método de “a ojo” no es confiable.

Aplicaciones líquidas directas (DLA)

Las DLA se refieren al uso exclusivo de descongelantes líquidos, sin material granular. Las prácticas DLA incluyen tanto la aplicación preventiva como las aplicaciones líquidas directas durante y después de la tormenta. Las prácticas DLA antes de la tormenta han sido ampliamente estudiadas y son de uso común en la industria. Las prácticas DLA durante y después de la tormenta representan una nueva frontera para profesionales del mantenimiento invernal. Se consideran un uso avanzado de líquidos, y no se recomienda como punto de partida para quienes recién comienzan a trabajar con productos líquidos.

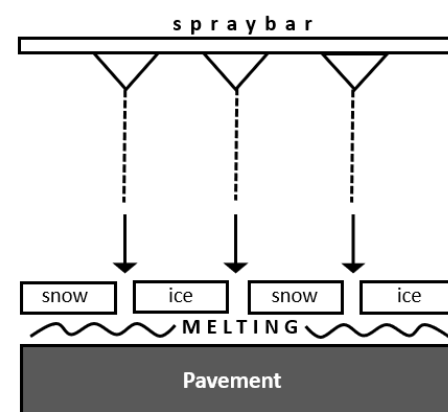
Los líquidos siempre actúan desde la parte inferior hacia arriba. Es esencial que el líquido se infiltre por debajo de la nieve o el hielo para romper la adherencia entre la capa y el pavimento.

El éxito con DLA requiere ajustes en la velocidad de circulación, el índice de aplicación, la presión en la barra rociadora y la selección adecuada del descongelante para que el líquido logre penetrar y comenzar el proceso de derretimiento (Figura 27). Si no logra que el líquido penetre por debajo de la nieve o el hielo, lo más probable es que se derrita y luego se recongele sobre la superficie, generando una capa de hielo rápido, como ocurre con una Zamboni (Figura 28). Aún no existe un consenso sobre los índices de aplicación más eficientes para las DLA durante o después de la tormenta. Sin embargo, los debates actuales han identificado algunas pautas:

Las DLA suelen ser más exitosas cuando:

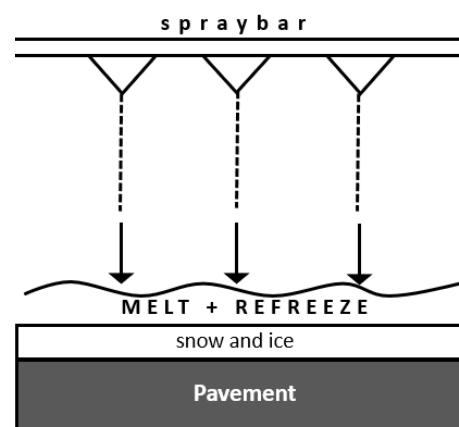
- El pavimento está templado o en proceso de calentamiento
- Se trata de micropelículas de hielo

Figura 27: Aplicación exitosa DLA



Crédito fotográfico: FCI

Figura 28: Aplicación incorrecta de DLA.



Crédito fotográfico: FCI

- Se aplican índices mayores que los usados en aplicación preventiva
 - Muchas organizaciones duplican el índice de aplicación
 - En casos de hielo fino o niebla helada, muchas usan los índices estándar de aplicación preventiva
 - Algunas aplican cantidades exageradamente altas, lo cual no mejora el desempeño

La mayoría de quienes han probado esta técnica le recomiendan:

- Mantener ciclos de aplicación más cortos, para poder regresar y monitorear el tratamiento.
- Usar la aplicación líquida directa (DLA) como una herramienta más dentro de su estrategia, ya que no es adecuada para todas las condiciones.

Clear Roads ha publicado una [guía preliminar sobre el uso de DLA](#) en carreteras. En el futuro se espera la publicación de índices de aplicación específicos para estacionamientos y banquetas, pero actualmente no existen estándares ampliamente aceptados para esas superficies.

Tracción

El uso de arena de invierno y otros abrasivos es una excelente herramienta cuando las temperaturas son demasiado bajas para que los descongelantes sean efectivos, o en zonas donde no se requiere pavimento completamente limpio. Los abrasivos solo proporcionan tracción temporal mientras están sobre la nieve o el hielo. Cuando la arena está en contacto directo con el pavimento, debe ser barrida, ya que deja de ser útil y puede reducir la tracción, obstruir los desagües y causar otros problemas.

Ventajas de la arena (abrasivos)

- Tracción temporal en curvas, pendientes e intersecciones. También útil para tránsito peatonal en áreas donde no se requiere pavimento limpio.
- Útil en temperaturas extremadamente frías, cuando los químicos no funcionan.
- Apta para caminos de grava, senderos o zonas de estacionamiento sin pavimentar.
- Fácil de conseguir
- Económica

Desventajas de la arena

- No derrite nieve ni hielo.
- Puede ser arrastrada al interior de edificios.
- Debe barrerse y desecharse adecuadamente.
- Al ser utilizada, sus partículas se vuelven más finas y pueden afectar la calidad del aire.
- Reduce la eficacia de superficies permeables como asfalto poroso, concreto permeable o adoquines drenantes, cuya limpieza o reemplazo puede ser muy costoso. No aplique arena sobre superficies duras permeables.

Barrido

Realice barridos en los estacionamientos tanto a mitad del invierno como en primavera. Se pueden usar barredoras remolcables adaptadas para camionetas pickup, así como barredoras mecánicas más pequeñas

para banquetas. También funcionan bien las barredoras tipo balde para minicargadores (skid loaders). Se debe usar equipo de protección personal (PPE) para evitar la inhalación del polvo fino.

- Normativa estatal: Los residuos de barrido provenientes de calles, banquetas o estacionamientos que no han sido cribados para eliminar basura y desechos se consideran residuos sólidos industriales y deben almacenarse o desecharse conforme a la ley. [MINN. R. 7035.2855 \(2006\)](#)
- La arena usada puede estar contaminada con aceite, grasa, metales o caucho.
- Los residuos de barrido pueden llevarse a un vertedero autorizado.
- No permita que niñas y niños jueguen sobre los montones de barrido.
- Algunos sectores industriales pueden reutilizar los residuos de barrido.
- Antes de reutilizar, se debe eliminar basura, hojas y otros residuos, normalmente mediante cribado. Para el cribado final, se recomienda una malla fina, por ejemplo, de $\frac{3}{4}$ de pulgada, para asegurar la eliminación de residuos grandes. La basura y los residuos deben desecharse correctamente clasificándolos como reciclaje (por ejemplo latas de aluminio), compostaje (por ejemplo, hojas), relleno sanitario (cuando no haya otra opción).

Recomendaciones para banquetas

Retire la nieve antes de aplicar descongelantes. Puede usar pala, sopladora, escoba o barredora, ¡y no dude en usar todas en un mismo evento si es necesario!

- Las banquetas son las zonas más sobretratadas con sal en el mantenimiento invernal.
- En banquetas con problemas de derretimiento y recongelación, despeje más allá del ancho completo, para que la nieve derretida fluya hacia zonas ajardinadas o con grava en lugar de extenderse sobre el pavimento.
- Las escobas son una herramienta excelente para el mantenimiento de banquetas. Para nieve ligera, use solo la escoba; para nieve pesada, use la escoba después de palear o soplar.
- Los descongelantes pueden dañar banquetas calefaccionadas.
- Los abrasivos y descongelantes pueden dañar adoquines permeables o concreto permeable, ya que son más susceptibles a los ciclos de congelación/descongelación que generan presión hidráulica en los poros.
- Use esparcidores de caída en lugar de esparcidores rotatorios. Si usa un esparcidor rotatorio, instale protectores para limitar el patrón de aplicación. Esto ayuda a reducir el índice de aplicación y a proteger la vegetación.
- Adoquines: los adoquines texturizados tienden a responder mejor a la aplicación líquida directa (DLA) que a la aplicación preventiva. Muchos incidentes por resbalones y caídas ocurren a menos de 3 metros (10 pies) de la línea de banqueta.
- Ajuste sus prácticas para incluir medidas proactivas como la aplicación preventiva, y asegúrese de que las líneas de banqueta estén limpias en zonas de alto uso peatonal.



Ahorre dinero aplicando salmuera antes de la nevada para reducir la adherencia de la nieve y el hielo al pavimento.

Entradas de edificios

Las entradas de edificios suelen sobresaturarse con sal, aunque con buenas intenciones. Las personas sin capacitación que usan el balde de sal junto a la puerta intentan mantener el área segura, pero el uso excesivo de sal causa daños en los marcos de las puertas, alfombras interiores y pisos, deterioro del concreto, la vegetación y las estructuras metálicas en el exterior del edificio y se convierte en un gasto innecesario, sin mejorar la seguridad. El exceso de descongelante contamina el agua y no aporta mayor protección contra caídas. La cantidad correcta de descongelante, junto con una buena remoción mecánica de nieve y hielo, da mejores resultados.

Un video corto y gratuito sobre mantenimiento invernal en sitios pequeños está disponible en: <https://www.pca.state.mn.us/water/chloride-salts>. Diseñado para personas que realizan mantenimiento en espacios como escaleras, rampas de acceso o cortes de banqueta, especialmente en entradas de edificios. Ofrecer instrucciones útiles para quienes aplican descongelantes granulares en áreas pequeñas. Recomendaciones del video:

- Realice evaluaciones del sitio, documente problemas de drenaje y repárelos en verano. Ejemplos: techo que gotea sobre escalones, bajante que drena sobre la banqueta.
- Remueve la nieve antes de aplicar descongelantes. Menos nieve significa menos sal para lograr una superficie segura.
- Use la herramienta adecuada según el tipo de nieve o hielo:
 - Pala empujadora (sin bordes) para desplazar nieve.
 - Pala de carga (con bordes) para levantar nieve.
 - Escoba o sopladora para nieve ligera y seca.
 - Raspador para hielo en superficies con compactación.
 - Cíncel para hielo para romper hielo o nieve muy compactada.
- Para áreas más anchas, use esparcidores manuales (tipo sembradora) en lugar de usar una lata para esparcir sal. Los esparcidores:
 - Distribuyen el producto de forma más uniforme.
 - Reducen la cantidad necesaria.
 - Disminuyen el arrastre de sal hacia el interior del edificio.
 - Protegen infraestructura y reducen costos al aplicar menos sal.
- Para áreas angostas, use esparcidores tipo salero y aplique una capa ligera, no un montón.
- Considere cerrar entradas secundarias o escaleras duplicadas durante el invierno si no son esenciales, pero manténgalas accesibles como salidas de emergencia.

Para quienes no usarán una table de aplicación, algunas pautas útiles:

- Aplique el descongelante dejando espacio entre los gránulos. Para NAAC o CMA (acetatos), cada gránulo derrite un área del tamaño de una moneda, como una de 25 o 50 centavos. Mantenga los gránulos a esa distancia entre sí.

Figura 29: Letrero de advertencia. Precaución: escaleras resbalosas.



Crédito fotográfico: Mayo Clinic

- No haga montones de descongelante.
- No aplique sobre pavimento seco.
- No aplique sobre la vegetación.
- No aplique hasta el borde de la banqueta ni en zonas donde casi no hay tránsito peatonal. Concéntrese en los carriles de tránsito peatonal, pero sin llevar la sal hasta el interior del edificio. Parte del descongelante se desplazará por sí solo hacia otras áreas.
- Si hay una zona peligrosa conocida márquela, colóquela una bandera o señal y avise a las personas usuarias de que es una zona resbalosa. Solo esta acción ha demostrado reducir costos de mantenimiento y disminuir significativamente los incidentes por caídas.

Cubetas de sal en entradas

Si no desea que el público use la sal colocada en las cubetas de entrada, etiquételas como “solo para el personal capacitado” o colóquelas en un lugar donde no sean de fácil acceso para el público.

Si decide colocar la cubeta en una entrada para uso público:

- Proporcione instrucciones sobre el uso adecuado de sal y cómo recuperar el exceso.
- Ofrezca palas para remover la nieve antes de aplicar sal.
- Proporcione algún medio para aplicar sal de manera ligera, como un esparcidor manual, esparcidor de empuje, vaso pequeño, o salero tipo shaker.



Crédito de imagen: Minneapolis Park Board

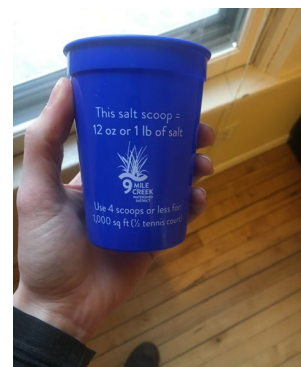
Figura 30: Etiqueta para cubeta de sal.



Pruebe con esparcidores manuales y saleros tipo shaker. Use cucharones pequeños, no grandes, en las cubetas de sal. Muchas personas han logrado ahorrar hasta un 50 % de sal con estos simples pasos.

- Brinde orientación sobre el patrón de aplicación, coloque un póster con el patrón deseado o una imagen del patrón de esparcimiento en el recipiente o vaso dentro de la cubeta.
- Ofrezca guía sobre la cantidad de sal apropiada para el área de mantenimiento, ejemplo: no más de 2 vasos azules de sal para la escalera.
- Proporcione un kit de limpieza para recoger el exceso de sal de la banqueta una vez que termine la tormenta.
- Invite a las personas a aplicar sal solo si es necesario. Si se necesita, que lo hagan con una capa ligera y solo en zonas con hielo (tratamiento localizado).
- Advierta sobre los efectos secundarios (daños a los lagos, plantas y la infraestructura del edificio).
- Si observa uso excesivo de sal, considere reforzar su capacitación o estrategia de comunicación.

Figura 31: Vaso pequeño con instrucciones para aplicación.



Recomendaciones para estacionamientos

- Retire la nieve con pala o maquinaria antes de aplicar materiales.
- Durante todo el invierno, barra el exceso de sal y arena.
- Las zonas de estacionamiento accesible (discapacidad) deben recibir la misma cantidad de sal o arena que otras áreas. Aplicar más no es mejor.
- Coloque los montones de nieve en el extremo bajo del estacionamiento, no en el alto. Esto reduce el derretimiento y recongelación en el área de mantenimiento.
- Evite empujar nieve hacia jardines pluviales o estanques de aguas pluviales, ya que eso aumenta los costos de mantenimiento de estas estructuras.
- Después de palear, verifique que los drenajes pluviales estén libres de nieve, hielo o residuos.
- La aplicación preventiva ha demostrado ser menos efectiva en estacionamientos deteriorados, con mal drenaje o asfalto dañado.

Aproximadamente 1 cucharadita de sal puede contaminar 5 galones de agua... ¡para siempre!
(El estándar federal de cloruro es de 230 mg/L).

Evaluar la efectividad de las acciones

Documentación y registro



Una buena documentación lleva a un uso reducido de materiales, un control más eficaz de la nieve y el hielo, menores impactos ambientales y ahorro de costos.

- Haga seguimiento del uso de materiales. Aprenda a registrar qué y cuánto se aplica en cada sitio y durante cada visita. Esté preparado(a) para analizar y ajustar el proceso en función de lo aprendido.
- Use formularios electrónicos o en papel para registrar y monitorear el trabajo realizado (Tabla 13 y Tabla 14).
- Documente lo que está haciendo y los resultados obtenidos. Esta es la información que necesita para mejorar estratégicamente sus operaciones.

Después de la tormenta

Luego de cada evento invernal, evalúe qué se hizo, qué funcionó bien y qué se puede mejorar en las operaciones.

- Analice la documentación proporcionada por el personal:
 - Identifique lo que funcionó bien
 - Identifique lo que no funcionó tan bien
- Realice una reunión de evaluación con el equipo de mantenimiento o publique los resultados para que todos los vean.
 - Informe al equipo sobre los logros y aprendizajes de la tormenta. Ejemplo: El camión con prehumedecimiento a 10 galones/tonelada dio los mejores resultados. La prueba con DLA no funcionó. Se ajustarán la velocidad y los índices para el próximo evento.
 - Use estas reuniones para fomentar una cultura de aprendizaje de la tormenta.
- Considere realizar una reunión de retroalimentación con el cliente:
 - Los bajantes junto a la entrada principal están causando problemas.
 - La aplicación preventiva antes de la tormenta nos permitió usar menos sal en general.
- On base en todos los aspectos del operativo, identifique formas de mejorar las prácticas e inspirar a su equipo.
- Limpie, revise y repare todo el equipo.
- Asegúrese de que las áreas de almacenamiento de sal estén limpias y debidamente aseguradas.

Figura 32: Limpieza del exceso de sal.



Crédito fotográfico: FCI

Figura 33: Ajuste del programa.

Perfeccionando el programa



No se puede gestionar lo que no se mide.



Seguir las buenas prácticas y documentar las acciones ayuda a demostrar que la persona profesional está haciendo el mejor trabajo posible y puede reducir la responsabilidad legal.

Después del invierno

El mantenimiento invernal es una actividad que se extiende durante todo el año. La lista de acciones incluida en este manual es solo una muestra de lo que se necesita para prepararse y operar correctamente durante el invierno. Una vez finalizada la temporada, se requiere bastante trabajo y planificación para prepararse para el próximo invierno. A continuación, se enumeran algunas de las acciones recomendadas al cerrar las operaciones con productos químicos al final del invierno.

- Vacíe los camiones aplicadores de descongelante y devuelva el producto utilizable al área de almacenamiento.
- Barra el exceso de sal y cubra el producto a granel para mantenerlo limpio durante el verano.
- Lave el equipo con agua caliente y jabón, y séquelo completamente antes de almacenarlo. Incluya mangueras de camión, bombas, superficies internas y externas.
- Revise los almacenes de productos a granel para asegurarse de que sean herméticos y estén en buenas condiciones.
- Realice una revisión de final de temporada, consulte los registros de tormentas y actualice el plan de mantenimiento invernal y los procedimientos ante emergencias invernales.
- Asegúrese de que todas las Hojas de datos de seguridad (SDS) estén actualizadas y completas. Verifique que todo el personal esté capacitado en relación con los productos químicos que almacenarán.

Formulario de datos de aplicación preventiva

Tabla 13: Formulario de datos de aplicación preventiva

Formulario de datos de aplicación preventiva			
Ubicación:			
Fecha:			
Temp. del aire – Temp. del pavimento HR* – Punto de rocío* – Cielo*			
Motivo de la aplicación:			
Ubicación:			
Producto químico:			
Hora de aplicación:			
Cantidad aplicada:			
Observación (1.er día):			
Observación (después del evento):			
Observación (antes de la siguiente aplicación):			
Nombre:			

* HR = humedad relativa | Punto de rocío = temperatura de condensación | Cielo = soleado a nublado

Formulario de datos de deshielo

Tabla 14: Formulario de datos de deshielo

Formulario de datos de deshielo			
Operador(a):			
Ubicación:			
Inicio del evento:	Fecha	Hora	
Fin del evento:	Fecha	Hora	
Tipo de evento:	nieve	lluvia	ambos
Precipitación total:			
Temp. del pavimento:		Temp. del aire:	
Punto de rocío:			
Tendencia de la temperatura:			
Material utilizado:			
Cantidad utilizada:			
Tasa de aplicación:			
Observaciones:			

Tasas de aplicación para reducir los impactos ambientales

Las tasas de aplicación efectivas dependen de muchos factores, incluyendo el tipo y la intensidad de la precipitación, la temperatura y tendencia del pavimento, la humedad, el punto de rocío, el tipo de superficie y el material subyacente.

Las tablas de tasas de aplicación que se muestran a continuación provienen del Minnesota Snow and Ice Control Field Handbook for Snowplow Operators, Third Revision (LRRB 2022) y se han convertido de galones o libras por milla de carril a galones o libras por cada 1,000 pies cuadrados.

Estas tasas de aplicación no son perfectas, pero deben usarse como metas a alcanzar. Desarrolle tablas de tasas de aplicación específicas para estandarizar el desempeño. Registre las tasas de aplicación para medir y mejorar el rendimiento. Modifique las prácticas gradualmente para ajustarlas a sus necesidades. Una sola tasa de aplicación no sirve para todas las situaciones. La duración de una aplicación depende de: temperatura del pavimento, tasa de aplicación, tipo de precipitación, tipo de material aplicado, desplazamiento de la sal fuera del objetivo, entre otros.

Guía de tasas de aplicación preventiva para estacionamientos y aceras

Tabla 15: Tasas de aplicación preventiva

Tasas de aplicación preventiva			
Esta es solo una referencia inicial. Ajústela según la experiencia.			
Condiciones	Galones/1,000 pies ² CaCl ₂ o MgCl ₂		Otros productos
	CaCl ₂ o MgCl ₂	Salmuera (NaCl)	
1. Aplicaciones programadas regularmente	0.2 – 0.4	0.3 – 0.6	Siga las recomendaciones del fabricante
2. Antes de evento de escarcha o hielo negro	0.2 – 0.4	0.3 – 0.6	
3. Antes de nevada ligera o moderada	0.2 – 0.4	0.3 – 0.8	
PRECAUCIÓN: Una tasa de aplicación demasiado alta puede provocar condiciones resbaladizas o arrastre del producto.			

Cómo usar la tabla de tasas de aplicación preventiva anterior:

1. Determine el área del estacionamiento o acera en pies cuadrados.
2. Divida el área entre 1,000 (la tabla está basada en un área de 1,000 pies²).
3. Busque la tasa de aplicación: elija la condición en la primera columna de la tabla y siga hacia la derecha hasta encontrar el descongelante preventivo que se está usando.
4. Determine cuántos galones necesita: multiplique la tasa de aplicación por el resultado obtenido en el paso n.º 2.

Ejemplo: El estacionamiento mide 20,000 pies². La tabla indica la cantidad a aplicar por cada 1,000 pies².

El plan es aplicar salmuera antes de una nevada ligera. Haga el cálculo para saber cuánta salmuera se necesita:

1. Divida el tamaño del estacionamiento entre el tamaño de referencia de la tabla ($20,000/1,000 = 20$).
2. La tasa de aplicación de la tabla está **entre 0.3 y 0.8 galones**.
3. Multiplique $20 \times 0.5 =$ se necesitan aproximadamente **10 galones**.

Consejo: Para convertir de galones a onzas, multiplique el resultado por 128.

¿Qué producto químico usar para la aplicación preventiva (anticongelante)?

Estas no son recomendaciones, sino una forma de compartir prácticas comunes en la industria actual. Consulte con su proveedor. Los productos están cambiando y mejorando, y su proveedor es una buena fuente de información actualizada.

- Salmuera pura
- Debe tener una concentración del 23.3 %.
- Adecuada para pavimentos a 15 °F o más cálidos.
- Aplique en patrón húmedo-seco.
- Algunas personas cambian de salmuera pura a mezclas de salmueras cuando la temperatura del pavimento está entre 20 °F y 15 °F y en descenso.
- Las tasas de aplicación no son tan críticas: si la salmuera está bien mezclada, usar tasas un poco más altas o bajas para la aplicación preventiva no suele causar problemas con la fricción del pavimento.
- Mezclas de salmuera
- Todas las mezclas son diferentes. Consulte con su proveedor para conocer los requisitos de mezcla y el rango de temperatura de pavimento para su uso.
- Pregunte a su proveedor sobre posibles problemas si la mezcla se usa fuera del rango de temperatura adecuado, con un patrón de aplicación incorrecto o a una tasa no recomendada.
- Comience con salmuera al 23.3 %.
- Mida con exactitud la cantidad de aditivo; se recomienda el uso de un medidor de flujo.
- La mayoría de las mezclas de salmuera funcionan en rangos de temperatura de pavimento ligeramente más fríos que la salmuera pura.
- Muchas personas usan su mezcla favorita cuando el pavimento está entre 15 °F y 20 °F y en descenso.
- Algunos tienen varias recetas de mezclas y las ajustan para pavimentos más fríos.
- Muchos usan la misma tasa de aplicación para las mezclas que para la salmuera pura.
- Algunos seleccionan aditivos que no requieren mucha agitación, buscando un buen desempeño tanto en almacenamiento como en deshielo.
- CaCl_2 o MgCl_2 puros²
- Adecuados para pavimentos fríos o en enfriamiento, de 0 °F a 15 °F.

- Pueden usarse hasta 25 °F y en descenso, pero es posible que no ofrezcan ventajas frente a la salmuera o mezclas de salmuera en rangos más cálidos.
- En la industria se han registrado casos de éxito a temperaturas por debajo de 0 °F, aunque es más riesgoso.
- Manténgase dentro de las tasas de aplicación conservadoras.
- El patrón húmedo-seco en el pavimento es esencial para la seguridad.
- Dado que estos productos atraen humedad del aire hacia la superficie del pavimento, el momento más seguro para aplicarlos en una aplicación preventiva (anticongelante) es al inicio de la tormenta.
- Acetatos
- Cada tipo de acetato funciona dentro de su propio rango de temperatura de pavimento recomendado.
 - Consulte con su proveedor para conocer el rango y la tendencia de temperatura óptimos del pavimento para el acetato que planea usar.
 - Si paga un precio elevado por un producto, tiene todo el derecho de esperar un nivel de servicio al cliente de primera calidad, que incluya orientación técnica sobre su aplicación, almacenamiento y manejo, y que responda por completo a todas sus preguntas.
- Los acetatos pueden aplicarse con una boquilla de abanico o de chorro para aplicación preventiva (anticongelante).
 - Precaución: pruébelo en su tipo de superficie. Por ejemplo, las superficies de mármol pueden perder fricción más fácilmente que el asfalto con una aplicación preventiva.
 - Debido a que se aplanan rápidamente, se extienden sobre el pavimento formando una capa continua de acetato con buena fricción en la superficie.
 - Como forman una capa muy plana y delgada, la pérdida de fricción en la mayoría de las superficies por aplicación preventiva no suele ser un problema
- Para evitar posibles problemas de solubilidad, no mezcle acetatos líquidos con salmueras de cloruro en el mismo tanque.

Guía de tasas de aplicación para deshielo en estacionamientos y aceras

Las tasas de aplicación para deshielo en la [Tabla 16](#) se basan en las guías de aplicación para carreteras (*LRRB 2022*). Desarrolle tasas de aplicación específicas ajustando gradualmente sus tasas actuales hacia abajo hasta acercarse a las indicadas en las guías. Cuando las categorías de temperatura se superpongan, seleccione la tasa que sea más aplicable a la situación actual.

¿Sus productos no están en esta tabla?

Trabaje con su proveedor. En ausencia de eso, y dado que muy pocos productos aparecen en esta tabla, recomendamos que para los productos empacados que son principalmente NaCl utilice la categoría Sal seca. Para los productos empacados compuestos principalmente por otros productos (que no sean NaCl), utilice la categoría Sal humedecida con otras mezclas. Para los acetatos, formiatos y otros productos costosos de alto rendimiento, adquiera el hábito de trabajar estrechamente con sus proveedores.

Tabla de tasas de aplicación para deshielo

Estas tasas se basan en las guías de aplicación para carreteras (LRRB 2022). Úselas como una meta a alcanzar, ajustando gradualmente sus tasas de aplicación hacia abajo.

Tabla 16: Tasas de aplicación para deshielo

Temp. del pavimento (°F) y tendencia (↑↓)	Condición climática	Acciones de mantenimiento	Tasa de aplicación en lb por cada 1,000 pies ² de superficie			
			Sal prehumectada / pretratada con salmuera 1	Sal prehumectada / pretratada con otras mezclas 2	Sal seca 3	Arena inercial (abrasivos) 4
>30° ↑ A	Nieve	Retirar nieve con equipo y tratar solo intersecciones	0.75	0.5	0.75	No recomendado
B	Lluvia helada	Aplicar descongelante	1.25	1.0	1.5	No recomendado
30° ↓ C	Nieve	Retirar nieve con equipo y aplicar descongelante	1.25	1.0	1.5	No recomendado
D	Lluvia helada	Aplicar descongelante	1.5	1.25	1.75	No recomendado
25 – 30° ↑ E	Nieve	Retirar nieve con equipo y aplicar descongelante	1.25	1.0	1.5	No recomendado
F	Lluvia helada	Aplicar descongelante	1.5	1.25	1.75	No recomendado
25 – 30° ↓ G	Nieve	Retirar nieve con equipo y aplicar descongelante	1.25	1.0	1.5	No recomendado
H	Lluvia helada	Aplicar descongelante	1.75	1.5	2.25	3.25
20 – 25° ↑ I	Nieve o Lluvia helada	Retirar nieve con equipo y aplicar descongelante	1.75	1.5	2.25	3.25 (lluvia helada)
20 – 25° ↓ J	Nieve	Retirar nieve con equipo y aplicar descongelante	2.0	2.0	2.75	No recomendado
K	Lluvia helada	Aplicar descongelante	2.5	2.0	3.0	3.25
15° to 20° ↑ L	Nieve	Retirar nieve con equipo y aplicar descongelante	2.0	2.0	2.75	No recomendado
M	Lluvia helada	Aplicar descongelante	2.5	2.0	3.0	3.25
15° to 20° ↓ N	Nieve o Lluvia helada	Retirar nieve con equipo y aplicar descongelante	2.5	2.0	3.0	3.25 (lluvia helada)
0 to 15° ↑↓ O	Nieve	Retirar nieve, tratar con mezclas, aplicar arena en áreas peligrosas	No recomendado	3.0	No recomendado	5.0 (tratamiento localizado según sea necesario)
< 0° P	Nieve	Retirar nieve, tratar con mezclas, aplicar arena en áreas peligrosas	No recomendado	4.5	No recomendado	5.0 (tratamiento localizado según sea necesario)

Todas las tasas de aplicación se basan en superficies completamente despejadas.

Instrucciones para usar la tabla de tasas de aplicación con esparcidores calibrados

1. Use la Guía de tasas de aplicación para deshielo en estacionamientos y aceras en la Tabla 16. Seleccione la fila con la temperatura del pavimento, la tendencia de temperatura y las condiciones meteorológicas correspondientes.
2. Seleccione la columna (1–4) que corresponda al tipo de material que se va a utilizar.
3. Busque el recuadro donde la fila (A–P) y la columna (1–4) se cruzan para encontrar la tasa de aplicación.
4. Compare esos valores con la tabla de calibración que creó para su esparcidor.
5. Seleccione el ajuste correcto del esparcidor.

Ejemplo:

1. El estacionamiento mide 54,000 pies².
2. Temperatura: 22 °F y en descenso. Ya ha dejado de nevar.
3. Uso de sal prehumectada / pretratada con salmuera (1).
4. Busque la fila 20–25 °F ® (J). Sígala hacia la derecha hasta la columna Sal prehumectada / pretratada con salmuera (1). Lea la tasa en el recuadro: 2.0 / 1,000 pies².
5. Consulte la tabla de calibración en el vehículo y ajuste el esparcidor al valor más cercano a 2.0 lb/1,000 pies².
6. Ya está listo(a) para aplicar.

Instrucciones para usar la tabla de tasas de aplicación con esparcidores que NO están calibrados

Usando el ejemplo anterior:

1. Calcule el factor de tamaño: divida el tamaño del estacionamiento (54,000 pies²) entre 1,000 pies².
 $54,000 \div 1,000 = 54$. El factor de tamaño es 54.
2. Busque la tasa de aplicación (2.0).
3. Multiplique la tasa de aplicación por el factor de tamaño: $2 \times 54 = 108$.
4. La cantidad necesaria para todo el estacionamiento es 108 lb de sal prehumectada / pretratada con salmuera.
5. Debido a que el esparcidor no está calibrado, se desconoce el ajuste de aplicación.
6. Aunque no se conoce el ajuste de calibración, este cálculo establece la cantidad de sal que se debe usar.
7. Determine el mejor método para distribuir las 108 lb en todo el estacionamiento.



Una vez que los cloruros ingresan al agua subterránea o superficial, nunca desaparecen.

Fuentes

- Axler, R. (N.D). *How Much Salt is a Problem?* Lake Superior Duluth Streams. www.lakesuperiorstreams.org/understanding/impact_salt_2.html
- Dugan, H., et al. (2017). *Salting our freshwater lakes*. Proceedings of the National Academy of Sciences in the United States of America. www.pnas.org/content/114/17/4453
- Finlay, J. (2018). *Road Salt Impacts on Water Quality in Stormwater Ponds*. University of Minnesota. www.freshwater.org/wp-content/uploads/2019/02/Jacques-Finlay-RSS-Final.pdf
- Fortin, C., et al. (2014). *The real cost of salt use for winter maintenance in the Twin Cities Metropolitan Area*. Fortin Consulting. Prepared for Minnesota Pollution Control Agency. www.pca.state.mn.us/sites/default/files/wq-iw11-06bb.pdf
- Freshwater Crisis*. (N.D). National Geographic. www.nationalgeographic.com/environment/freshwater/freshwater-crisis/
- Giatti, A., Mingozzi, R. (2017). *Cyanide-Free and Biodegradable Anti-Caking Agent for De-Icing Salt*. Akzonobel Industrial Chemicals. www.docecity.com/cyanide-free-and-biodegradable-anti-caking-agent-for-de-icin.html
- Healthy Rivers: A Water Course*. (2004). Minnesota Department of Natural Resources. www.dnr.state.mn.us/healthyivers/index.html
- Kroening S., Vaughan S. (2019). *The Condition of Minnesota's Groundwater Quality, 2013-2017*. Minnesota Pollution Control Agency. www.pca.state.mn.us/sites/default/files/wq-am1-10.pdf
- MPCA (2020). *Statewide Chloride Management Plan*. Minnesota Pollution Control Agency, St. Paul, MN. <https://www.pca.state.mn.us/sites/default/files/wq-s1-94.pdf>
- MPCA. (2015). *Twin Cities Metropolitan Area Chloride Total Maximum Daily Load*. Minnesota Pollution Control Agency, St. Paul, MN. <https://www.pca.state.mn.us/sites/default/files/wq-iw11-06e.pdf>
- MPCA (2022). *Impaired Waters List*. Minnesota Pollution Control Agency. <https://www.pca.state.mn.us/air-water-land-climate/minnesotas-impaired-waters-list>
- Minnesota Snow and Ice Control: Field Handbook for Snowplow Operators* (2022). Minnesota Local Road Research Board. https://www.mnltap.umn.edu/publications/handbooks/documents/snowice_2022.pdf
- Overbo A., Heger S., Kyser S., Asleson B., Gulliver J. (2019) *Chloride Contributions from Water Softeners and Other Domestic, Commercial, Industrial, and Agricultural Sources to Minnesota Waters*. University of Minnesota. <https://www.mwqa.com/wp-content/uploads/2019/06/U-of-M-Chloride-Study-2019.pdf>

- Sander, A., Novotny, E., Mohseni, O., Stefan, H.G. (2007). *Inventory of Road Salt Uses in the Minneapolis/ St. Paul Metropolitan Area*. University of Minnesota St. Anthony Falls Laboratory Engineering, Environmental and Geophysical Fluid Dynamics. Prepared for Minnesota Department of Transportation. <https://conservancy.umn.edu/bitstream/handle/11299/115332/pr503.pdf>
- Sohanghpurwala, A. A. (2008). *Cost of Winter Maintenance on Infrastructure*. Clear Roads. <http://www.clearroads.org/project/13-03/>
- Stefan, H., Novotny, E., Sander, A., and Mohseni, O. 2008. *Study of Environmental Effects of Deicing Salt on Water Quality in the Twin Cities Metropolitan Area, Minnesota*. Minnesota Department of Transportation. <http://www.lrrb.org/media/reports/200842.pdf>

Recursos

Capacitación

- Programa Smart Salting de la MPCA:
 - <https://www.pca.state.mn.us/business-with-us/smart-salting-training>
 - smartsalting.pca@state.mn.us
- Snow and Ice Management Association (SIMA):
 - www.sima.org

Manuales

- *Aplicación inteligente de sal para estacionamientos y aceras.* Agencia de Control de la Contaminación de Minnesota. <https://www.pca.state.mn.us/sites/default/files/p-tr1-10.pdf>
- *Aplicación inteligente de sal para la gestión de propiedades.* Agencia de Control de la Contaminación de Minnesota. <https://www.pca.state.mn.us/sites/default/files/p-tr1-11.pdf>
- *Manual de aguas pluviales de Minnesota.* Agencia de Control de la Contaminación de Minnesota. <https://www.pca.state.mn.us/business-with-us/minnesota-stormwater-manual>

Asistencia técnica

- *Equipo para aplicación preventiva (anticongelante): recomendaciones y modificaciones.* Departamento de Transporte de Iowa. <https://www.iowadot.gov/maintenance/pdf/manualantiicingequipment.pdf>
- *¿Qué es la aplicación preventiva (anticongelante)? La ciencia detrás de la aplicación preventiva.* Cargill. www.cargill.com/what-is-anti-icing
- *Lista de correo de nieve y hielo.* AASHTO Snow and Ice Pooled Fund Cooperative. www.sicop.transportation.org/resources/snow-and-ice-list-serv/
- *¿Está usando la cantidad correcta de productos para control de hielo?* Salt Institute. www.bv.transports.gouv.qc.ca/per/0974374/03_2004/02_vol_40_no_2_Summer_2004.pdf
- *Control de nieve y hielo: guías para materiales y métodos.* National Cooperative Highway Research Program. https://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/nchrp/nchrp_rpt_526.pdf
- *Investigaciones completadas sobre remoción de nieve y métodos de deshielo.* Clear Roads. www.clearroads.org/completed-research/
- *Correlación entre pruebas de laboratorio y desempeño en campo de productos químicos para deshielo y aplicación preventiva (Fase I).* Clear Roads. Preparado para el Departamento de Transporte de Wisconsin. www.wisconsin.gov/documents2/research/10-17deicingcorrelation-f.pdf
- *Deshielo en carreteras: comparación entre sal y acetato de calcio-magnesio.* The National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. Preparado por Transportation Research Board. www.nap.edu/catalog/11405/highway-deicing-comparing-salt-and-calcium-magnesium-acetate-comparing-salt

- *Serie de capacitación para operaciones invernales*. Departamento de Transporte de Iowa. www.youtube.com/playlist?list=PLurY2WfsVWKn9ismDC4Uz3lbRivAnf0Ld
- *Managing Street Sweepings*. Agencia de Control de la Contaminación de Minnesota. <https://www.pca.state.mn.us/sites/default/files/w-sw4-54.pdf>
- *Manual de prácticas para un programa eficaz de aplicación preventiva (anticongelante): guía para el personal de mantenimiento invernal de carreteras*. Federal Highway Administration Research & Technology. www.fhwa.dot.gov/publications/research/safety/95202/index.cfm
- *Mantenimiento invernal en sitios pequeños*. Mississippi Watershed Management Organization. www.youtube.com/watch?v=-xMt1kyzlcg
- Pacific Northwest Snow fighters Association. www.pnsassociation.org/
- *Control de nieve y hielo*. Cornell Local Roads Program, New York Local Technical Assistance Program Center. www.cornell.app.box.com/v/clrp-ws-sic
- *Síntesis de mejores prácticas: gestión de sal para carreteras*. Asociación Canadiense de Transporte. <https://www.tac-atc.ca/en/publications/bp-rsm1-e>

Vegetación

- *Plant Selector Program*. Departamento de Transporte de Minnesota <https://www.dot.state.mn.us/roadsides/plantselector>
- *Plantas para diseño de aguas pluviales: selección de especies para el Medio Oeste superior*. Agencia de Control de la Contaminación de Minnesota. www.pca.state.mn.us/sites/default/files/pfsd-section1.pdf
- *Buenas prácticas para establecer pastos tolerantes a la sal en bordes de carretera*. Departamento de Transporte de Minnesota. www.dot.state.mn.us/research/reports/2017/201731.pdf
- *Minimizar los daños de sal para deshielo en árboles*. University of Minnesota. cues.cfans.umn.edu/old/extpubs/1413salt/DD1413.html
- *Herramienta interactiva de selección de plantas*. Departamento de Transporte de Minnesota. www.dot.state.mn.us/roadsides/plantselector/index.html

Políticas/Normas/Guías

- *Formulario modelo de contrato de manejo de nieve y hielo*. Agencia de Control de la Contaminación de Minnesota. <https://www.pca.state.mn.us/sites/default/files/p-tr1-52a.pdf>
- *Formulario modelo de política de manejo de nieve y hielo*. Agencia de Control de la Contaminación de Minnesota. <https://www.pca.state.mn.us/sites/default/files/p-tr1-51a.docx>
- *Lenguaje modelo para ordenanzas de reducción de cloruro*. Agencia de Control de la Contaminación de Minnesota. <https://www.pca.state.mn.us/sites/default/files/p-tr1-54.docx>

Clima

- National Weather Service. (Servicio Meteorológico Nacional). <https://www.noaa.gov>
- RWIS – Road Weather and Information System. (Sistema de Información y Clima en Carreteras). <https://www.rwis.dot.state.mn.us>

Descongelantes y materiales

- *Lista aprobada de productos químicos invernales* – Departamento de Transporte de Minnesota www.dot.state.mn.us/maintenance/pdf/approved-products-winter-chemicals.pdf
- *Eficacia de los subproductos agrícolas líquidos sin cloruro y productos sólidos complejos de cloruro/minerales utilizados en operaciones de control de nieve y hielo.* Clear Roads. www.clearroads.org/project/13-02/
- *Determinación de la toxicidad de materiales para deshielo.* Clear Roads. <https://www.clearroads.org/project/11-02/>
- *Catálogo de productos químicos invernales.* Departamento de Transporte de Minnesota www.dot.state.mn.us/maintenance/pdf/research/winterchemcatalog.pdf
- *Romper el hielo: Comparación de productos químicos para derretir hielo.* Peters Chemical Company. <https://www.peterschemical.com/break-the-ice-comparison-of-ice-melting-chemicals/>
- *Evaluación de descongelantes seleccionados basada en una revisión de la literatura.* The SeaCrest Group para el Departamento de Transporte de Colorado, División de Investigación. <https://www.codot.gov/programs/research/pdfs/2001/deicers.pdf>
- *Deshielo: Introducción científica a los descongelantes.* Clean Link. www.cleanlink.com/sm/article/Ice-Melt-A-Scientific-Primer-On-Deicers--4896
- *Guía práctica para el almacenamiento y manejo de sal para deshielo.* Salt Institute, preparado para el Departamento de Transporte de Illinois. www.idot.illinois.gov/Assets/uploads/files/Transportation-System/Manuals-Guides-&-Handbooks/T2/L016%20The%20Salt%20Storage%20Handbook.pdf
- *Manual de mejores prácticas de manejo para aguas pluviales.* Agencia de Control de la Contaminación de Minnesota. <https://www.pca.state.mn.us/business-with-us/minnesota-stormwater-manual>

Apéndice A

Conversiones de materiales y tabla esencial

Tabla 17: Conversiones de materiales

ARENA			SAL	
Yardas	Toneladas		Yardas	Toneladas
1	1.4		1	1.1
2	2.8		2	2.2
3	4.2		3	3.2
4	5.6		4	4.3
5	7.0		5	5.4
6	8.4		6	6.5
7	9.8		7	7.6
8	11.2		8	8.6
9	12.6		9	9.7
10	14.0		10	10.8
11	15.4		11	11.9
12	16.8		12	13.0
13	18.2		13	14.0
14	19.6		14	15.1
15	21.0		15	16.2
16	22.4		16	17.3
17	23.8		17	18.4
18	25.2		18	19.4
19	26.6		19	20.5
20	28.0		20	21.6

Las siguientes fórmulas y la tabla de referencia rápida anterior le ayudarán a convertir entre toneladas y yardas cúbicas. El peso variará dependiendo del contenido de humedad.

1. Para convertir toneladas de arena limpia a yardas cúbicas: $n.^{\circ}$ de toneladas $\div$ 1.4 = yardas cúbicas
2. Para convertir yardas cúbicas de arena limpia a toneladas: $n.^{\circ}$ de yardas cúbicas $\times$ 1.4 = toneladas
3. Para convertir toneladas de arena invernal a yardas cúbicas: $n.^{\circ}$ de toneladas $\div$ 1.37 = yardas cúbicas
4. Para convertir yardas cúbicas de arena invernal a toneladas: $n.^{\circ}$ de yardas cúbicas $\times$ 1.37 = toneladas
5. Para convertir toneladas de sal pura a yardas cúbicas: $n.^{\circ}$ de toneladas $\div$ 1.08 = yardas cúbicas
6. Para convertir yardas cúbicas de sal pura a toneladas: $n.^{\circ}$ de yardas cúbicas $\times$ 1.08 = toneladas

Tabla 18: Tablas de conversión de tasas de aplicación — de milla de carril a 1,000 pies²

Utilice estas tablas para convertir las tasas de aplicación de libras por milla de carril a libras por cada 1,000 pies cuadrados.

lb/milla de carril*	lb/1,000 pies cuadrados
25	0.4
50	0.8
75	1.2
100	1.6
125	2.0
150	2.4
175	2.8
200	3.2
225	3.5
250	3.9
275	4.3
300	4.7
350	5.5

lb/1,000 pies cuadrados	lb/milla de carril*
0.5	32
0.75	48
1	63
1.25	79
1.5	95
1.75	111
2	127
2.25	143
2.5	159
2.75	174
3	190
3.25	206
5	317

*Basado en un ancho de carril de 12 pies

Tabla 19: Conversiones de galones/tonelada para prehumectación en cantidades pequeñas

Galones/tonelada	Onzas/50 lb	Onzas/libra	Galones/50 lb	Galones/100 lb
5	16	0.32	0.125	0.25
6	19	0.38	0.15	0.3
7	22	0.45	0.175	0.35
8	26	0.51	0.2	0.4
9	29	0.58	0.225	0.45
10	32	0.64	0.25	0.5
11	35	0.70	0.275	0.55
12	38	0.77	0.3	0.6
13	42	0.83	0.325	0.65
14	45	0.90	0.35	0.7
15	48	0.96	0.375	0.75
16	51	1.02	0.4	0.8
17	54	1.09	0.425	0.85
18	58	1.15	0.45	0.9
19	61	1.22	0.475	0.95
20	64	1.28	0.5	1
21	67	1.34	0.525	1.05
22	70	1.41	0.55	1.1
23	74	1.47	0.575	1.15
24	77	1.54	0.6	1.2
25	80	1.60	0.625	1.25
26	83	1.66	0.65	1.3
27	86	1.73	0.675	1.35
28	90	1.79	0.7	1.4
29	93	1.86	0.725	1.45
30	96	1.92	0.75	1.5

Guía técnica de tratamientos líquidos para carreteras

Suplemento para tratamientos en estacionamientos y aceras

Aviso: Estas tasas se han convertido a partir de tasas para carreteras y no han sido probadas. Úselas con precaución.

Tabla 3: Tasas sugeridas de aplicación de líquidos para estacionamientos y aceras (ajuste según la experiencia local)

Las tasas de aplicación se expresan en galones de salmuera por cada 1,000 pies² (ft²)

Tipo de evento	Temperatura de pavimento			
	32 – 30° F	29 – 27° F	26 – 24° F	23 – 15° F
Para ciclos de 2 horas (o menos) – galones por 1,000 pies ²				
Nieve ligera (menos de 0.5 pulg/hora)	0.3	0.6	0.6	0.9
Nieve moderada (0.5 a 1.0 pulg/hora) ¹	0.6	0.7	0.9	No recomendado
Para ciclos de 3 horas ³ – galones por 1,000 pies ²				
Nieve ligera (menos de 0.5 pulg/hora)	0.6	0.8	1	1.3
Nieve moderada (0.5 a 1.0 pulg/hora) ¹	0.8	1	1.3	No recomendado

Notas:

1. Para eventos de nieve moderada, considere el uso de tratamientos líquidos solo según su experiencia, y cuando otros factores sean muy favorables, como la temperatura del pavimento y el contenido de humedad.
2. Se sugiere complementar la aplicación líquida con una aplicación ligera de material granular prehumectado (1.1 lb/1,000 pies²) cuando sea posible (especialmente cuando aumenta el potencial de dilución y recongelación).
3. Para ciclos de más de 2 horas, se recomienda encarecidamente complementar los líquidos con aplicación de material granular.
4. Para cloruro de magnesio, cloruro de calcio, aditivos y mezclas, trabaje con los proveedores para verificar la tasa de aplicación.

Suplemento para estacionamientos y aceras

Basado en la guía Clear Roads “Liquid Roadway Treatments: Technical Reference Guide”

Creado por para el programa de certificación Smart Salting de la Agencia de Control de la Contaminación de Minnesota

Apéndice B

Conversiones comunes

- 1 milla de carril (12' x 5,280 pies) = 63,360 pies cuadrados
- Tamaño promedio de un espacio de estacionamiento: 9 x 20 pies o 10 x 20 pies = 180 – 200 pies²
- Carriles de circulación (doble sentido) = aproximadamente 25 pies de ancho
- 1 acre = 43,560 pies²
- 1 tonelada = 2,000 libras
- Tonelada métrica (tonelada) = 1,000 kg = 2,205 libras
 - Los acetatos suelen describirse en kg o en toneladas métricas
- 1 taza de sal (NaCl) = 0.6 libras
- La sal (NaCl) pesa entre 72 y 84 lb/pie³, dependiendo de la humedad y el tamaño del gránulo
- 1 galón = 128 onzas
- Cada producto tiene una densidad aparente diferente; por ejemplo:
 - 1 yarda cúbica de sal de roca = 1.1 toneladas
 - 1 yarda cúbica de arena = 1.4 toneladas
- 1 yarda cúbica = 27 pies³
- 1 yarda cuadrada = 9 pies²

Apéndice C

Definiciones

°C – grados Celsius

°F – grados Fahrenheit

Aplicación preventiva (anticongelante) – aplicación exclusivamente líquida antes de la tormenta

BMPs – Prácticas óptimas de manejo

Salmuera – descongelante líquido elaborado con agua y sal de roca (NaCl)

Cloruro – componente de las sales para deshielo (cloruro de sodio, cloruro de magnesio...)

CMP – Plan de gestión de cloruro

lb – libras

Descongelantes – cualquier producto que derrita nieve o hielo (sal, acetatos, urea...)

Deshielo – aplicación de descongelantes durante o después de la tormenta

DLA – Aplicación líquida directa (aplicaciones exclusivamente líquidas)

LTAP – Programa local de asistencia técnica (Local Technical Assistance Program)

mg/l – miligramos por litro

Mn/DOT – Departamento de Transporte de Minnesota (Minnesota Department of Transportation)

MPCA – Agencia de Control de la Contaminación de Minnesota (Minnesota Pollution Control Agency)

mph – millas por hora

MS4 – Sistema municipal separado de aguas pluviales (Municipal Separate Storm Sewer System)

PPE – Equipo de protección personal

ppm – partes por millón

Pretratamiento – adición de líquido a la pila de sal de roca

Prehumectación – adición de líquido y capacidad granular al esparcidor

psi – libras por pulgada cuadrada

HR – humedad relativa

Sal – producto a base de cloruro usado para el deshielo

SST – Herramienta de evaluación de aplicación inteligente de sal (Smart Salting Assessment Tool)

pies² (sq. ft.) – pies cuadrados

TCMA – Área metropolitana de las Ciudades Gemelas (Twin Cities Metropolitan Area)

WLA – Asignación de carga de desecho

Apéndice D

Herramienta de evaluación de aplicación inteligente de sal (SST)

La SSA es una herramienta gratuita y fácil de usar en línea. Siga este enlace: <https://smartsaltingtool.com/>

La SSA tiene varios modos que permiten a los(as) usuarios(as) realizar evaluaciones sobre el uso de sal.

Uno de los ámbitos de evaluación es el mantenimiento invernal, en el cual se pueden realizar los siguientes tipos de evaluaciones:

- Nivel de servicio
- Evaluaciones de mejores prácticas de manejo para
 - Carreteras de alta velocidad
 - Carreteras de baja velocidad
 - Estacionamientos
 - Aceras
- Predicción de ahorro de sal

La herramienta genera automáticamente reportes que destacan dónde se pueden lograr ahorros de sal, según la información que usted ingrese sobre su organización.

Si desea aprender a usar la SSA, participe en una clase de capacitación de Smart Salting Nivel 2. En esta capacitación se explican los distintos tipos de evaluaciones y los participantes tienen la oportunidad de iniciar sus evaluaciones mientras los instructores están disponibles para ayudar si surgen problemas o preguntas.

Si decide enviar sus reportes a la MPCA, esta sabrá que usted ha evaluado sus operaciones y le otorgará la certificación Smart Salting Nivel 2 a nivel organizacional. La MPCA no evalúa el contenido de sus reportes.

La SSA está diseñada para ser utilizada por el personal de dirección en mantenimiento invernal. Las evaluaciones pondrán a prueba su conocimiento sobre las distintas partes de la operación de su organización. Las preguntas abarcan temas como almacenamiento, patrones de aplicación, uso de líquidos, calibración y más.

Si también participa en el uso de sal para control de polvo, fertilizantes, ablandamiento de agua u otros usos, en el futuro la SSA le ofrecerá la oportunidad de explorar estas áreas. Siga revisando el sitio web de la SSA, ya que actualmente se están desarrollando nuevas funciones.

Apéndice E

Leyes y reglamentos del estado de Minnesota

Leyes de Minnesota

Descargas a las aguas del estado. [Minnesota Rules 7053.0205](#)

Subp. 2. Prohibición de condiciones molestas. No se podrán descargar aguas residuales, desechos industriales u otros residuos desde fuentes puntuales o no puntuales en ninguna de las aguas del estado que provoquen condiciones molestas, tales como: presencia de cantidades significativas de sólidos flotantes, espuma, película visible de aceite, exceso de sólidos en suspensión, decoloración del material, olores desagradables, liberación de gases, depósitos nocivos de lodo, proliferación indeseable de limo o hongos, degradación del hábitat acuático, crecimiento excesivo de plantas acuáticas u otros efectos ofensivos o perjudiciales.

Regulación para el almacenamiento de descongelante líquido. [Minnesota Rules, Chapter 7151.1200](#).

Los requisitos generales para tanques de almacenamiento sobre el suelo (**ASTs**, por sus siglas en inglés) con menos de un millón de galones de capacidad incluyen: registro ante la MPCA, tanques correctamente etiquetados, contención secundaria, letrero en la instalación y construcción de tanques conforme a normas industriales apropiadas. Sin embargo, los materiales líquidos para deshielo se consideran **otras sustancias reguladas** y no están sujetos a las mismas regulaciones que los materiales peligrosos, debido a que presentan un riesgo limitado. La MPCA **no exige el registro** de los ASTs de otras sustancias reguladas. Los requisitos básicos para la mayoría de los almacenamientos de descongelante líquido incluyen: Etiquetar todos los tanques, Tener un letrero visible en el lugar, y Contención secundaria. Sin embargo, El tamaño y la ubicación de los ASTs que contienen descongelante influirán en las regulaciones específicas que se apliquen.

Resumen de requisitos que pueden aplicarse a tanques de almacenamiento de descongelante:

- Etiquetado de ASTs que contienen descongelante: Todos los tanques deben estar claramente etiquetados indicando el tipo de sustancia almacenada y la capacidad del tanque. Si hay más de un tanque, cada uno debe estar etiquetado con un número único.
- Colocación de letreros: Si no hay una persona presente en el lugar las 24 horas del día, se debe colocar un letrero con el nombre, la dirección y el número de teléfono del propietario(a) u operador(a) de la instalación, o de un contacto local de respuesta a emergencias. El letrero debe colocarse de manera que sea visible desde fuera de cualquier área de contención.
- Contención secundaria: Los ASTs de otras sustancias reguladas necesitan un área de contención con un volumen equivalente al 100 % del volumen del tanque más grande en el área de contención. Se requiere un 10 % de capacidad adicional para los ASTs expuestos a la precipitación. Los tanques de doble pared cumplen con el requisito de contención secundaria.

Remoción de nieve; restricción en el uso de sal y productos químicos. [Minnesota Rules 160.215](#). Con el fin de:

- (1) Minimizar los efectos nocivos o corrosivos de la sal u otros productos químicos sobre vehículos, carreteras y vegetación;
- (2) Reducir la contaminación de las aguas; y
- (3) Reducir los riesgos de conducción que resultan del uso de productos químicos en los parabrisas;

Las autoridades viales, incluidas las autoridades municipales responsables del mantenimiento de carreteras o calles durante períodos en que prevalezcan nieve y hielo, deberán utilizar sal u otros productos químicos únicamente en lugares como colinas, intersecciones o carreteras arteriales o de alta velocidad donde la tracción de los vehículos sea particularmente crítica, y solo si, a juicio de las autoridades viales, la remoción de nieve y hielo o la reducción de condiciones peligrosas mediante el uso de cuchillas, quitanieves, arena (incluidos los productos químicos necesarios para el flujo libre de la arena) o elementos naturales no pueda lograrse en un plazo razonable.

Barrido de calles. [Minnesota Rules 7035.2855](#).

El material de barrido de calles que no ha sido cribado para retirar basura y desechos se considera residuo sólido industrial y debe eliminarse en una instalación autorizada para residuos sólidos que pueda aceptarlo. El material de barrido de calles no cribado también debe almacenarse conforme a las normas de almacenamiento de residuos sólidos. Consulte la hoja informativa de la MPCA sobre el manejo de material de barrido de calles.

Permiso general MS4. [Minnesota Rules Chapter 7090](#).

Un **MS4** es una conducción o sistema de conducciones que pertenece a un estado, ciudad, pueblo, villa u otra entidad pública que descarga a las aguas de los Estados Unidos, diseñado o utilizado para recolectar o conducir aguas pluviales (por ejemplo, desagües pluviales, zanjas), que **no** es un sistema de alcantarillado combinado ni parte de una planta de tratamiento de aguas residuales ni de un sistema de tratamiento de propiedad pública. Para prevenir que contaminantes nocivos sean arrastrados o vertidos en los MS4, ciertos operadores deben obtener permisos **NPDES** y desarrollar programas de gestión de aguas pluviales (**SWMP**, por sus siglas en inglés). El SWMP describe las prácticas de control de aguas pluviales que se implementarán de acuerdo con los requisitos del permiso para minimizar la descarga de contaminantes desde el sistema de alcantarillado pluvial.

Permiso general de aguas pluviales industriales. [Minnesota Rules 7090.3000](#).

17.1 Almacenamiento, uso y gestión de sal en la instalación (si corresponde).

17.2 El(los) titular(es) del permiso deberá(n) implementar las siguientes prácticas óptimas de manejo (BMPs) si hay pilas de sal en la instalación:

- a. Cubrir las pilas de sal o almacenarlas en interiores.
- b. Minimizar el uso de sal u otros materiales para deshielo/aplicación preventiva (anticongelante) utilizando el equipo, material y tasas de aplicación adecuados.
- c. Implementar prácticas para reducir la exposición derivada de agregar o retirar material de las pilas de sal (por ejemplo, barrido, desvíos, contención).
- d. Documentar en el Plan de Prevención de Contaminación de Aguas Pluviales (SWPPP) la ubicación de cualquier pila de sal almacenada al aire libre.

17.3 Los contratistas contratados deben minimizar el uso de sal u otros materiales para deshielo/aplicación preventiva (anticongelante) utilizando el equipo, material y tasas de aplicación recomendados por el Manual de mantenimiento invernal de estacionamientos y aceras de la MPCA.

Contaminación del agua. Minnesota Statute 609.971.

Subd. 8. (a) Una persona es culpable de un delito grave si, a sabiendas:

(1) Provoca la violación de un estándar o límite de efluente para un contaminante tóxico en un permiso del Sistema Nacional de Eliminación de Descargas de Contaminantes (NPDES) o en un permiso del sistema estatal de disposición

(2) Introduce en un sistema de alcantarillado o en una planta de tratamiento de propiedad pública una sustancia peligrosa que la persona sabía o razonablemente debería haber sabido que probablemente causaría lesiones personales o daños a la propiedad; o

(3) Excepto en cumplimiento de todos los requisitos y permisos federales, estatales y locales aplicables, introduce en un sistema de alcantarillado o en una planta de tratamiento de propiedad pública una sustancia peligrosa que cause que la planta de tratamiento viole un límite o condición de efluente establecido en su permiso NPDES.

Lenguaje relacionado con el cloruro en el permiso MS4

16.1 MCM 1: Educación y divulgación pública. [Minn. R. 7090]

16.5 Al menos una vez por cada año calendario, el(los) titular(es) del permiso debe(n) distribuir materiales educativos o una divulgación equivalente enfocados en lo siguiente:

- a. Impactos del uso de sal para deshielo en las aguas receptoras; y
- b. Métodos para reducir el uso de sal para deshielo. [Minn. R. 7090]

16.6 Para empresas, instalaciones comerciales e instituciones, el(los) titular(es) del permiso debe(n) implementar un programa de educación y divulgación enfocado en comunicar el uso adecuado de la sal para deshielo (por ejemplo, envío directo por correo, llamadas telefónicas y/o reuniones). El(los) titular(es) del permiso debe(n) mantener un inventario escrito o cartografiado de las empresas, instalaciones comerciales e instituciones a las que se dirigirá la educación y divulgación durante el período del permiso. Con la frecuencia definida en el plan de educación y divulgación del titular del permiso en el punto 16.8, el(los) titular(es) debe(n) distribuir materiales educativos o una divulgación equivalente a estos públicos, que debe incluir información sobre lo siguiente:

- a. Impactos ambientales del uso de sal para deshielo;
 - b. Prácticas óptimas de manejo (BMPs) que reducen el uso de sal para deshielo;
 - c. Almacenamiento adecuado de sal u otros materiales para deshielo; y
 - d. Oportunidades de capacitación para mejorar las actividades de mantenimiento invernal.
- [Minn. R. 7090]

18.1 MCM 3: Detección y eliminación de descargas ilícitas (IDDE). [Minn. R. 7090]

18.6 El(los) mecanismo(s) normativo(s) del titular del permiso debe(n) exigir el almacenamiento adecuado de sal en instalaciones comerciales, institucionales e industriales que no cuenten con permiso NPDES. Como mínimo, el(los) mecanismo(s) normativo(s) debe(n) exigir lo siguiente:

- a. Las áreas designadas para almacenamiento de sal deben estar cubiertas o en interiores;
- b. Las áreas designadas para almacenamiento de sal deben estar ubicadas sobre una superficie impermeable; y

- c. Implementar prácticas para reducir la exposición al transferir material en las áreas designadas para almacenamiento de sal (por ejemplo, barrido, desvíos y/o contención). [Minn. R. 7090]

21.1 MCM 6: Prevención de la contaminación / Buenas prácticas de mantenimiento para operaciones municipales. [Minn. R. 7090]

21.5 El(los) titular(es) del permiso debe(n) implementar las siguientes BMPs en las áreas de almacenamiento de sal propiedad u operadas por el(los) titular(es):

- a. Cubrir o almacenar la sal en interiores;
- b. Almacenar la sal sobre una superficie impermeable; y
- c. Implementar prácticas para reducir la exposición al transferir material desde las áreas de almacenamiento de sal (por ejemplo, barrido, desvíos y/o contención). [Minn. R. 7090]

21.6 El(los) titular(es) del permiso debe(n) implementar una política escrita de manejo de nieve y hielo para el personal que realiza actividades de mantenimiento invernal. La política debe establecer prácticas y procedimientos para las operaciones de control de nieve y hielo (por ejemplo, uso de quitanieves u otras prácticas de remoción de nieve, uso de arena y aplicación de compuestos para deshielo). [Minn. R. 7090]

21.7 Cada año calendario, el(los) titular(es) del permiso debe(n) capacitar a todo el personal que realiza actividades de mantenimiento invernal. El(los) titular(es) del permiso puede(n) utilizar materiales de capacitación del Programa Smart Salting de la Agencia u otras organizaciones para cumplir con este requisito. El programa de capacitación para empleados debe incluir:

- a. La importancia de proteger la calidad del agua;
- b. BMPs para minimizar el uso de descongelantes (por ejemplo, calibración adecuada del equipo y beneficios del pretratamiento, prehumectación y aplicación preventiva (anticongelante)); y
- c. Herramientas y recursos para ayudar en el mantenimiento invernal (por ejemplo, guías de tasas de aplicación para deshielo, tablas de calibración, Herramienta de evaluación de aplicación inteligente de sal (SST)). [Minn. R. 7090]

22.1 Descargas a aguas deterioradas con un TMDL aprobado por la U.S. EPA que incluya una WLA aplicable [Minn. R. 7090]

22.5 Si el(los) titular(es) del permiso tiene(n) una WLA aplicable para cloruro, el(los) titular(es) debe(n) documentar la cantidad de descongelante aplicada en cada temporada de mantenimiento invernal en todas las superficies propiedad u operadas por el(los) titular(es) del permiso. [Minn. R. 7090]

22.6 Si el(los) titular(es) del permiso tiene(n) una WLA aplicable para cloruro, cada año calendario el(los) titular(es) debe(n) realizar una evaluación de sus operaciones de mantenimiento invernal con el fin de reducir la cantidad de sal para deshielo aplicada en las superficies propiedad u operadas por el(los) titular(es) del permiso, así como determinar oportunidades actuales y futuras para mejorar las BMPs. El(los) titular(es) del permiso puede(n) utilizar la Herramienta de evaluación de aplicación inteligente de sal (SST) de la Agencia u otros recursos y métodos disponibles para completar esta evaluación. El(los) titular(es) debe(n) documentar la evaluación. The permittee must document the assessment. La evaluación puede incluir, entre otros: a. Cambios operativos como prehumectación, pretratamiento de la pila de sal, aumento del uso de quitanieves antes de aplicar descongelantes, monitoreo de la temperatura de la superficie de la carretera, etc.; b. Implementación de equipos nuevos o modificados que permitan la prehumectación u otras capacidades para minimizar el uso de sal; c. Calibración regular del equipo; d. Optimización de la remoción mecánica para reducir el uso de descongelantes; e. Designación de zonas sin sal y/o de baja aplicación de sal. [Minn. R. 7090]

Resumen del permiso

Herramienta de cartografía **MS4**:

Un **MS4** es una conducción o sistema de conducciones que:

- Es propiedad de un estado, ciudad, pueblo, villa u otra entidad pública que descarga a las aguas de los Estados Unidos.
- Está diseñado o se utiliza para recolectar o conducir aguas pluviales (por ejemplo, desagües pluviales, tuberías, zanjas).
- No es un sistema de alcantarillado combinado.
- No forma parte de una planta de tratamiento de aguas residuales ni de un sistema de tratamiento de propiedad pública (POTW).

Para prevenir que contaminantes nocivos sean arrastrados o vertidos en los MS4, ciertos operadores deben obtener permisos NPDES y desarrollar programas de gestión de aguas pluviales (SWMPs). El SWMP describe las prácticas de control de aguas pluviales que se implementarán de acuerdo con los requisitos del permiso para minimizar la descarga de contaminantes desde el sistema de alcantarillado pluvial.

Descripción de lo que significa cada Medida Mínima de Control (MCM, por sus siglas en inglés):

MCM 1: Educación y divulgación pública

Una comunidad educada e informada no solo puede prevenir la contaminación en las aguas pluviales, sino también identificar y reportar descargas ilícitas o actividades de construcción que puedan afectar negativamente las aguas pluviales.

Los(as) titulares de permisos deben crear un programa de educación y divulgación para informar a los residentes sobre los impactos de las aguas pluviales y fomentar conductas adecuadas de gestión de aguas pluviales.

MCM 2: Participación e involucramiento público

Los(as) titulares de permisos deben motivar a sus comunidades a actuar para prevenir la contaminación de las aguas pluviales.

Actividades comunes en Minnesota incluyen la rotulación de desagües pluviales, programas de adopción de desagües pluviales y programas de monitoreo voluntario.

MCM 3: Detección y eliminación de descargas ilícitas

En Minnesota, los sistemas de alcantarillado pluvial generalmente descargan directamente en lagos, ríos y humedales. Idealmente, solo el agua de lluvia debería ingresar a un sistema de alcantarillado pluvial.

Los(as) titulares de permisos deben implementar un programa para detectar y eliminar las descargas ilícitas en sus sistemas.

MCM 4: Control de aguas pluviales en obras de construcción

El agua de lluvia que escurre de los sitios de construcción puede transportar sedimentos y otros contaminantes hacia humedales, ríos y lagos cercanos.

Los(as) titulares de permisos deben hacer cumplir controles de escorrentía de aguas pluviales en sitios de construcción para reducir los impactos de las actividades que alteran el terreno en las aguas pluviales.

MCM 5: Gestión de aguas pluviales posterior a la construcción

Gestionar las aguas pluviales en el sitio después de la construcción puede mitigar los impactos de las superficies pavimentadas.

Los(as) titulares de permisos deben hacer cumplir un programa de gestión de aguas pluviales posterior a la construcción que prevenga o reduzca la contaminación por aguas pluviales en proyectos nuevos y de reurbanización.

MCM 6: Prevención de la contaminación / Buenas prácticas de mantenimiento

En general, es más fácil y menos costoso prevenir la contaminación que restaurar las aguas superficiales una vez contaminadas.

Los(as) titulares de permisos deben tomar medidas para prevenir la contaminación de las aguas pluviales, como primera línea de defensa contra muchos contaminantes que ingresan a los sistemas de alcantarillado pluvial.

Para preguntas sobre las normas y regulaciones de Minnesota, comuníquese a: smartsalting.pca@state.mn.us

Apéndice F

Ejemplos de la hoja de trabajo para la reducción de tasas de aplicación de sal y de la encuesta de prácticas de aplicación inteligente de sal

Folleto 2 - Hoja de trabajo para reducción de tasas

Capacitación Smart Salting

Considere una ruta o un sitio típico y sus prácticas actuales para ese lugar. Determine su uso actual de sal y cómo difiere la cantidad total de material que utiliza de las tasas de aplicación recomendadas. Consulte las conversiones al final, si es necesario.

1. Sus prácticas actuales en su ruta/sitio

Elija una ruta o sitio al que da mantenimiento (marque una opción): ☐ Carretera ☐ Estacionamiento ☐ Acera

A. Tamaño de la ruta (millas de carretera de 2 carriles) o del sitio (pies cuadrados)			
B. Porcentaje del punto A donde se aplican materiales			
C. Área (millas de carretera de 2 carriles o pies cuadrados) donde se aplica sal = punto A x $\frac{\text{Punto B}}{100}$			
D. Materiales que podría utilizar: ☐ Sal de roca ☐ Sal con salmuera ☐ Sal con calcio o magnesio ☐ Arena ☐ Mezcla de arena y sal: _____ % de sal ☐ Otro (describa):			
E. Tasa de aplicación típica (libras de material granular o galones de líquido por millas de carretera de 2 carriles o 1,000 pies cuadrados) para una temperatura del pavimento de 22 °F y en descenso		F. Con base en el punto C y el punto E, ¿cuánto material necesitará?	

2. Uso recomendado de sal

Utilice las tablas de tasas de aplicación proporcionadas or en su manual (Carreteras - inglesa, página 60, o Estacionamientos y aceras - español, página 86):

- G. Si la temperatura del pavimento es de 22 °F y está descendiendo, ¿cuál es la tasa de aplicación recomendada?

Utilice las mismas unidades que en el punto E:

- H. Con base en el punto C y el punto G, ¿cuánto material se recomienda?

- I. ¿Cuánto material podría ahorrar en una sola aplicación si utilizara la cantidad recomendada en lugar de su tasa actual?

Calcule: punto F – punto H

Conversiones

1 acre = 43,560 pies cuadrados	pies cuadrados × 0.001 = 1,000 pies cuadrados	1 tonelada = 2,000 libras	1% = 0.01
--------------------------------	---	---------------------------	-----------

Encuesta sobre prácticas de aplicación inteligente de sal
Coloque una “X” en la columna que mejor identifique su respuesta.

Práctica recomendada	¿Probaré la práctica recomendada?				
	Ya la hago	Si	Tal vez	No	Si la respuesta es “No” ... ¿Por qué no?
Usar una tabla de tasas de aplicación.					
Calibrar el equipo cada año.					
Conocer los ingredientes del descongelante y usar el apropiado para la condición.					
Identificar y corregir las causas por las que los materiales se filtran o derraman de los vehículos (p. ej., espacios, sobrellenado, etc.).					
Desarrollar una política integral de mantenimiento invernal. Cumplir con la política.					
Medir y utilizar las temperaturas del pavimento.					
Usar la aplicación preventiva (anticongelante) de manera apropiada antes de la tormenta.					
Quitar la nieve antes de aplicar descongelantes.					
Usar materiales húmedos (prehumectados o pretratados).					
No aplicar cloruro de sodio (sal para carreteras) cuando la temperatura del pavimento sea inferior a 15 °F.					
No aplicar descongelantes cuando la temperatura del pavimento esté por debajo de -10 °F. Hace demasiado frío.					
Separar la sal y la arena. Usar sal para derretir y arena para tracción.					
Aplicar descongelantes en el centro de la carretera o en la parte alta de la curva.					
Almacenar la sal en un edificio o bajo una cubierta segura.					
Almacenar la sal fuera del trayecto del flujo de agua o dirigir el agua lejos del área de almacenamiento.					
Almacenar la nieve lejos de lagos, estanques y humedales.					
Barrer la arena y disponer de ella de manera adecuada.					
Para cada evento, documentar lo que se hizo y qué tan bien funcionó. Usar esta información para hacer mejoras.					
Hablar con otras personas sobre lo que está haciendo para proteger lagos y ríos.					

Creado por Fortin Consulting para MWMO como parte del Programa de Certificación Voluntaria de la MPCA. Con la asesoría de miembros del comité técnico experto de: University of MN Extension, MN Department of Agriculture, Wayzata Schools, University of MN Property Services, City of White Bear Lake, TruGreen Corporation, Heidi's Lifestyle Gardens, Organic Bob, Minneapolis Park and Recreation, City of St. Anthony, Tessman Company, CTAP, Quercus Landscapes, MPCA, MWMO y Fortin Consulting.