

**COMUNICACION TECNICA N°80  
AREA RECURSOS NATURALES  
SUELOS**

*Guía para el curso: “Restauración y mejoramiento de  
mallines mediante obras de redistribución del agua de  
escurrimiento”*

**BOGGIO, F.; CREMONA, MV.; ARAMAYO, M.V.;  
GIRARDIN, L.; RAFFO, F.; FARIÑA, C.M.;  
ENRIQUEZ, A.S.**

Aluminé, 8 y 9 de Octubre de 2019

■ **Ediciones**

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria  
Centro Regional Patagonia Norte  
Estación Experimental Agropecuaria Bariloche. “Dr. Grenville Morris”  
biblioteca@bariloche.inta.gov.ar





Facultad de Ciencias Agrarias  
Universidad Nacional del Comahue



**CENTRO PYME  
ADENEU**  
AGENCIA DE DESARROLLO  
ECONOMICO DEL NEUQUEN



Instituto Nacional  
de Tecnología Agropecuaria

## Guía para el curso:

# “Restauración y Mejoramiento de mallines mediante obras de redistribución del agua de escurrimiento”

(Aprobado por Res. FaCA 014/19)

**Autores:** Boggio, Federico; Cremona, María Victoria; Aramayo, María Valeria del Luján; Girardin, Leandro; Raffo, Fernando; Fariña, Clara; y Enriquez Andrea Soledad.

Aluminé , del 8 y 9 de octubre de 2019

## Tabla de contenidos.

<b>1. PRÓLOGO</b>	<b>3</b>
<b>2. INTRODUCCIÓN</b>	<b>4</b>
<b>3. OBJETIVOS Y ALCANCES DE LA APLICACIÓN DEL MÉTODO</b>	<b>5</b>
<b>4. GLOSARIO</b>	<b>6</b>
<b>5. MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPAMIENTO PARA LA RESTAURACIÓN DE MALLINES</b>	<b>9</b>
<b>6. ETAPAS DEL PROYECTO DE EVALUACIÓN, DISEÑO Y DIRECCIÓN DE OBRAS DE MEJORAMIENTO DE MALLINES:</b>	<b>10</b>
6.1. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN DISPONIBLE Y EVALUACIÓN PRELIMINAR EN GABINETE.	10
6.2. RELEVAMIENTO A CAMPO.	13
6.3. ELABORACIÓN DEL PROYECTO EJECUTIVO.	14
6.3.1. <i>Diseño hidráulico de la obra</i>	14
6.3.2. <i>Evaluación económica del proyecto</i>	20
6.3.3. <i>Solicitud de permiso de uso del agua</i>	21
6.3.4. <i>Plan de trabajo a campo</i>	21
6.4. DIRECCIÓN TÉCNICA DE OBRA.	21
6.4.1. <i>Planteo general de obra</i>	21
6.4.2. <i>Marcaación</i>	22
6.4.3. <i>Supervisión de obra y control de maquinarias</i>	22
6.4.4. <i>Relevamiento de obra</i>	23
6.5. INFORME DE OBRA.	24
6.5.1. <i>Descripción de la línea de base del mallín intervenido</i>	24
6.5.2. <i>Descripción técnica de los parámetros de diseño de la obra</i>	24
6.5.3. <i>Constancia de permiso para el uso de agua otorgado por la autoridad competente</i>	24
6.5.4. <i>Detalles de la obra finalizada</i>	25
6.6. GUÍA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.	25
<b>7. BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA</b>	<b>27</b>
7.1. CARACTERIZACIÓN DE MALLINES:	27
7.2. HIDROLOGÍA GENERAL:	28
7.3. TUTORIALES:	28
7.4. OTROS DOCUMENTOS DE INTERÉS:	28
<b>8. ANEXOS</b>	<b>29</b>

## **1. Prólogo.**

El ser humano ha aplicado tecnología para el manejo del agua desde la prehistoria, persiguiendo diversos objetivos, en distintas civilizaciones y a lo largo del mundo. En la Patagonia los mallines o vegas son fuente importante de agua y áreas de alta productividad forrajera, por lo cual han soportado una elevada presión de uso ganadero. Aunque su deterioro es generalizado, no se asume la incidencia del sobrepastoreo entre sus causas. La modificación en el tipo de escurrimiento se ha normalizado, en cuanto a la percepción de los actores involucrados, como un fenómeno natural asociado a sequías y al cambio climático.

Existen fuertes antecedentes regionales en la realización de obras de mejoramiento en mallines a partir de la intercepción del flujo de agua. Se han producido en todas las provincias patagónicas, bajo distintos tipos de tenencia de la tierra, diferentes escalas productivas y diversas herramientas aplicadas. Fueron muchos los ganaderos y campesinos pioneros en la aplicación de estas técnicas, y el INTA abordó el tema desde décadas atrás. Las experiencias han tenido resultados variables, y se implementaron bajo diversos enfoques y técnicas.

Sin duda fue Ricardo Martínez y su familia, primero como joven ganadero de la región sur rionegrina, y luego como ingeniero agrónomo local, quien desarrolló e instaló la técnica de recuperación de mallines mediante el esquema de espina de pescado que hoy nos atañe. La Ley Ovina en Río Negro promovió el enfoque planteado por Ricardo, tanto mediante el financiamiento de obras a nivel predial, como con el financiamiento del equipo de maquinarias para la prestación de servicios. También favoreció el establecimiento de los acuerdos necesarios con el organismo provincial regulador del uso del agua y otras instituciones involucradas.

Actualmente el mejoramiento de mallines es un tema común en los comentarios, saberes y conocimientos del sector ganadero. Por esto es pertinente capitalizar el camino recorrido. Se presenta el siguiente método para la restauración de mallines mediante obras de redistribución del agua de escurrimiento, queriendo tomar parte del legado y en memoria del "Gordo" Martínez.

Federico Boggio

## **2. Introducción.**

El presente método es una herramienta para restaurar el funcionamiento hidrológico en sitios de mallín, para lo cual también existen otros enfoques. Para su éxito, este concepto implica primero reconocer, a través de indicadores de suelo, vegetación e hidrología, que se está ante la presencia de un mallín y no de otro ecosistema. Luego, reconocer que existe un proceso de deterioro que puede identificarse por la existencia de signos de erosión, como surcos profundizados o cárcavas, que drenan el mallín provocando un descenso acelerado del nivel de la capa freática. Finalmente, determinar las pautas de restauración activa para restablecer condiciones hidrológicas necesarias para llevar al sistema deteriorado a su estado original o equivalente. Al diagnosticar cada caso, es importante identificar los factores causales del proceso de escurrimiento que cambiaron las condiciones del pastizal y produjeron en consecuencia su deterioro. El uso aislado de la redistribución del agua de escurrimiento sin modificar la incidencia de las causas primarias del deterioro puede resultar en el fracaso del plan de restauración, ya sea por generar erogaciones innecesarias o simplemente por no eliminar la presión negativa sobre el sistema que mantendrá su proceso de deterioro activo.

La intervención activa con el uso de maquinaria se aplica para frenar los procesos de erosión hídrica y luego recuperar la dinámica natural del agua en el suelo en aquellos mallines que poseen escurrimiento superficial temporal o permanente, en surcos profundizados o cárcavas. Esta modificación y el manejo del pastoreo adecuados promoverán el restablecimiento de los otros atributos del mallín: suelo y vegetación.

El deterioro del mallín, asociado a ciclos de sequías y a la disminución de la cobertura vegetal por sobrepastoreo, se ha producido por la profundización de las líneas de escurrimiento. Estas se transforman en líneas de drenaje del suelo. La profundidad de la capa freática se incrementa y se generan condiciones de aridización, con la consecuente modificación de las comunidades vegetales y del suelo. En términos utilitarios, la productividad forrajera disminuye. En términos ambientales, se incrementa el régimen de torrencialidad de la cuenca hídrica involucrada, surge una erosión hídrica evidente, con la consecuente pérdida de suelo, y aumenta la evaporación directa en desmedro de la evapotranspiración, proceso asociado a la producción de biomasa vegetal.

La construcción de represas sobre las cárcavas y surcos profundizados y de regueras asociadas, sobre curvas de nivel en la superficie del mallín, modifica la dinámica hídrica del mallín degradado. Esta intervención intercepta el flujo concentrado del escurrimiento superficial en las líneas de drenaje, eleva

el nivel de la capa freática y transforma ese flujo en laminar superficial, y en flujo subsuperficial a lo ancho del mallín, a partir de la redistribución que efectúan las regueras.

El método se desarrolla en etapas alternantes entre gabinete y campo. Inicialmente se realiza una aproximación al caso con información secundaria y el diseño del relevamiento. El primer trabajo a campo permite diagnosticar la situación en terreno y relevar la información necesaria para el proyecto. A posteriori, en gabinete se diseña la obra y se formula el proyecto ejecutivo. En la segunda etapa de campo se realiza la marcación de obra propiamente dicha, con su dirección técnica y relevamiento de la obra terminada. Finalmente, en gabinete se elabora el informe de obra correspondiente.

### **3. Objetivos y Alcances de la aplicación del método.**

La presente guía presenta un método práctico para realizar obras de redistribución del agua de escurrimientos en mallines que promuevan su restauración y mejoramiento.

El método aplica en sitios de mallín que presentan deterioro de sus funciones hidrológicas identificado mediante signos de erosión hídrica. Por ejemplo, con presencia de líneas de drenaje con evidente profundización o cárcavas.

La implementación requiere tipos de suelo propios de sitios de mallín, es decir con texturas medias a finas y contenidos de materia orgánica que, en conjunto, le otorgan la capacidad de retener y conducir el agua. También el hidroapoyo debe estar presente y a una profundidad lo suficientemente cercana como para estimularse con la obra. Las características específicas de los perfiles de suelo de mallín permiten redistribuir el agua de escurrimiento y alcanzar los objetivos perseguidos por el método..

Además, y teniendo presente el requerimiento hídrico necesario para redistribuir, es necesario detectar signos inequívocos de escurrimiento superficial suficiente que a posteriori sean modificados por las obras a realizar.

Es importante destacar que la intervención para detener y/o revertir el deterioro se justifica técnica y ambientalmente ante la existencia de signos de erosión hídrica, con beneficios en el mediano a largo plazo. Sin embargo, la factibilidad económica de la misma debe evaluarse cuidadosamente si se espera obtener retorno en el corto plazo. La región Patagónica se caracteriza no solo por las escasas precipitaciones sino también por su variabilidad. El éxito en el corto plazo de una intervención sólo podrá obtenerse si la disponibilidad de agua es ampliamente suficiente para satisfacer la demanda requerida por el área a intervenir, o durante ciclos húmedos de las áreas más secas, lo cual es hasta el presente difícil de predecir.

#### 4. Glosario.

**Ancho de base de solera:** ancho del piso o rasante en la sección vertical a la corriente.

**Balance hídrico:** es la diferencia entre los ingresos y egresos de agua en un sistema natural o de cultivo. En general los principales ingresos son por las precipitaciones y el riego, y los principales egresos la evapotranspiración, el drenaje y el escurrimiento.

**Canal:** elemento de conducción de agua por gravedad desde un punto a otro del terreno.

**Capa freática:** nivel superior de la zona saturada (todos los poros ocupados por agua) del perfil de un suelo o sedimento poroso.

**Cárcava:** zanja o incisión en el paisaje que se desarrolla a partir de la acción del escurrimiento sobre la superficie, luego de que se alcanza un cierto caudal y velocidad del flujo. Se considera cárcava a aquella forma de erosión que no puede ser borrada por las labranzas.

**Caudal o gasto:** volumen de agua que circula por un cauce en la unidad de tiempo. Se obtiene del producto de la sección por la velocidad media.

**Coefficiente de cultivo (Kc):** es una constante empírica que permite relacionar la evapotranspiración de una superficie cultivada (ETc) con la superficie del pasto de referencia (ETo). Representa el cociente entre la ETc y la ETo. Se obtiene de tablas de bibliografía especializada.

**Coefficiente de infiltración básica (Kinf):** es la tasa de ingreso de agua en el perfil de suelo cuando se vuelve constante, se expresa como lámina por unidad de tiempo.

**Conductividad hidráulica saturada del suelo (Kh):** es la capacidad del suelo de conducir agua en flujo saturado, es decir con toda la porosidad del suelo ocupada por agua. Es una propiedad de cada horizonte que depende fundamentalmente de la textura y, en menor medida, de la estructura del suelo.

**Cuenca hídrica:** la cuenca de un curso de agua puede definirse como el área de captación de las precipitaciones atmosféricas que, en forma de flujo superficial o subterráneo, escurren hacia él. Está separada de las cuencas adyacentes mediante divisorias naturales.

**Erosión hídrica:** es el proceso por el cual se produce el desprendimiento, transporte y depósito de las partículas de suelo por acción de la energía cinética de la gota de lluvia, la escorrentía del agua en movimiento o la gravedad.

**Escurrimiento:** movimiento de agua por la superficie del suelo.

**Espina de pescado:** se refiere al esquema en vista en planta de la disposición de regueras y represas en un mallín intervenido con obras de redistribución de agua de escurrimiento según el presente método.

**Evapotranspiración del cultivo (ETc):** es la tasa de evapotranspiración de un cultivo sano, en un área extensa, en condiciones de suelo óptimas, incluyendo fertilidad y agua. Se obtiene del producto entre la ETo por el coeficiente del cultivo (Kc).

**Evapotranspiración potencial o de referencia (ET<sub>o</sub>):** es la evaporación que se produce desde una superficie extendida, completamente cubierta de hierba corta, en crecimiento activo, y que se encuentra bien provista de agua. Es un concepto teórico que representa la demanda potencial de agua por parte un cultivo estándar de referencia que varía exclusivamente en función de la demanda climática.

**Hidroapoyo / Capa impermeable:** estrato de menor conductividad hidráulica saturada que limita el flujo vertical del agua y permite la conformación de una zona saturada o capa freática.

**Infiltración:** es el ingreso de agua al perfil del suelo. Depende de las propiedades físicas del suelo y de la humedad antecedente. En un suelo seco la tasa o velocidad de infiltración es muy elevada y decrece en la medida que el suelo se humedece hasta llegar a un valor constante en flujo saturado. Es una propiedad del perfil del suelo y está limitada por la conductividad hidráulica saturada del horizonte más fino.

**Infiltración básica:** es la infiltración de agua en el perfil de suelo cuando se vuelve un flujo constante.

**Isobatas:** líneas que une puntos de igual profundidad freática medida como distancia entre la superficie del suelo y el nivel freático.

**Lámina de reposición:** es la lámina de agua a reponer en un riego. Puede estimarse, entre otros métodos, a partir del consumo diario de agua por parte de las plantas, es decir la ET<sub>c</sub>.

**Mallín:** ambiente de humedal que se forma por el anegamiento temporario de los suelos, generalmente en partes bajas del paisaje, sobre los que se desarrollan suelos ricos en materia orgánica y vegetación adaptada a condiciones de anegamiento. Presenta suelos de texturas finas y generalmente con signos de hidromorfismo.

**Mejoramiento:** es el proceso de intervención de un ecosistema para modificar sus condiciones naturales en función de un objetivo de producción, por ejemplo, aumento de la productividad primaria.

**Modelo digital del terreno (MDT):** permite describir la topografía del terreno (o relieve) a través de puntos distribuidos en forma homogénea sobre la superficie terrestre y cuya altura está referida al nivel medio del mar.

**Perímetro mojado:** es el contorno del contacto entre la corriente y el cauce en la sección vertical.

**Permiso de uso de agua:** autorización de uso del agua pública por parte de la autoridad provincial responsable de la administración de los recursos hídricos. Depende de la legislación vigente en cada provincia.

**Punto Clave (Key Point):** punto en el terreno donde ocurre un cambio de mayor a menor pendiente. En un mapa topográfico, el punto clave se localiza donde las curvas de nivel cambian visiblemente su distancia entre sí.

**Reguera:** elemento de redistribución del agua a partir de un punto de captación, generalmente la represa. Construido sin pendiente y con el mismo material del terreno, permite conducir el agua todo a lo ancho del mallín y aplicarla en riego por infiltración y, eventualmente, desborde.

**Relación de talud:** relación entre el alto y el ancho de la inclinación de las paredes de un canal o reguera.

**Represa:** contención de un flujo concentrado de agua, en un cauce central o secundario, que eleva la cota del flujo a superficie y deriva el agua de escurrimiento a la reguera.

**Restauración:** es el proceso de intervención de ecosistemas degradados por disturbios, producidos directa o indirectamente por acciones antrópicas, que tiene como objetivo recuperar la estructura, composición y función de los ecosistemas. Cuando en un mallín el deterioro es irreversible aplicando sólo manejo (restauración pasiva) es necesario incorporar energía al sistema (restauración activa) para recuperar la estructura o funciones perdidas.

**Sección hidráulica:** área definida por el corte del cauce de un canal o reguera por un plano vertical, que resulta perpendicular a la corriente.

**Sistemas de Información Geográfica (SIG):** son herramientas de gestión de información georreferenciada. Permiten integrar, analizar y generar información espacialmente explícita.

**Surco de erosión:** remoción de sedimentos por el agua en movimiento en flujos concentrados de poca magnitud. Suele denominarse a la erosión en surcos como aquella que se puede “borrar” con los implementos de labranza.

**Tirante hidráulico:** es la máxima distancia vertical entre la rasante del fondo de un cauce y la superficie libre de agua.

## 5. Materiales, herramientas y equipamiento para la restauración de mallines.

Los materiales, equipamiento y herramientas necesarios para la restauración de mallines que se detallan más abajo deben guardar relación con la magnitud de la obra a implementar.

Etapa	Equipamiento, Herramientas y Materiales	Objetivo y función
1) Prefactibilidad	Computadora personal con software instalado.	Procesamiento de modelos digitales de terreno y visualización de imágenes satelitales.
2) Relevamiento	GPS	Georreferenciar: Límites del mallín, Área preliminar a intervenir, Cauces, Puntos altimétricos de relevamiento.
	Nivel (láser u óptico)	Establecer las cotas relativas de los puntos de relevamiento.
	Pala de corazón o pala barreno	Descripción del perfil de suelo.
	Tractor y apero zanjeador	Relevar capacidad operativa de la maquinaria. Relevar la sección hidráulica de la reguera confeccionada por el zanjeador en condiciones de campo.
	Cámara fotográfica	Registrar fotográficamente las condiciones actuales del mallín.
3) Diseño	Computadora personal con software instalado.	Elaborar mapa base con curvas de nivel, resultado del relevamiento. Cálculos hidráulicos y movimiento de suelos.
	GPS	Bajar la información del relevamiento.
4) Ejecución de la Obra	Nivel (láser u óptico)	Marcación de regueras en curva de nivel.
	Cinta de peligro o similar	
	Cinta métrica (50 m)	En función de la cantidad de regueras, su diferencia de cotas y la pendiente principal, establecer el espaciamiento en el plano de las obras.
	Tractor con apero zanjeador	Confección de las regueras.
	Tractor con pala cargadora	Confección de las represas.
	GPS	Relevamiento con recorridos de regueras confeccionadas y localización de represas.

	Cámara fotográfica	Documentación a través de fotografías de la obra confeccionada.
Informe de obra	Computadora personal con software instalado.	Elaborar informe final de obra.

## 6. Etapas del proyecto de evaluación, diseño y dirección de obras de mejoramiento de mallines:

### 6.1. Recopilación de información disponible y evaluación preliminar en gabinete.

#### Características del área proyecto:

##### a) Suelos

La consulta de bases de datos de cartografía de suelos permite aproximar a las características físicas que condicionan el flujo de agua en el sitio de interés, tanto del mallín propiamente dicho como de la cuenca de aporte

##### b) Límites del campo

La consulta del catastro provincial para establecer límites del establecimiento que realiza la obra, del impacto aguas abajo y de la interacción con vecinos en la cuenca de aporte es necesaria para evaluar la incidencia zonal del proyecto.

##### c) Datos hidro-meteorológicos

La caracterización del clima de la zona de interés constituye la base de los recursos disponibles para optimizar el aprovechamiento del agua. Entre los datos necesarios para las estimaciones de caudal y potenciales cambios en la dinámica de agua del sistema se encuentran: 1) datos climáticos, mínimamente de precipitación y temperatura media mensual (se prefieren series temporales largas, de más de 10 años, que permiten estimar la variabilidad de los parámetros); 2) caudal, en lo posible, también con datos medios mensuales o al menos estacionales. Si no se cuenta con datos se sugiere realizar a campo aforo de caudales al menos estacionalmente o recurrir a fuentes locales para aproximar una estimación.

##### d) Cobertura:

La caracterización de los tipos de cobertura (vegetación, suelo, etc.) dentro del área potencial a trabajar y de la cuenca de aporte se puede lograr consultando la bibliografía o mediante herramientas de

teledetección sobre imágenes satelitales o fotografías aéreas. Esto nos permite estimar la superficie asociada a cada tipo de vegetación actual, estimar el impacto de los cambios esperados y potencialmente cuantificar los cambios obtenidos post-obra. Además, la interpretación visual de imágenes ayuda a dirigir la observación en el campo hacia puntos críticos como cárcavas, focos de erosión, lagunas, entre otros. Existe disponibilidad de cartillas de mallines de INTA y estudios de áreas piloto (INTA) como soporte para las descripciones del área.

#### **e) Geomorfología, hidrografía y topografía**

Se requiere conocer las geformas que determinan el movimiento del agua, aguas arriba y aguas abajo en la cuenca de interés. La geomorfología se puede conocer a partir de información topográfica contenida en cartografía preexistente o bien utilizando MDT para procesar en SIG. Del procesamiento del MDT se identifican las líneas de drenaje y curvas de nivel que también servirán de guía para la localización preliminar de regueras y represas.

Para entender el movimiento del agua en la región y luego poder intervenir en los mallines, debemos conocer la cuenca que aporta al mantenimiento del nivel freático a través de escurrimiento superficial, subsuperficial y subterráneo. Las aproximaciones que se proponen para estimar el caudal de agua disponible se basan en la delimitación de la cuenca, red de drenaje y la caracterización de las coberturas de superficie.

Para la generación de capas de información hidrográfica existen herramientas de análisis hidrológico y de terreno en programas de SIG disponibles en forma libre: QGIS, SAGA, GRASS, entre otros. La base de datos para su elaboración son MDT, los disponibles en forma libre: SRTM, ASTER, etc.

Existen varios métodos de estimación de caudal de escurrimiento. En este caso, para simplificar, se selecciona el método racional, consistente en la estimación de caudal a la salida de la cuenca (Q) como producto del área de la cuenca hidrológica (A), la precipitación (P) y las características de superficie representadas por coeficiente de escorrentía (C). Para el cálculo anual se utiliza la siguiente fórmula:

$$Q \text{ m}^3/\text{año} = A \text{ (ha)} * P \text{ (mm/año)} * C * 10$$

A (ha): el valor de superficie de la cuenca se puede obtener por interpretación de imágenes satelitales, de cartas topográficas o del procesamiento de MDT en SIG.

P (mm/año): las precipitaciones en unidad de lámina para un período de tiempo se obtienen de bases de datos meteorológicos o de registros locales con series lo más antiguas posible.

C: es el valor del coeficiente de escorrentía que depende de las características de la cobertura de la cuenca (ver anexos). Se obtiene considerando la superficie de cada tipo de vegetación que conforma la

cuenca. La delimitación de las distintas áreas se puede realizar sobre la base del conocimiento del terreno o mediante la interpretación de imágenes, empleando herramientas informáticas y técnicas de teledetección.

10: factor de conversión de unidades

#### **f) Balance hídrico**

La estimación de la demanda de agua en el área a intervenir y su comparación con el agua disponible, calculada a partir de los escurrimientos estimados en secciones anteriores y datos de aforos de cursos de agua realizados a campo, puede ayudar a priorizar entre áreas o definir límites de superficie sobre la que se puede intervenir en función de la oferta.

La demanda de agua en este caso se asocia al consumo de agua que potencialmente hará la vegetación de mallín que interesa recuperar. Se asocia al concepto de evapotranspiración del cultivo (ETc) que puede calcularse en base diaria, mensual o anual.

La ETc según recomendaciones de FAO (FAO 56) se estima sobre la base de la evapotranspiración potencial (ETo) y el coeficiente del cultivo (Kc) obtenido de tablas según el tipo de vegetación de interés.

$$ETc \text{ (mm/día)} = ETo \text{ (mm/día)} \times Kc$$

Para pastizales y humedales se sugiere considerar los valores citados en el anexo 8. Para la estimación de la ETo puede recurrirse a datos provistos por la estación meteorológica más cercana o puede estimarse a partir de la temperatura utilizando el método de Blaney y Criddle (Anexo 7). Si se dispone de series de datos meteorológicos más largas y completas (con datos de humedad relativa, velocidad de viento, etc.) se puede recurrir al programa recomendado por FAO, el “ETocalculator”. Éste estima la ETo sobre la base de ecuaciones más completas y complejas, pero que mejoran la precisión del dato.

La ETc puede estimarse mes a mes con las temperaturas medias mensuales y los Kc correspondientes de acuerdo con las fases de desarrollo del cultivo como:

$$ETc \text{ mm/mes} = ETc \text{ mm/día} \times \text{número de días}$$

Y luego integrar la suma a lo largo del año para calcular la ETc anual.

El cálculo del balance hídrico se estima comparando la demanda del diferencial de ETc anual que se quiere inducir con la obra para recuperar la comunidad vegetal (ETc potencial-ETc actual) con la oferta anual de escurrimiento calculado en la sección anterior.

Esta estimación si bien es general, se basa en el supuesto de que en la región patagónica existe un desfase entre la oferta de agua por precipitación, que ocurre mayormente en el invierno, y la demanda de la vegetación, que es máxima en verano. Eso genera excedentes de agua en el invierno que se mueven por escurrimiento superficial y subsuperficial en el paisaje para acumularse en las partes bajas, dando origen a áreas con excesos hídricos como los mallines. La ruptura de esos procesos hidrológicos por la

degradación del pastizal, en combinación con eventos extremos, genera escurrimientos excesivos que producen erosión. El método aquí presentado pretende captar con las obras los escurrimientos de invierno para diferirlos hacia la época en que se requieren, el verano. Vale aquí aclarar que así como varían interanualmente las precipitaciones, es esperable que varíen los escurrimientos, por lo que es recomendable estimar esa variabilidad utilizando datos máximos y mínimos. Por otro lado, es posible también hacer cálculos más detallados de estos balances mes a mes. Las estimaciones más precisas de cada componente del balance permiten analizar el comportamiento de estas variables a lo largo del año, con objetivos de diseño más detallado. Pueden realizarse en el balance proyectado para obtener otro tipo de información.

Es importante también destacar que todos estos cálculos se hacen suponiendo una homogeneidad tanto de la cuenca de aporte como del mallín que no es tal. En ambos coexisten variaciones de pendientes, de tipo y estados de cobertura, de suelo, etc. Esta es una limitación del método, pero aun así se entiende como una aproximación que es útil para la toma de decisiones.

**Como producto de esta sección deben quedar definidos:**

- Si la obra puede cumplir el objetivo deseado, es decir si la demanda calculada puede ser satisfecha total o parcialmente por la oferta.
- El impacto potencial en la productividad, a partir del balance hídrico estimado.
- El dimensionamiento preliminar de la obra, con la identificación preliminar de la localización de represas y regueras.
- Los mapas para el relevamiento de campo con curvas de nivel e hidrografía.

La identificación de Puntos Clave a relevar, que pueden marcar el emplazamiento de diques o trazas de regueras.

## **6.2. Relevamiento a campo.**

Se sugiere utilizar la planilla de la Guía para el Relevamiento a campo(anexo 2). En la misma se propone consignar:

- a) Información del establecimiento y objetivos preliminares de la realización de la práctica. Dependiendo del objetivo, se recomienda caracterizar en forma general las condiciones de producción del establecimiento.

- b) Relevamiento de límites actuales de la vegetación de mallín: identificar la distribución espacial de los tipos de vegetación. Describir los tipos de mallín sobre la base de los criterios de las Cartillas de mallines INTA recomendadas en la bibliografía.
- c) Relevamiento de condiciones edáficas: límites actuales del suelo de mallín, profundidad efectiva (profundidad máxima hasta la que es posible el crecimiento radicular, depende de la presencia de impedimentos). Detectar signos de erosión: suelo desnudo, cárcavas, sedimentos removilizados. Es conveniente hacer una calicata en una zona representativa para observar: profundidad efectiva, estructura y textura (ver guía para la descripción a campo en Anexos) y su variación en profundidad, presencia de capas menos permeables o zonas sin limitaciones al drenaje. Es deseable un suelo que infiltre el agua con facilidad en el horizonte superficial pero, que retenga el agua en profundidades medianas y que impida la percolación profunda por la presencia de alguna capa impermeable en profundidades mayores. La conductividad hidráulica saturada de el/los horizonte/s de interés puede estimarse a partir de la textura y la materia orgánica con ecuaciones empíricas como las de Saxon (2006), para lo cual se utiliza un programa libre del USDA (Servicio de conservación de suelos de USA) disponible en su página web. Se anexa una tabla con datos estimados de la misma fuente.
- d) Relevamiento a campo de la topografía y pendiente longitudinal y transversal. Prestar especial dedicación al perfil de la cárcava, si existe. Si se cuenta con nivel láser, realizar un relevamiento de puntos lo más exhaustivo posible para poder trazar las regueras y diques. En caso contrario, relevar la pendiente principal y la de las transectas transversales.
- e) Caudal: si existe un cauce realizar la medición del caudal actual y registrar evidencias de crecidas.
- f) Interpretación del proceso de deterioro del pastizal de mallín y/o en vigencia actual.

### **6.3. Elaboración del proyecto ejecutivo.**

A partir de la información relevada a campo se formula el Proyecto ejecutivo. Es necesario utilizar la información recolectada durante el levantamiento con GPS y con la Planilla Guía. Se presenta a continuación la secuencia de pasos a cumplimentar para elaborar el proyecto.

#### **6.3.1. Diseño hidráulico de la obra.**

- 1) Delimitación del área a intervenir y cálculo de superficie involucrada en hectáreas.**

Corroborados en terreno los límites del mallín se procede a delimitar sobre un mapa el área a intervenir y a calcular la superficie total involucrada, expresada en hectáreas.

## **2) Balance hídrico proyectado.**

Una vez conocida con mayor precisión la superficie a intervenir y el tipo de vegetación actual y potencial proyectada, se procede a calcular el balance hídrico de proyecto con el mismo procedimiento del punto 6.1. En este punto es conveniente hacer el balance hídrico mensual y calcular los caudales de escurrimiento por mes para comparar con la información obtenida en el campo.

## **3) Determinación de la cantidad de regueras, la longitud total requerida y la separación máxima entre ellas, tanto en distancia a nivel del terreno como en diferencia de cota.**

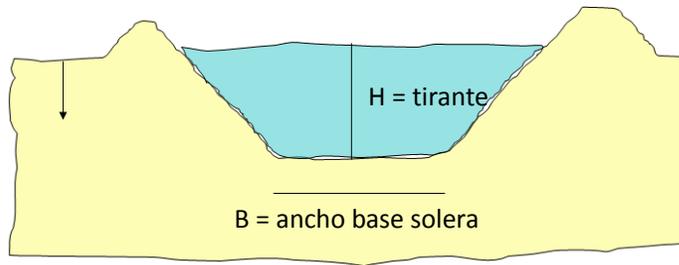
La infraestructura de riego para la redistribución de agua de escurrimiento involucra como elemento principal de conducción y aplicación a la reguera en curva de nivel. Se dimensiona el componente de aplicación para el mes de máxima demanda, enero, independientemente de la presencia de caudal suficiente para este momento del año.

También se diseña la obra para que la totalidad del aporte de agua se produzca por infiltración a través del perímetro mojado de la reguera con su tirante de trabajo a pleno, independientemente al hecho que es posible que funcione por desborde ante situaciones de altos caudales disponibles, principalmente en invierno. Por ello es central conocer la sección hidráulica que produce el aforo zanjeador a utilizar en la obra. Como resultado del aporte específico del tipo de reguera a construir se determina la longitud total de regueras necesarias, en términos de metros lineales promedio por hectárea, y la separación máxima entre regueras.

Entonces, la superficie de aplicación del riego por infiltración en cada hectárea surge del producto entre el perímetro mojado de la reguera (resultante de su sección hidráulica) por la longitud total de regueras en una hectárea.

*Vista esquemática en corte vertical de la reguera:*

Nivel del terreno      Ancho agua libre



Se presenta el siguiente caso como ejemplo. Un mallín húmedo de junco posee una ETC máxima de enero de 7 mm/día. Se proyecta una obra con sección hidráulica de reguera correspondiente a 50 cm de ancho de base de solera, 30 cm de tirante y talud 1:1. La infiltración básica para su suelo limoso con mínima pendiente es de 0,010 mm/hr (Tabla 10 del anexo).

El perímetro mojado resulta de sumar el ancho de base de solera 0,5 m más los dos taludes. Cada uno de los taludes es igual a la raíz cuadrada de la suma del cuadrado del tirante de trabajo, 0,3 m, más el cuadrado del equivalente al incremento de ancho de agua libre producto del talud 1:1, otros 0,3 m. El perímetro mojado es de 1,35 metros.

La lámina de reposición diaria de 7 mm equivale a un volumen de  $70 \text{ m}^3/\text{ha} = 0,007 \text{ m} * 10.000 \text{ m}^2/\text{ha}$ .

El volumen de infiltración diaria por cada metro lineal de reguera es:

Infiltración por m reguera ( $\text{m}^3/\text{día}$ ) = Tasa infiltración (m/hr) \* 24 hr/d \* Sup infiltración por m de reguera ( $\text{m}^2/\text{mlineal}$ )

$0,324 \text{ m}^3 = 0,010 \text{ m/hr} * 24 \text{ hr/d} * 1,35 \text{ m}^2/\text{m lineal de reguera}$ .

(nótese que la tasa de infiltración se expresa en m/h y no en mm/h).

Por lo tanto, la longitud de regueras requerida no debe ser menor a:

Longitud total regueras por ha ( $\text{m/ha}$ ) = Volumen de reposición/ Volumen de infiltración m reguera

$215 \text{ m/ha} = 70 \text{ m}^3/\text{ha} / 0,324 \text{ m}^3/\text{m}$ .

Para determinar la separación máxima entre regueras del proyecto se pueden utilizar en forma inversa las ecuaciones desarrolladas para la definición del espaciamiento entre drenes en sistemas de drenaje. La fórmula más sencilla es la Ecuación de Donnan que se basa en los siguientes supuestos:

- El flujo es horizontal.
- El suelo es homogéneo, hasta la capa impermeable.

- El flujo hacia los drenes es permanente.
- La recarga es uniformemente distribuida.

Que aplican adecuadamente a la situación de diseño y tiene la siguiente expresión:

$$L^2 = \frac{4K(B^2 - D^2)}{R}$$

donde:

$L$ : Espaciamiento de Drenes (m)

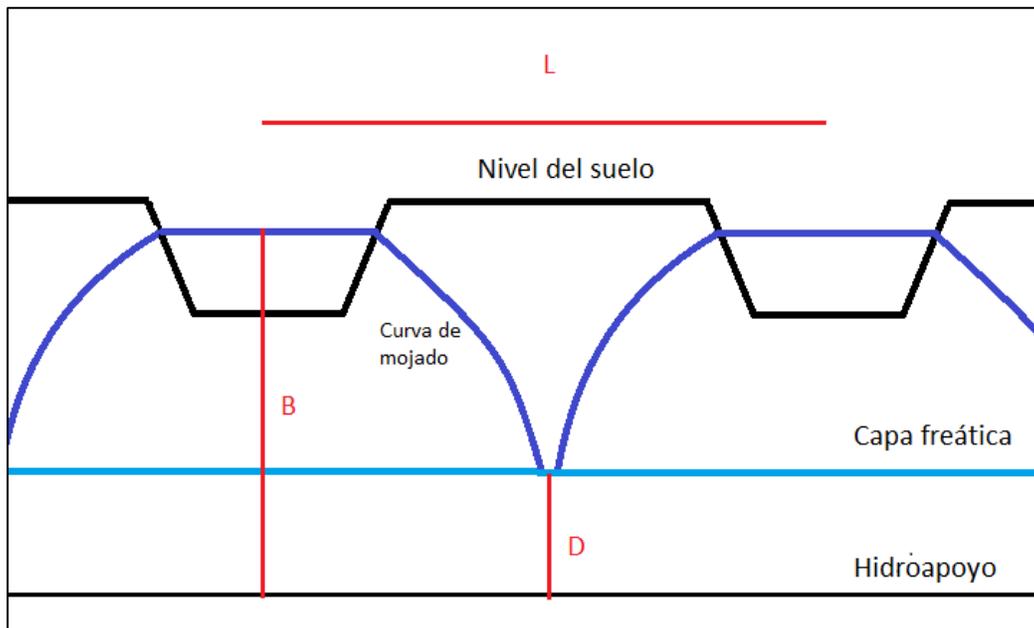
$K$ : Conductividad hidráulica del suelo (m/día) (Tabla 12 del anexo)

$B$ : Distancia desde el punto medio de la capa freática hasta la capa impermeable (m)

$D$ : Distancia desde la superficie del agua en la zanja o el tubo de drenaje hasta la capa impermeable (m)

$R$ : Cantidad de agua a drenar = reposición por unidad de superficie (m/día)

De acuerdo con el siguiente esquema:



$B$ : es la distancia desde el punto medio del pelo de agua de la reguera de recarga y el hidroapoyo (m).

$D$ : es la distancia desde el nivel de la capa objetivo, a la que se quiere llegar con el manejo de agua, y el hidroapoyo (m). En suelos de texturas medias, la profundidad de la capa freática objetivo no debería ser mayor a los 2 m de profundidad desde la superficie si se espera un ascenso capilar que humedezca todo el perfil.

En el caso de drenajes, la dirección del flujo que interesa es desde la capa al dren para evacuar un exceso hídrico mientras que, en el caso de diseño, la dirección del flujo que interesa es desde la reguera a una capa freática que se busca elevar. B y D deben entonces estimarse de acuerdo con el siguiente esquema:

Finalmente, la separación en términos de cota altitudinal entre las regueras contiguas será consecuencia de la separación en distancia a nivel de terreno.

Estos cálculos permiten un diseño preliminar de la localización de las regueras que se lleva al campo para su replanteo. En el trazado a campo es altamente probable que el mismo sufra modificaciones en función de la aparición a terreno de particularidades de la topografía o de la existencia de algunos puntos clave (árboles, alambrados, etc). Es por eso que la definición de la localización de las regueras es de algún modo iterativa. Se prioriza que la reguera quede trazada en el lugar más conveniente a campo, no en función del cálculo.

#### **4) Determinación de la cantidad y ubicación de las represas necesarias.**

La represa es el elemento del sistema de riego que permite mantener la continuidad del flujo de agua de la reguera a través del surco profundizado o cárcava sobre la cual se construye. Al interceptar el flujo concentrado del surco, la represa genera el ascenso del nivel del agua hasta la superficie del terreno y provee de flujo a la reguera correspondiente, a ambos lados del surco.

Por lo tanto, la cantidad de represas a construir dependerá de la cantidad de regueras diseñadas y de la cantidad de líneas de drenaje del mallín a interceptar por cada reguera.

La definición de la ubicación particular de cada represa, en cuanto a su punto de localización sobre la línea de pendiente longitudinal del mallín en el surco profundizado o cárcava, depende de los mismos criterios que la ubicación de su correspondiente reguera. Es decir, existe una relación mutua entre los sitios convenientes e inconvenientes para construir la reguera como sus correspondientes represas asociadas.

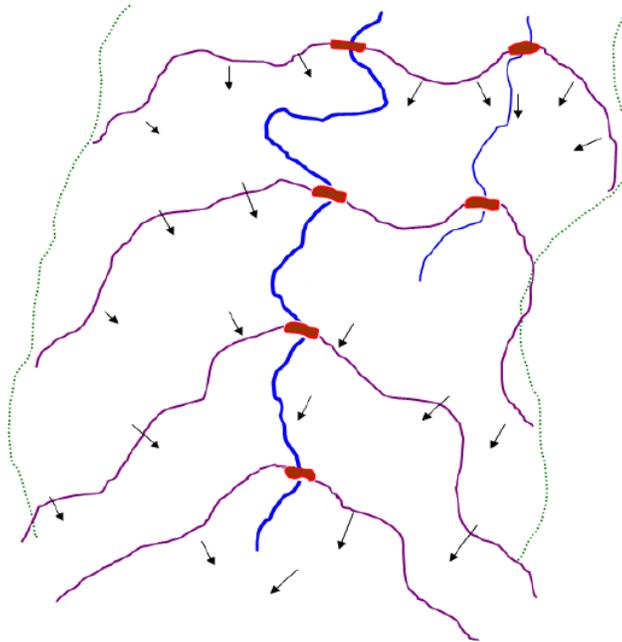
Como criterio general, la ubicación de cada represa queda subordinada a la definición previa de la ubicación de su propia reguera. Las excepciones se asocian a sitios particulares sobre la cárcava o surco que dificulten o imposibiliten la construcción de la represa, más allá que se corresponda con un sitio recomendado para la traza de la respectiva reguera.

#### **5) Elementos adicionales requeridos en el proyecto.**

Aunque la reguera y la represa se constituyen en los elementos centrales del sistema de riego a implementar, existen situaciones particulares que requieren del uso de elementos adicionales. Según el régimen y balance hídrico propio de una cuenca, puede ser necesario -o requisito formal del organismo

de contralor que otorga el permiso de uso de agua- garantizar un flujo libre de agua mínimo durante todo el año.

*Esquema básico de riego de mallín en "espina de pescado", adaptado del Proyecto ANR7 Equipamiento para la recuperación y mejoramiento de mallines (Anexo 2. Memoria técnica. 2007)*



Referencias:

-  Arroyo principal
-  Cárcava secundaria
-  Límite área regable
-  Reguera en curva de nivel
-  Dirección escurrimiento agua
-  Represa de tierra

Durante las primeras etapas de construida la espina de pescado el mallín intervenido se encuentra acumulando su primer "llenado" de agua en el suelo por ascenso de la capa freática. Esta retención inicial

podría interceptar completamente el flujo superficial de la cuenca intervenida y generar inconvenientes aguas abajo.

La instalación de ductos enterrados cercanos a la base de cada represa, de correcto diámetro y longitud, permite garantizar un flujo acotado de agua. El pico de caudal propio del régimen hídrico de la cuenca producirá el excedente de caudal necesario para superar el caudal erogado por el ducto y aportar a la redistribución del escurrimiento vía represa y reguera.

En situaciones particulares de mallines con puntos de captación del escurrimiento superficial en posiciones topográficas poco frecuentes, en conjunto con diferentes planos de aplicación del riego, puede ser necesario incorporar elementos de conducción de flujo entre sectores distantes, sea vía ductos o por medio de canales de conducción con pendiente. Estos son casos poco frecuentes y no deben considerarse como elementos normales a utilizar. Deben tratarse como excepciones en el marco de proyectos de restauración de mallines.

### **6.3.2. Evaluación económica del proyecto.**

El impacto a lograr con la realización de obras de restauración de mallines por redistribución de agua de escurrimiento es amplio y debe ser evaluado en términos del incremento de la sostenibilidad del ecosistema intervenido. Los alcances de este tipo de evaluación exceden al presente método.

A los fines de realizar una evaluación básica en términos económico financieros de la relación de costo a beneficio se plantea utilizar una comparación entre las erogaciones adicionales resultantes de la inversión a realizar con la obra y los ingresos adicionales a obtener en un año productivo futuro con los cambios en la productividad forrajera proyectados ya alcanzados, expresados por hectárea promedio.

En función de los cambios en la disponibilidad de agua esperados en el perfil del suelo, y la consecuente modificación de la vegetación dominante, se estima el incremento en la productividad forrajera anual a obtener.

Según el planteo productivo a implementar, la productividad forrajera incremental se expresa en receptividad anual incremental y luego en producción secundaria incremental. Se utiliza el valor anual de la producción ganadera incremental como medida de ingreso adicional. La cantidad de años de producción adicional estabilizada que son necesarios para pagar la inversión inicial requerida es un indicador sencillo del grado de conveniencia económica de intervenir el mallín.

### **6.3.3. Solicitud de permiso de uso del agua.**

La solicitud de permiso de uso de agua debe realizarse ante la autoridad provincial de administración de los recursos hídricos y está regida por la legislación vigente en cada provincia. En general en todas las solicitudes es necesario presentar datos del establecimiento, del caudal que se estima utilizar y la superficie a intervenir, y se solicita el aval de un responsable técnico.

En el anexo 14 se citan algunos datos de utilidad.

### **6.3.4. Plan de trabajo a campo.**

Como última etapa del Proyecto Ejecutivo se establece el Plan operativo de trabajo a campo para la ejecución de la obra. Ello implica prever los aspectos prácticos a realizar en terreno y organizar los recursos para optimizar la tarea. Completar la Planilla Guía para la Marcación que se presenta en Anexos facilita la consideración de los principales puntos del proyecto.

Dicha planilla contiene una tabla síntesis de diseño que especifica la cantidad total de regueras, la diferencia de cota entre ellas, los metros totales de regueras por hectárea y para toda el área a intervenir, la cantidad de represas principales, sus dimensiones generales y su localización preliminar, la separación máxima entre regueras, la sección hidráulica de proyecto y los eventos o accidentes particulares a considerar.

Otro componente de la Planilla es un Mapa general del área que contiene los límites del sector a intervenir, las obras a marcar identificadas y todo otro evento relevante.

Por último, en función de la maquinaria disponible, se realizará una estimación de las horas máquina requeridas, del volumen de suelo a mover para la construcción de las represas, de la cantidad de combustible requerido para proveer en el lugar, de los días de trabajo estimados, de la cantidad de operarios y jornales totales demandados, más elementos adicionales necesarios que involucren insumos (caños de PVC, hierro, polietileno, etc.).

## **6.4. Dirección técnica de obra.**

### **6.4.1. Planteo general de obra.**

Al iniciar la confección de la obra se corroboran las dimensiones generales del proyecto ante la realidad del terreno. Los puntos críticos resultantes del diseño en gabinete como impedimentos para el ingreso

del caudal necesario al mallín, indicadores de caudales disponibles o la localización represas para detener el avance de cárcavas, son los primeros aspectos a ratificar o rectificar a campo.

Luego se identifican aquellos sitios específicos sobre los cuales trazar las regueras y represas principales. O bien justamente lo opuesto, sitios a evitar para la traza de regueras y represas, dependiendo de las particularidades del terreno. Es preciso tener presente las diferencias de cota generales a mantener entre las regueras según el diseño del proyecto.

Seguidamente se procede a la marcación inicial de algunos puntos particulares de cada reguera distinta a construir. Y se corrobora en forma preliminar la posible demarcación completa de cada una de estas regueras en determinados puntos de interés. Como, por ejemplo, lugar de finalización, punto de intercepción del cauce principal, distancia a un alambrado o roca, traza con respecto a sector que se enlagna, cercanía a un cambio de pendiente abrupto susceptible de producir roturas, etc.

La confirmación a campo de las dimensiones generales de la obra completa antes de proceder a su marcación y confección es un paso superador al diseño en gabinete. Debe contemplarse su tiempo específico y la solvencia necesaria para realizarlo. Ello incrementa notablemente la eficiencia de todo el proceso de construcción y posterior impacto.

#### **6.4.2. Marcación.**

Sobre la base de la marcación inicial de puntos particulares de cada reguera se procede a la marcación completa de todas y cada una de ellas, identificando inequívocamente aquellos puntos específicos para reforzar la traza, sus extremos finales y la o las represas necesarias. Se sugiere establecer códigos de marcas distintos para cada tipo de evento.

Se deberá mantener una distancia entre las marcas subsiguientes de marcación (realizadas con cintas, estacas, espuma, etc.) que garanticen la ausencia total de desnivel significativo entre ellas y una clara visualización de parte del operario tractorista. Esta distancia será variable, principalmente en función de la pendiente y la topografía del mallín y la biomasa vegetal presente.

#### **6.4.3. Supervisión de obra y control de maquinarias.**

Son responsabilidad de la dirección técnica de obra las indicaciones y controles de la correcta construcción de la traza efectiva de cada reguera sobre las marcas y señales de marcación, incluido su inicio y fin. Para ello es necesario prever el trabajo simultáneo y conjunto con el equipo de maquinarias disponible en la frecuencia necesaria.

A medida que avanza la construcción se supervisa que la sección hidráulica resultante de la construcción del apero zanjeador se ajuste a los parámetros de diseño. Se indican los necesarios ajustes que se requieran para respetar el punto central que define el aporte de agua al mallín.

Sobre el elemento de represas, es necesario controlar el largo de cada una de ellas, el ancho en su base, el ancho y altura en el coronamiento, así como la compactación máxima posible mientras se construye.

Por otra parte, en términos de facilitar el trabajo de todo el equipo involucrado se observa e indica toda modificación en la operación de la maquinaria que promueva la mejora de los tiempos operativos, minimice el movimiento de suelos y evite la contaminación.

#### **6.4.4. Relevamiento de obra.**

Según se planifique la realización de la obra, es factible relevar sus elementos construidos a medida que avanza la construcción de regueras y represas. O en su defecto, realizar el relevamiento de la obra al momento de finalización, siempre con el uso de GPS y cámara fotográfica.

Se relevará la traza completa de cada una de las regueras con el registro de un track individual específico para cada una, mediante su recorrido completo a pie, en moto o de a caballo. Se registrarán waypoints en cada represa y en cada inicio y finalización de cada reguera.

Con el uso de cinta métrica se corroborará las dimensiones que hacen a la sección hidráulica de las regueras en varios puntos de control.

Con el uso de nivel se corroborará la diferencia de cota entre regueras en algunos puntos y la misma cota de altitud para una misma reguera en algunas de ellas.

El registro fotográfico incluirá imágenes típicas de reguera, sección hidráulica, represas, surcos o cárcavas con represa, refuerzos sobre la traza de reguera, generales del área, tipo de vegetación de mallín presente, eventos especiales y de infraestructura existentes.

## **6.5. Informe de obra.**

El informe de obra es un documento importante que da cuenta de las principales características de la obra desarrollada, así como de sus parámetros de diseño y operación. Debe reflejar las intervenciones realizadas sobre el mallín y someramente la línea de base actual. Es un documento registral responsabilidad del profesional interviniente. Según la jurisdicción, puede ser requerido para presentarse ante el organismo provincial de contralor de uso del agua al momento de finalización de las obras.

Deberá estar constituido al menos por los siguientes apartados:

### **6.5.1. Descripción de la línea de base del mallín intervenido.**

Describir la situación inicial del mallín, previa a su intervención y con la información relevada a campo, respecto de vegetación actual (tipos fisonómicos florísticos dominantes) y los suelos dominantes. Se debe explicitar la interpretación realizada sobre el proceso de deterioro actual del mallín y describir a los principales síntomas de erosión presentes.

Se elaborará un mapa de vegetación actual sobre una imagen satelital, con control de campo. El mapa contendrá la información del relevamiento topográfico preliminar. Es requisito anexar fotografías georreferenciadas que ilustren lo descripto previamente.

### **6.5.2. Descripción técnica de los parámetros de diseño de la obra.**

El informe explicita todos los parámetros considerados para diseñar la obra. Incluye la delimitación del área (debe constar en el mapa con superficies), el balance hídrico proyectado, la cantidad de regueras con su longitud total, distanciamiento máximo y diferencia media de cotas, con el detalle de los cálculos efectuados. También se presenta la determinación de la cantidad de represas necesarias y de los elementos adicionales eventualmente requeridos.

### **6.5.3. Constancia de permiso para el uso de agua otorgado por la autoridad competente.**

#### **6.5.4. Detalles de la obra finalizada.**

El informe de obra contiene los detalles de la cantidad de regueras confeccionadas, el perímetro mojado efectivamente logrado y su longitud total para toda el área. Asimismo, especifica el movimiento de suelos involucrado en la construcción de las represas, con la cantidad de represas confeccionadas, sus dimensiones y características constructivas. En caso de utilizarse se especifican los elementos adicionales utilizados.

Como parte del detalle de la obra, se presentará un mapa donde consten las obras realizadas correctamente georreferenciadas, con su correspondiente registro fotográfico. Éste último contendrá fotografías de vistas generales con la vegetación actual dominante; eventos topográficos relevantes como surcos, cárcavas, rocas, límites naturales del mallín; elementos de la obra: regueras, sección hidráulica de reguera, represas, elementos adicionales; infraestructura del área: alambrados, instalaciones, etc.

#### **6.6. Guía de operación y mantenimiento.**

Como parte anexa del informe de obra se establece una guía de operación y mantenimiento de la obra de riego realizada. Aunque el sistema de redistribución según el esquema de espina de pescado busca recrear las condiciones naturales de escurrimiento en un mallín, finalizada la intervención inicial es necesario mantener ciertas condiciones de operación.

Toda la obra, basada en movimientos de suelo y sin obras de arte ni uso de otros materiales, requiere un tiempo de asentamiento de las represas y revegetación del suelo expuesto en regueras y represas. El ascenso del nivel de agua sobre la línea de drenaje y el flujo inicial en las regueras deberá observarse frecuentemente para corregir desvíos. Es normal la existencia de cuevas o refugio construidos por animales menores, o senderos surgidos del tránsito de ganado. Con el uso de pala de mano es necesario mantener o reconstruir la sección hidráulica de proyecto en todos los sitios donde se produzcan alteraciones.

Asimismo, el propio talud de las regueras dispuesto con el mismo suelo producto del desmonte puede originar la caída de champas o suelo, interceptando el tirante libre de la reguera. Al igual que en la situación previa, es necesario intervenir al respecto.

El primer invierno luego de la intervención del mallín, considerado por lo general como la estación de mayor flujo de agua en el mallín, es el momento crítico para la adecuada sobrevivencia de la obra. El movimiento de agua se producirá sobre suelo escasamente cubierto de nueva vegetación, más erodable. Ante la ocurrencia de picos de alto caudal, es normal el desborde de las regueras. Este hecho no debe generar preocupación.

El coronamiento del talud de las regueras sobrepasa el nivel original de la superficie del suelo. Es completamente normal que el suelo que lo constituye se mueva y se disperse ante la ocurrencia inicial de desbordes y antes de la revegetación natural. Debe considerarse como sección hidráulica propia de la reguera únicamente al sector de desmonte por debajo de la superficie del terreno. Por lo tanto, los cuidados en las recorridas cotidianas de la obra se concentran en mantener indemne a la sección de desmonte. Ello garantiza el correcto funcionamiento de la reguera según los parámetros del proyecto. Ante cualquier rotura en la sección de desmonte es imperioso reconstruir el talud afectado. Suelen utilizarse en estas ocasiones los materiales que se dispongan: bolsas de plastillera rellenas con suelo del área, tablas, troncos, polietileno de alta densidad, etc. De no realizarse este mantenimiento de los parámetros de proyecto se produce una disminución del tirante de trabajo de la reguera, un menor impacto en su área de influencia y en ocasiones con terreno en pendiente la generación de nuevos surcos o cárcavas a partir del sitio de rotura.

## 7. Bibliografía recomendada.

### 7.1. Caracterización de mallines:

- Ayesa, J., D. Bran, J. Gaitán, G. Siffredi, F. Raffo. 2015. Guía de reconocimiento de mallines y recomendaciones para su manejo - Cuenca ganadera de Junín de los Andes, provincia del Neuquén. INTA EEA Bariloche.
- Bran, D., C. López, A. Marcolín, J. Ayesa, D. Barrios. 1998. Valles y mallines de la comarca de Ing. Jacobacci (Río Negro); Distribución y tipificación utilitaria. Comunicación técnica nº 46 INTA EEA Bariloche.
- Bran, D., J. Gaitán, J. Ayesa, C. López. 2004. La vegetación de los mallines del noroeste de Patagonia. Comunicación técnica nº 89 INTA EEA Bariloche.
- Cremona, V., y A. Enríquez. 2017. La producción de forraje en los mallines. Revista Presencia 23(68): 23-27.
- Gaitán, JJ., D. Bran, F. Raffo, J. Ayesa, F. Umaña. 2015. Evaluación y cartografía de mallines de la zona de Junín de los Andes, provincia del Neuquén. Comunicación técnica nº 130 INTA EEA Bariloche.
- Gaitán, JJ., D. Bran, F. Raffo, J. Ayesa, F. Umaña. 2015. Evaluación y cartografía de mallines de la zona de Loncopué y ChosMalal, provincia del Neuquén. Comunicación técnica nº 131 INTA EEA Bariloche.
- Gaitán, JJ., C. Lopez, J. Ayesa, G. Siffredi, F. Umaña. 2009. Reconocimiento, cartografía y evaluación de mallines Área Zapala- Neuquén. Comunicación técnica nº 125 INTA EEA Bariloche.
- Gaitán, J., D. Bran, G. Siffredi, J. Ayesa, F. Raffo. 2015. Guía de reconocimiento de mallines y recomendaciones para su manejo - Cuencas ganaderas de Loncopué y Chos Malal, provincia del Neuquén. INTA EEA Bariloche.
- López, C., J. Gaitán, J. Ayesa, G. Siffredi, D. Bran. 2005. Evaluación y clasificación de valles y mallines. Sudoeste de Río Negro. Comunicación técnica Nº 97 INTA EEA Bariloche.
- López, C., J. Gaitán, J. Ayesa, G. Siffredi, D. Bran. Caracterización y cartografía de valles y mallines del SudOeste de Río Negro. INTA
- Siffredi, G., J. Gaitán, C. López, J. Ayesa. 2015. Guía de reconocimiento de mallines y recomendaciones para su manejo - Cuenca ganadera de Zapala, provincia del Neuquén. INTA EEA Bariloche.

- Siffredi, G., J. Gaitán, C. López, J. Ayesa. 2015. Guía de reconocimiento de mallines con cortadera y recomendaciones para su manejo - Cuenca ganadera de Zapala, provincia del Neuquén. INTA EEA Bariloche.

## **7.2. Hidrología general:**

- Fattorelli, S. y Fernández, P.C. 2011. Diseño hidrológico 2a Ed. Edición digital. Estudio Fernandez-Dorca.
- Mármol, LA. 2006. Introducción al Manejo de Cuencas Hidrográficas. Ed. Ferreira y Mármol. Universidad Nacional de Salta.

## **7.3. Tutoriales:**

- Girardin, L. 2018. Guía Para el Uso del programa QGIS en la evaluación de Pastizales Naturales. Material del curso de posgrado en Evaluación de Pastizales Naturales. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Comahue. Zapala, 7 al 11 de mayo de 2018.
- Gutovnik, P. Cómo Funciona el Sistema GPS. En [http://gutovnik.com/como\\_func\\_sist\\_gps.htm](http://gutovnik.com/como_func_sist_gps.htm). Fecha de acceso: 10/05/2019.

## **7.4. Otros documentos de interés:**

- Ciancaglini, N. Guía para la determinación de textura de suelos por método organoléptico PROSAP. Disponible en: [http://www.prosap.gov.ar/m\\_ELMI\\_Info.aspx](http://www.prosap.gov.ar/m_ELMI_Info.aspx)
- Siffredi, G. L., F. Boggio, H. Giorgetti, J. Ayesa, A. Kröpfl, y M. Alvarez. 2013. Guía para la Evaluación de Pastizales para las áreas ecológicas de Sierras y Mesetas Occidentales y de Monte de Patagonia Norte - 2da ed. Ediciones INTA, Bariloche. Pag 69.
- Dirección Provincial de Catastro e Información Territorial, Gobierno de la Provincia de Neuquén. Información catastral provincial. Disponible en [http://catastro.neuquen.gov.ar/nqn\\_ide/services/IDE/Catastro/MapServer/WFSServer](http://catastro.neuquen.gov.ar/nqn_ide/services/IDE/Catastro/MapServer/WFSServer). Fecha de acceso: 10/05/19

## **8. Anexos.**

### **1) Contacto con referentes institucionales en el tema:**

- ✓ Cremona, María Victoria. INTA EEA Bariloche. Teléfono: 0294 - 4422731. E-mail: [cremona.mv@inta.gob.ar](mailto:cremona.mv@inta.gob.ar)
- ✓ Aramayo, María Valeria del Luján. INTA EEA Bariloche. Teléfono: 0294 - 4422731. E-mail: [aramayo.valeria@inta.gob.ar](mailto:aramayo.valeria@inta.gob.ar)
- ✓ Boggio, Federico. Facultad de Ciencias Agrarias, UNComa. Teléfono: 0299 4980005. E-mail: [federico.boggio@faca.uncoma.edu.ar](mailto:federico.boggio@faca.uncoma.edu.ar)
- ✓ Girardin, Leandro. Facultad de Ciencias Agrarias, UNComa. Teléfono: 0299 4980005. E-mail: [leandro.girardin@faca.uncoma.edu.ar](mailto:leandro.girardin@faca.uncoma.edu.ar)

## 2) PLANILLA GUÍA PARA EL RELEVAMIENTO A CAMPO

---

Establecimiento / Productor:	Potrero:
Fecha:	Técnico:
Coordenadas:            lat S                    long O	Fotos:
Altitud:	
Disponibilidad de datos meteorológicos:	
Punto de acceso:	
Objetivo preliminar de la obra:	
Situación del uso de agua aguas abajo:	

---

### VEGETACIÓN

Forma de vida dominante: pastos hierbas subarbustos arbustos                    Cobertura vegetal (%):

Es mallín? Si No    Tipo de mallín:                    Cartilla de referencia:

Productividad estimada (kg MS/ha):

Observaciones (ej. Especies indicadoras):

---

### TOPOGRAFÍA

Pendiente Transversal: Forma: cóncava -            convexa            en V    en U                    Longitud

Pendiente Longitudinal: pendiente del cauce o línea de escurrimiento:

Presencia de saltos de pendiente:

---

### SUELO

Profundidad efectiva (de horizontes menos permeables):

Profundidad material gruesas, ripio o canto rodado:

Descripción de horizontes:

Horizonte	Profundidad	Color	Textura	Estructura	Grava %	Moteados %	Otros

Síntomas de erosión hídrica: erosión laminar, remoción de sedimentos y/o mantillo, canales, cárcavas: profundidad, activas o estabilizadas?

---

**DISPONIBILIDAD DE AGUA**

Freática: profundidad Variación observada:  
Flujos concentrados: SI NO  
Meses al año corriendo en el cauce central: Permanente – Invierno–Invierno/Primavera  
Con qué frecuencia: todos los años – Cada ..... años  
Rango de caudal que escurre normalmente, medido:  
O bien diferencia de cotas entre la superficie del curso y la superficie del mallín:  
Rango de profundidad con respecto al mallín y ancho del cauce central:  
Origen del agua: deshielo - vertiente - escurrimiento  
Otros:

---

**OBSERVACIONES:**

Proceso de deterioro reciente en el mallín (breve identificación de los principales factores intervinientes)

.....  
.....  
.....

---

**EQUIPAMIENTO DISPONIBLE**

Tractor: potencia tipo de tracción levante hidráulico o tres puntos  
Apero zanjeador: medidas de la sección hidráulica que construye: Base solera-cresta  
Maquinaria para mover suelo para represas:

**OBSERVACIONES:**

Presencia de senderos, huellas o caminos profundizados:  
Localización de alambrados, barreras naturales, obras de riego previas, etc.: .....

.....

---

**CROQUIS A MANO ALZADA CON REFERENCIAS (en el anverso):**

**Consignar:**

**Infraestructura:**

**Líneas de drenaje, saltos, dirección, longitud y cambios bruscos de las pendientes:**

**Laguna, voladero, etc.:**

**Opcional fotos:**





#### 4) PLANILLA GUÍA PARA LA MARCACIÓN

##### MAPA

Imagen satelital con delimitación del área a intervenir y eventos antrópicos relevados

Obras a marcar identificadas (represas, regueras, otros eventos)

Superficie total a intervenir (hectáreas):

##### TABLA SÍNTESIS DE DISEÑO

##### REGUERAS

Criterio de localización y cantidad total:

Separación máxima (metros):

Longitud total por unidad de superficie o en el área a intervenir (metros):

Sección hidráulica: ancho base de solera, ancho espejo de agua libre, tirante de trabajo (metros):

##### REPRESAS

Diferencia de cota entre ellas (metros):

Ancho en la base y en el coronamiento (metros):

Longitud transversal general (metros):

**EVENTOS** especiales a tener presentes (por ejemplo: laguna, rocas, alambrado, cambio brusco de pendientes, afluentes transversales, caños para caudal ecológico):

##### PERSONAL Y MAQUINARIA

Estimación de horas máquina requeridas, volumen de suelo a mover para la construcción de las represas, combustible requerido.

Días totales de trabajo estimados, cantidad de operarios y de jornales totales demandados, elementos adicionales necesarios.

##### RELEVAMIENTO CON GPS PARA EL INFORME DE OBRA

Recorrido de cada reguera en forma individual (track)

Localización de todas las represas (waypoint)

Localización de inicio y fin de cada una de las regueras (waypoint)

Fotos (vista general del área, de surco profundizado o cárcava, de represa tipo, de sección de reguera construida, de fin de reguera, eventos especiales)

### 5) Fuentes de datos hidro-meteorológicos:

- organismos de gestión de cuencas como AIC, IPA y DPA.
- sitios web oficiales:

<http://bdhi.hidricosargentina.gob.ar/>

<https://www.smn.gob.ar/>

### 6) Fuentes de información de suelos:

Provincia de Río Negro: Inventario integrado de los recursos naturales de la Provincia de RN, editado por Godagnone y Bran 2009, disponible en la página web del INTA :

<https://inta.gob.ar/documentos/inventario-integrado-de-los-recursos-naturales-de-la-provincia-de-rio-negro>

Provincia de Neuquén: Ferrer, J. Irisarri, J. y Mendía, J. 2006 “Suelos de la Provincia del Neuquén”, Ed. INTA Buenos Aires 226p.

### 7) Estimación de ETo con el método de Blaney y Criddle (FAO 24)

Se estima la Eto con una fórmula empírica:

$$E_{t_0} (m/día) = (0,457xt + 8,13)xp$$

Donde t (en °C) es la temperatura media diaria y p un factor que depende de la latitud y el mes considerado (ver tabla).

El dato diario integrado mensualmente permite calcular la Eto mensual e integrando los cálculos para cada mes, la Eto anual.

#### Factor p (porcentaje diario medio de horas diurnas anuales) para diferentes latitudes

Lat S	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
35º	,32	,30	,28	,25	,23	,22	,23	,25	,27	,29	,31	,32
40º	,33	,31	,28	,25	,22	,21	,22	,24	,27	,30	,32	,34
42º	,33	,31	,28	,25	,22	,21	,21	,24	,27	,30	,33	,34

### 8) Coeficientes de cultivo para pastizales y humedales

Varían a lo largo de la estación de crecimiento (ini=fase inicial, med=máximo crecimiento, fin=final de la estación de crecimiento)

Tipo de vegetación según FAO	Puede asociarse a	Kc ini	Kc med	Kc max
Humedales de Juncos de baja altura	Mallín húmedo	0,3	1,2	0,3
Pastos de pastoreo intensivo	Mallín subhúmedo	0,4	0,85	0,8
Pastizales de pastoreo extensivo	Mallín seco	0,3	0,75	0,75

### 9) Ejemplos de estimaciones de Etc para mallines de distintas localidades de la región

	Mallín húmedo		Mallín subhúmedo		Mallín seco	
	Etc max diaria mm/día	Etc anual mm/año	Etc max diaria mm/día	Etc anual mm/año	Etc max diaria mm/día	Etc anual mm/año
Maquinchao	6,4	1036,4	4,5	877,1	4,0	812,3
Bariloche	5,8	959,0	4,1	820,4	3,6	758,6
El Cuy	7,1	1148,5	5,0	976,2	4,5	902,6
Las Lajas	6,8	1098,6	4,8	933,9	4,2	863,5

### 10) Coeficientes de escurrimiento C y su relación con la clasificación hidrológica de suelos del SCS (A,B,C,D), coeficientes de infiltración básica (Kinf) y la pendiente del terreno (McCuen,1998)

Clasificación hidrológica de suelo	A			B			C			D			
	profundo, franco o franco arenoso			limoso o limo-arenoso			arcillo limoso-arenoso poco profundo			se impermeabiliza al ser mojado, salino			
Infiltración básica (mm/hr)	10 – 15			5 – 10			2 - 5			0 - 2			
Pendiente %	0 - 2	2 - 6	>6	0 - 2	2 - 6	>6	0 - 2	2 - 6	>6	0 - 2	2 - 6	>6	
USO DEL SUELO	PASTOS	0.12	0.2	0.3	0.18	0.28	0.37	0.24	0.34	0.44	0.3	0.4	0.5
		0.15	0.25	0.37	0.23	0.34	0.45	0.3	0.42	0.52	0.37	0.5	0.62
	BOSQUE	0.05	0.08	0.11	0.08	0.11	0.14	0.1	0.13	0.16	0.12	0.16	0.2
		0.08	0.11	0.14	0.1	0.14	0.18	0.12	0.16	0.2	0.15	0.2	0.25

**11) Tasa de infiltración del suelo en mm/h para distinto tipo de cobertura y subsuelo (modificado de Brooks et al 2013)**

Tipo suelo	Cobertura			
	Suelo desnudo	Pastura degradada	Pastura en buena condición	Forestación
Textura media a gruesa sobre grava coluvial	8	15	25	76
Textura media sobre depositos de textura media	2	8	13	15
Textura media a fina sobre depósitos de texturas finas	1	2	5	6
Suelo sobre macizo rocoso	1	1	1	1

**12) Conductividad hidráulica saturada para suelos con diferente proporción de arena y arcilla (mm/h)**

		% Arcilla y Clase textural							
		10		20		30		40	
% Arena	10	95	FrL	60	FrL	37	Fr ar L	20	a Fr
	20	94	FrL	55	FrL	30	Fr ar L	14	a Fr
	30	93	FrL	50	FrL	23	Fr ar	10	a
	40	93	FrL	45	Fr	18	Fr ar		
	50	92	Fr	12	Fr	14	Fr ar Ar		
	60	92	FrAr	38	Fr Ar	10	Fr ar Ar		
Fr=franco L=limoso Ar= arenoso ar=arcilloso									

**13) Conductividad hidráulica saturada del suelo estimada según Saxton y Rawls (2006) sobre la base de la textura y asumiendo altos contenidos de materia orgánica.**

Textura	Conductividad hidráulica saturada (mm/h)
Franca	35 – 90
Franco-limoso	40-140
Franco arenoso	50-170
Franco arcilloso	45-30

#### **14) Contactos y organismos provinciales patagónicos para la gestión de los permisos de uso del agua:**

##### Río Negro:

Departamento Provincial de aguas, <https://dpa.rionegro.gov.ar/>.

En la delegación Bariloche se puede contactar al Ing. Martín Nini ([dpadra@infovia.com.ar](mailto:dpadra@infovia.com.ar)) y solicitar la planilla de **Solicitud del Permiso/Autorización de Uso de Agua Pública**. En la actualidad no se cobra canon para este tipo de uso.

##### Chubut:

Instituto Provincial del Agua, <http://institutodelagua.chubut.gov.ar/>.

En la sección de permisos de uso de agua se explica en detalle el procedimiento y se puede bajar la documentación requerida. A la fecha se cobra un canon equivalente a 1,5 kg de lana Merino, sucia al barrer de 20 micras y 60% de rinde según los valores de referencia de PROLANA por hectárea y por año. El responsable del área de permisos es el Ing Martín Nozikosky.

##### Neuquén:

La autoridad competente es la Subsecretaría de Recursos Hídricos, cuya página web es: <https://www.energianeuquen.gob.ar/organismo/hidricos.html>. Debe solicitarse la planilla de solicitud de uso de agua para Captación o Riego. Dado que es la misma que se utiliza para usos más intensivos se sugiere consultar la información requerida para este uso específico. Contacto: Ing. Germán Musso.

#### **15) Planilla de cálculos auxiliares de la Guía para la Restauración de mallines**