

ANEXO TECNICO
PAUTA PARA ELABORACIÓN DE PROYECTOS
RIEGO POR ASPERSION

INSTITUTO DE DESARROLLO AGROPECUARIO
INDAP

MINISTERIO DE AGRICULTURA

1. DEFINICIÓN

Se entenderá por sistema de riego por aspersión aquel sistema que permite la aplicación del agua en toda la zona de cultivo, en forma de lluvia o equivalente, a una frecuencia especificada y con una intensidad tal, que el agua infiltre en el mismo punto donde cae.

Existe una gran variedad de sistemas de riego por aspersión. Desde un sistema básico con 1 o 2 aspersores conectados a una manguera flexible (tipo bombero) hasta las grandes máquinas de riego autopropulsadas (pivote central, alas de avance frontal y carretes hidráulicos). Hay sistemas de aspersión fija o de *cobertura total*, que emplean tuberías (de PVC ó aluminio) y emisores de bajo costo (de plástico o metálico). Existen equipos semimóviles, con la unidad de bombeo fija, la tubería principal enterrada, y el resto de las tuberías móviles. En otros casos, todos los elementos son móviles, incluyendo la unidad de bombeo que puede ser una motobomba o una **tractobomba** conectada al eje toma de fuerza de un tractor.

Los elementos básicos que componen un equipo de riego por aspersión son los siguientes:

- Unidad de bombeo o aducción (gravitacional)
- Cabezal de control
- Red de tuberías
- Hidrantes o tomas
- Aspersores

Unidad de bombeo. Consiste en un equipo de bombeo conformado por una bomba centrífuga, con motor eléctrico, una motobomba o una tractobomba, con el objeto de aspirar el agua desde la fuente e impulsarla con presión hasta el cabezal de control, red de tuberías y aspersores. En algunos casos, cuando existe una diferencia de altura de más de 30 metros entre la fuente de agua y la superficie de riego, no se necesita instalar una motobomba para hacer funcionar sistemas de aspersión de presión media. Entonces, se dice que el sistema funciona con "presión gravitacional". La unidad de bombeo puede conformarse de los siguientes elementos:

- Cámara de aspiración.
- Canastillo y válvula de succión.
- Tubería de succión.
- Bomba.
- Accesorios y fittings de descarga.

Cabezal de control. El cabezal de control que se utiliza en el riego por aspersión es mucho más simple que el de los sistemas de goteo. Normalmente no se requieren filtros de mallas, salvo en el caso de aspersores con boquilla muy pequeña (emisores comúnmente usados para el riego de jardín). Tampoco se acostumbra instalar una unidad de inyección de fertilizantes, para evitar los daños en el follaje. Los otros elementos que componen el cabezal son manómetros, válvulas o llaves de paso y reguladores de presión.

Red de tuberías. En el caso de un sistema de aspersión semimóvil, las tuberías matrices de PVC van enterradas y reciben el nombre de matriz y secundarias, según la posición que ocupan en la red, llegando hasta los hidrantes. Las líneas de aspersión o "*laterales*" van siempre sobre el terreno, pueden ser de aluminio o de PVC sobre las cuales se ubican los aspersores o emisores, que se ubican a una misma distancia sobre la línea (generalmente

esta distancia es igual al radio del círculo que moja un aspersor). Para el caso del sistema de aspersión móvil, todas las tuberías están dispuestas sobre el terreno, y pueden ser de aluminio o PVC.

Los tubos de PVC de unión rápida (acople metálico) se presentan en los siguientes diámetros: 50, 75, 90, 110 y 140mm.

Los tubos metálicos son de fierro galvanizado o de aluminio típicamente en diámetros nominales de 50mm para cobertura y 3"- 4"- 6" para acoples en alta presión.

Hidrantes. Son las bocas de riego o tomas de agua, ubicadas a lo largo de la tubería matriz, a las cuales se conecta el ramal de riego o lateral. El dispositivo principal de un hidrante consiste en una válvula que impide la salida del agua cuando se desacopla una línea de aspersores.

2. PRESENTACIÓN DEL PROYECTO

2.1 Descripción General del Proyecto:

Se deberá presentar una breve descripción del proyecto, dando un nombre corto y claro que permita identificar el proyecto, indicando la ubicación del proyecto (localidad, comuna, provincia, región), carta IGM o imagen obtenida de Google Earth, maps Google o similar indicando las coordenadas UTM WGS 84 del lugar y los accesos principales.

Señalar el objetivo principal de la presentación del proyecto, indicando expresamente si se trata de un proyecto de construcción, habilitación, instalación o ampliación de las obras de riego.

Se deberá describir brevemente la solución técnica de riego que se propone y las obras o componentes principales del proyecto.

3. ESTUDIO TÉCNICO

Se debe presentar una breve descripción del proyecto que permita identificar breve y claramente los siguientes puntos.

- a) El objetivo principal del proyecto.
- b) Ubicación del proyecto en región, provincia, comuna y localidad.
- c) Disponibilidad de recursos hídrico en situación actual y futura.
- d) Tipo de obra(s) consideradas
- e) Superficie y cultivos que se regarán con el proyecto.
- f) Permisos o autorizaciones sectoriales.

3.1 Disponibilidad de aguas.

El proyecto deberá describir la o las fuentes de agua con que se cuenta. Se debe señalar el caudal disponible en litros por segundo (l/s) o en m³/temporada para proyectos que utilicen obras de acumulación. Esta información es necesaria para el diseño agronómico de los sistemas de riego y para los cálculos hidráulicos que condicionan el dimensionamiento de las obras de riego.

En aguas subterráneas se deberá indicar, además, la geometría de la fuente (diámetro en caso de pozos norias, punteras, pozos profundos o largo y ancho en caso de pozos zanjias), profundidad total, nivel estático y nivel dinámico.

3.2 Área de Riego.

3.2.1 Ubicación del (los) predio(s), coordenadas UTM (WGS 84):

Se incluirá un plano de ubicación en tamaño adecuado que permita su visualización, señalando claramente coordenadas UTM representativas. En este plano se debe identificar como mínimo el área de riego, ubicación de la fuente de energía y ubicación del centro de control.

3.3 Determinación de la Demanda de Agua.

3.3.1 Evapotranspiración:

Se deberá utilizar sistema disponible en CNR "Sistema de postulación electrónica" o el atlas o el visualizador electrónico del estudio "Cartografía de la Evapotranspiración Potencial de Chile", de la CNR (1997/2000).

3.3.2 Eficiencia de Aplicación del agua de riego:

Se obtendrá según los métodos de riego que se proyecte utilizar. Se deberán señalar los cultivos que se regarán con el proyecto, los que, para efecto de los cálculos de la demanda, deben encontrarse acorde a los métodos de riego asociados a ellos.

Tabla 1: Eficiencia de aplicación del agua según método de riego utilizado

Método de Riego	Eficiencia de Riego (%)
Californiano	65
Aspersión	75
Microjet	85
Microaspersión	85
Goteo	90

Fuente: Eficiencia de Riego en sistemas Localizados; INIA

3.4 Superficie de Riego.

Se hablará de superficie física real implementada o a implementar, por efecto de la tecnificación o mejora incorporada, por la superficie total que puede regarse en el primer año de operación del proyecto de riego, producto de esa tecnificación o mejora.

3.5 Disponibilidad de energía

Cuando se trate de proyectos de riego mecánico que empleen energía eléctrica, se deberá especificar el tipo de suministro, potencia instalada, distancia del medidor a la fuente de agua donde se instalará la electrobomba, etc.

3.6 Diseño de Riego por Aspersión.

Diseño Agronómico:

El diseño agronómico representa la primera etapa del diseño de cualquier tipo de riego, con el que se determina la cantidad de agua que ha de conducir el sistema, correspondiente a las necesidades brutas de riego en las épocas de máxima demanda. Es una parte importante en un diseño de riego ya que si se cometen errores en los cálculos del diseño agronómico repercutirán posteriormente en el diseño hidráulico.

A continuación, se exponen los aspectos que se han de tener en cuenta para realizar un adecuado diseño agronómico.

Lámina neta

La lámina neta corresponde a una altura de agua que es capaz de almacenar un suelo de cierta profundidad.

En forma cuantitativa la lámina neta o capacidad de estanque del suelo se puede estimar como:

$$Hr = \frac{(CC - PMP) * Da * Pr * Cr}{100} \quad \text{Ecuación 1}$$

Hr: Lámina neta (cm).

CC: Capacidad de Campo (%)

PMP: Punto de Marchitez Permanente (%).

Da: Densidad Aparente del Suelo (gr/cm³).

Pr: Profundidad Radicular (cm).

Cr: Criterio de Riego (0 < Cr < 1). Tabla 3

Parámetros físico hídricos por textura de suelo

Tabla 2. Propiedades Físicas para Diferentes Texturas

Tipo de Suelo (textura)	Da (g/cm ³)	CC (%)	PMP (%)	Velocidad de infiltración básica (mm/h)
Arcilloso	1,1 - 1,4 (1,30)	31 - 39 (35,0)	15 - 19 (17,0)	<5
Franco Arcilloso	1,1 - 1,4 (1,25)	23 - 31 (27,0)	11 - 15 (13,0)	5-10
Franco	1,0 - 1,5 (1,25)	18 - 21 (19,5)	8 - 12 (10,0)	10-20
Franco Arenoso	1,4 - 1,6 (1,50)	10 - 18 (14,0)	4 - 8 (6,0)	20-30

Arenoso	1,5 - 1,8 (1,65)	6 - 12 (9,0)	2 - 6 (4,0)	>30
---------	---------------------	-----------------	----------------	-----

Fuente: Comisión Nacional de Riego Programación del Riego, Talca, marzo de 1999

Tabla 3. Criterios de riego (Cr) y profundidad radical efectiva para diferentes cultivos

Cultivo	Cr	Profundidad radical efectiva (cm)
Alfalfa	0,65	180
Empastadas	0,65	60
Maíz	0,65	120
Papas	0,30	60

Fuente: Boletín Técnico N°1. Necesidades de agua de los cultivos. Centro del Agua para la agricultura. Chile 2012.

Evapotranspiración del Cultivo

$$ET_c = ETP * K_c \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

ET_c : Evapotranspiración del cultivo del mes de máxima demanda (mm / día)

ETp : Evapotranspiración potencial (mm/día) (Sistema de información integral de riego eSIIR).

K_c : Coeficiente de cultivo

Tabla 4. Rango de valores K_c de cultivos

Cultivo	Valor mínimo	Valor máximo
Alfalfa	0,85	1,00
Almendra	0,95	1,05
Arándano	0,60	1,00
Arroz	1,05	1,15
Avellano Europeo	0,70	0,80
Cerezo	1,00	1,25
Ciruelo	0,90	1,15
Damasco	0,80	1,15
Duraznero y Nectarino	1,00	1,15
Espárragos	1,00	1,10
Frambuesa	0,70	0,80
Granado	0,80	0,95
Kiwi	1,10	1,20
Limonero	0,60	0,80
Maíz	1,00	1,10
Manzano	1,05	1,25
Naranja	0,65	0,90
Nogal	0,90	1,10
Olivo	0,55	0,85
Palto	0,75	0,85
Papas	1,00	1,10
Peral	1,00	1,15
Pistacho	1,10	1,30
Pradera	0,90	1,05

Remolacha	1,00	1,10
Tabaco	0,95	1,10
Tomate	1,00	1,10
Vides Vinífera	0,50	0,60
Vid de mesa	0,80	1,30

Frecuencia de riego

$$FR = Hr / ETc \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde:

FR : Frecuencia de riego. (Redondear al número entero menor y recalculer *Hr*)

Hr : Lámina neta (mm). Ecuación 1

ETc: Evapotranspiración del cultivo (mm / día). Ecuación 2

Lámina Bruta a reponer

$$LB = FR * ETc / Ef \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde:

LB : Lámina Bruta a reponer (mm)

FR : Frecuencia de riego (días).

ETc: Evapotranspiración del cultivo (mm / día). Ecuación 2

Ef : Eficiencia de riego. Tabla 1

Pluviometría del sistema

$$Pls = q_{Asp} / (DH * DA) \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde:

Pls : Pluviometría del sistema (mm/h). No puede ser mayor a la velocidad de infiltración básica del suelo.

q_{Asp}: Caudal de operación del aspersor (l/h)

DH : Distancia entre laterales (m).

DA: Distancia entre aspersores (m).

Tabla 5. Distancia máxima (DA) de aspersores según velocidad del viento

Velocidad del Viento Km/h	% Diámetro mojado
0 - 17	60% = 1.2 r
18 - 31	54% = 1.08r
32 - 39	50% = r
40 o más	45% = 0.9r

Nota. La velocidad del viento se puede obtener del explorador de energía eólica de la Universidad de Chile en el siguiente link [www.http://walker.dgf.uchile.cl](http://walker.dgf.uchile.cl)

Tiempo de Riego

$$TR = LB / Pls \quad \text{Ecuación 6}$$

Donde:

TR : Tiempo de riego por postura (Hr)

LB : Lámina Bruta (mm)

Pls : Pluviometría del sistema (mm/h).

Número de posturas diarias

$$Np = HDd / (TR + Tc) \quad \text{Ecuación 7}$$

Donde:

Np : Número de posturas diarias. (Redondear al número entero menor)

HDd : Horas diarias disponibles (Hr y se sugiere 14 horas máximas con una tolerancia de +1 hora)

Tc : Tiempo de cambio (0,5 Hr)

Superficie de proyecto

$$Sup = \frac{DH * DA * Nasp * Np * FR}{10.000} \quad \text{Ecuación 8}$$

Donde:

Sup : Superficie de proyecto. (ha)

DH : Distancia entre laterales (m).

DA : Distancia entre aspersores (m).

Nasp : Número de aspersores por postura. (El caudal resultante NO puede ser mayor que el caudal disponible)

Np : Número de posturas diarias.

FR : Frecuencia de riego.

Resumen Diseño agronómico.

Cuadro 1. Resumen Diseño agronómico

Parámetros Agronómicos		
Cultivo		
Kc	TABLA 4	
CR	TABLA 3	
Textura Suelo	TABLA 2	
CC	TABLA 2	
PMP	TABLA 2	
Da	TABLA 2	
Profundidad Radicular Efectiva	TABLA 3	
Eficiencia de Aplicación	TABLA 1	
Datos de salida		
Lámina neta	Ecuación 1	
Evapotranspiración de cultivo	Ecuación 2	
Frecuencia de riego	Ecuación 3	
Lámina de Agua a Aplicar	Ecuación 4	
Pluviometría del sistema	Ecuación 5	
Tiempo de Riego por postura	Ecuación 6	
Posturas diaria	Ecuación 7	
Superficie Proyecto	Ecuación 8	

Caudal por postura	$N_p * \text{descarga aspersion}$	
--------------------	-----------------------------------	--

Cuadro 2. Datos del aspersor

Aspersor	(Marca y modelo)	
Boquilla	De acuerdo a ficha técnica	
Presión de operación	De acuerdo a ficha técnica	Bar
Radio	De acuerdo a ficha técnica	m
Descarga aspersion	De acuerdo a ficha técnica	m ³ /h

Cuadro 1 y 2 son parte de la memoria técnica y deben incluirse en plano de riego

Nota: El caudal por postura, $N_p * \text{Descarga del aspersor}$, **NO puede ser mayor que el caudal disponible.**

Diseño Hidráulico:

El diseño hidráulico consiste en determinar las dimensiones de los diferentes componentes del sistema de tal manera que funcione adecuadamente con altos niveles de uniformidad. El dimensionamiento del sistema está determinado por las condiciones de operación previstas, en función de las características de la topografía, el suelo, el viento y el cultivo.

Debe considerar todos aquellos cálculos hidráulicos que permitan dimensionar correctamente la red de distribución hidráulica y seleccionar los equipos de bombeo requeridos para un correcto funcionamiento del sistema. **No se permitirán sobredimensionamientos no justificados técnicamente.**

Para realizar un diseño adecuado es conveniente tomar en cuenta los criterios y consideraciones siguientes:

- ✓ La longitud del lateral está condicionada, entre otros factores, por la topografía del terreno.
- ✓ Para tuberías de PVC y Aluminio considerar como velocidad máxima 2.0 m/s y como velocidad mínima 0.5 m/s.
- ✓ La intensidad de aplicación del emisor debe ser menor o igual a la velocidad de infiltración básica del suelo.
- ✓ Siempre que sea posible, tratar de suministrar el agua a la terciaria en el punto más alto para compensar las pérdidas de carga con la pendiente.
- ✓ La presión de entrada debe ser tal que el aspersor que está situado en el punto más desfavorable, reciba la presión suficiente para suministrar el caudal de operación (considerando tolerancia de presiones).
- ✓ La distancia entre aspersores, el caudal que suministran y la distancia entre laterales, se determinan en función del tipo de suelo y velocidad del viento.

Memoria de cálculo.

Contendrá la descripción de los componentes básicos de los cálculos hidráulicos.

- Presión del emisor crítico.
- Pérdidas de carga por fricción en matriz y laterales (porta aspersor).
- Pérdidas de carga singulares.
- Requerimientos de presión en cabezal.

La memoria de cálculo hidráulico debe incluir:

- Características de la red de tuberías (nodos o hidrante, longitud por tramo, diámetro, material y presión nominal (PN).
- Cálculos de pérdidas de carga.
- Cuadro detalle de carga dinámica total.
- Determinación de presión requerida, presión disponible y caudal (Punto operacional).
- Selección del sistema de impulsión, donde se deberá indicar: caudal de trabajo del sistema (L/s), altura manométrica total (m.), potencia requerida (HP), marca y modelo de la bomba seleccionada, tipo de energía (eléctrica monofásica, trifásica, combustión interna, gravitacional, ERNC o una combinación de ellas).

Pérdida de Carga unitaria

$$J = \left(\frac{105190 * Q^{1,852}}{D^{4,87}} \right) * \left(\frac{150}{C} \right)^{1,852} \quad \text{Ecuación 9}$$

Donde:

J : Pérdida de carga por unidad de longitud (m/m).

Q : Caudal conducido por la tubería (m³/h).

D : Diámetro interior de la tubería (mm).

C : Coeficiente de rugosidad adimensional recomendado por el fabricante o por la autoridad competente. (Tabla 5)

Tabla 5. Coeficiente de rugosidad

Material	Valor de C
PVC y HDPE	150
Polietileno	120
Aluminio	130
Acero	140
Ly Flat	120

Pérdida de Carga en Laterales

$$H_{fl} = J * L * F \quad \text{Ecuación 10}$$

Donde:

H_{fl} : Pérdida de carga por fricción en el lateral (m)

J : Pérdida de carga por unidad de longitud (m/m) (Ecuación 9)

L : Longitud del tramo (m)

F : Factor de salidas múltiples (Ecuación 11)

Factor de salidas múltiples (F): En los laterales de riego el caudal va disminuyendo a lo largo de la tubería a medida que los aspersores van descargando el agua. En consecuencia, la pérdida de carga también disminuye por este efecto. Empíricamente, el factor de salidas múltiples se determina mediante la fórmula de Christiansen, Este factor depende del

número de aspersores y del régimen hidráulico, a través del coeficiente β , que en el caso de riego tecnificado es 1,75:

$$F = \frac{1}{1+\beta} + \frac{1}{2n} + \frac{\sqrt{\beta-1}}{6n^2} \quad \text{Ecuación 11}$$

Donde:

F : Factor de salidas múltiples

n : Número de salidas o número de aspersores funcionando simultáneamente en la línea.

Presión de entrada al lateral

$$P_{in} = P_{op} + H_{fl} \pm Z \quad \text{Ecuación 12}$$

Donde:

P_{in} : Presión de ingreso al lateral (m)

P_{op} : Presión de operación del aspersor (m) (Ficha técnica o catálogo)

H_{fl} : Pérdida de carga por fricción en el lateral (m) Ecuación 10

Z : Desnivel entre la entrada al lateral y el aspersor crítico (m)

Lateral crítico

Cuadro 3. Antecedentes para análisis lateral

Ítem	Lateral	PVC/Aluminio/ otro (especificar)	
1	C	Tabla 5	
2	N° de laterales simultáneos	Diseño agronómico y layout plano	U
3	N° aspersores en línea	layout plano	U
4	Diámetro externo	Especificación fabricante	mm
5	Espesor de tubería	Especificación fabricante	mm
6	Diámetro interno		mm
7	Caudal emisor	Especificación fabricante	m ³ /h
8	Presión Nominal emisor	Especificación fabricante	m
9	Distancia entre emisores	DA	m
10	Q lateral		m ³ /h
11	Velocidad en tubería		m/s

Cuadro 4. Análisis lateral

P_{in} (m)	P_{op} (m)	J	Longitud (m)	F	H_{fl} (m)	Desnivel del tramo (m)

Pérdida de Carga en Tubería matriz

$$H_f = J * L \quad \text{Ecuación 13}$$

Donde:

H_f : Pérdida de carga por fricción (m)

J : Pérdida de carga por unidad de longitud (m/m) **Ecuación 9**

L : Longitud del tramo (m)

Cuadro 5. Análisis tubería matriz

Diámetro exterior (mm)	Tipo de tubería	C	Espesor tubería (mm)	Caudal (m ³ /h)	Velocidad (m/s)	Longitud (m)	Pérdidas fricción (m)	Desnivel del tramo (m)

Cuadro 6. Resumen diseño hidráulico

Superficie (ha o m ²)	P _{in} (m)	H _f (m)	H _s Pérdidas singulares (m)	H _{cab} Pérdidas Cabezal (m)	ADT (m)	Caudal m ³ /h

Cuadro 3, 4 y 5 son parte de la memoria técnica, cuadro 5 debe incluirse en plano de riego.

Se acepta uso de software de diseño siempre que contengan la información necesaria para evaluar el proyecto.

Planos

Los planos deberán estar georreferenciados y se deben presentar cumpliendo las siguientes características mínimas:

- Formatos ISO (A0, A1, A2, A3 o A4).
- Impresión original en color.
- Textos en tamaño legible, acorde a la escala del plano.
- Cuadro resumen de diseño agronómico.
- Cuadro resumen de diseño hidráulico.
- Esquema de cabezal.
- Geometría de zanjas, cuando corresponda.
- Identificación en tuberías de diámetro, longitud y Presión Nominal (PN); identificando claramente los tramos y cambios de diámetros.
- Ubicación e identificación de los distintos tipos de válvulas considerados en el proyecto.
- Dibujar todos los aspersores y demarcar aquellos que correspondan a la postura crítica.
- Simbología.
- Ubicación (Coordenadas UTM en Datum WGS 84) de centro de control.
- Identificación de nodos, conexiones o hidrantes
- Detallar la fuente de agua (geometría, nivel estático y nivel dinámico para aguas subterráneas) para fuentes de agua superficial indicar nombre del álveo y dirección del flujo.
- Presentar en un solo plano, topografía y diseño.

- Curvas de nivel acotadas, a equidistancia adecuada para la lectura del plano.
- Señalar norte.
- Escala acorde al tamaño del plano.

Especificaciones Técnicas

Las Especificaciones Técnicas Generales (E.T.G) corresponden a un conjunto de disposiciones que especifican las exigencias sobre los materiales a utilizar, las pruebas de control, procedimientos y normas que deben ser respetadas al momento de la construcción de alguna obra o a la instalación de ciertos equipos. En tanto, las Especificaciones Técnicas Especiales (E.T.E) corresponden a disposiciones adicionales a las E.T.G que abarcan y definen las condiciones específicas de una obra y priman sobre las E.T.G.

En la instalación de un riego tecnificado se debe especificar el tipo de tubería, diámetro de la tubería, la clase y las longitudes, tipo y presión de los emisores, entre otros.

Con respecto a los equipos mecánicos y eléctricos que se detallen en el presupuesto, se deberán presentar catálogos o fichas técnicas legibles. Se debe indicar claramente el modelo que se requiere.

En definitiva, las especificaciones técnicas tienen por objeto certificar que lo indicado en el proyecto es lo que se instaló o construyó finalmente. Estas sirven de guía para el personal que realiza la supervisión e inspección de la obra para chequear las características técnicas de equipos y materiales.