

ANEXO
PAUTA PARA ELABORACIÓN DE PROYECTOS
RIEGO LOCALIZADO DE ALTA FRECUENCIA
RLAF

INSTITUTO DE DESARROLLO AGROPECUARIO
INDAP

MINISTERIO DE AGRICULTURA

1. DEFINICIÓN

El sistema de Riego Localizado de Alta Frecuencia (RLAF) es aquél sistema de riego que permite la aplicación del agua en una zona restringida o definida del volumen de suelo ocupado por las raíces a una frecuencia especificada.

Entre las principales ventajas cabe mencionar las siguientes:

- Ahorro entre el 40 y el 60% de agua respecto a los sistemas tradicionales de riego.
- Una adaptación más fácil en terrenos pedregosos o con fuertes pendientes.
- La posibilidad de automatizar completamente el sistema de riego, con los consiguientes ahorros en mano de obra. El control de las dosis de aplicación es más fácil y completo.
- Aumento de los rendimientos del cultivo y mejor calidad de los productos, por efecto del riego programado de acuerdo a las necesidades de las plantas y del fertirriego (aplicación de fertilizantes disueltos en el agua de riego).

Unidad de bombeo. Este elemento se instala junto a la fuente de agua (noria, estanque, canal) y suministra agua en la gama de caudales y presiones requeridos por el sistema, en cualquier punto de la red. En algunos casos, no se necesita una bomba, porque la presión generada por el desnivel topográfico es suficiente para el funcionamiento del sistema (por ejemplo, 20 metros de diferencia de cota entre un tranque y el terreno a regar).

Cabezal de control. El cabezal de control es un conjunto de elementos destinados a regular la presión, filtrar el agua antes de que llegue a las tuberías, controlar los caudales y dosificar los fertilizantes que se aplican junto con el agua de riego. En los sistemas automáticos, se incluye un programador para el control remoto de los sectores de riego, mediante electroválvulas.

Matriz principal. tubería que conduce el agua desde el cabezal hasta la(s) válvula(s) de regulación.

Terciaria. tubería alimentada desde la matriz, con presión controlable, a lo largo de la cual se distribuyen las laterales.

Línea de riego/Lateral. tubería alimentada desde la *Terciaria*, con emisores distribuidos en su longitud. Los emisores pueden estar insertados o pueden formar parte de la tubería lateral

Bloque de riego. conjunto de emisores que pertenecen sólo a una *Terciaria* de riego.

Sector de riego. conjunto conformado por uno o más bloques de riego, que funcionan en forma simultánea.

Emisores. elemento que entrega el agua desde una tubería lateral a la atmósfera, para regar el cultivo.

Conjunto de plantación. conjunto definido por las variables q , n , dh , de y L_b para cada cultivo determinado. Si estas variables cambian o existen otras diferencias relevantes como topografía, tipos de suelo, edad, exposición u otras, se tendrán dos o más conjuntos de plantación.

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 brevemente 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 y describir la calidad del agua para riego si corresponde. 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 zanjas), 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 (%)
Microjet	85
Microaspersión	85
Cinta	90
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.

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:

Evapotranspiración del Cultivo

$$ET_c = ET_0 * K_c \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

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

ET_0 : Evapotranspiración potencial (mm/día) (Sistema de información integral de riego eSIIR).

K_c : Coeficiente de cultivo.

Tabla 2. Rango de valores K_c de cultivos

Cultivo	Valor mínimo	Valor máximo
Almendro	0,95	1,05
Arándano	0,60	1,00
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
Tomate	1,00	1,10
Vides Vinífera	0,50	0,60
Vid de mesa	0,80	1,30

Lámina Bruta a reponer

$$LB = ETc / Ef \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

LB : Lámina Bruta a reponer (mm)

ETc: Evapotranspiración del cultivo (mm / día). Ecuación 1

Ef : Eficiencia de riego. Tabla 1

Ecuación del emisor

$$q = K * H^x \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde:

q : Descarga del emisor (l/h).

K: Coeficiente de descarga (adimensional)

H: Presión a la entrada (m).

Nota: Se permitirá una tolerancia de caudales de máximo 10% en la línea de riego.

Precipitación del sistema

$$Pp = (q * n) / (dh * de) \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde:

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

q: Caudal de operación del emisor (l/h)

n: Líneas por hilera

dh : Distancia entre línea de riego (m).

de: Distancia entre emisores (m).

Tiempo de Riego¹

$$TR = LB / Pp \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde:

TR : Tiempo de riego por postura (Hr)

LB : Lámina Bruta (mm). Ecuación 2

Pp : Precipitación (mm/h). Ecuación 3

¹ Para proyectos de riego manual, el tiempo de riego máximo diario será de 15 horas

Resumen Diseño agronómico.

Cuadro 1. Resumen Diseño agronómico

Sector	Bloque	Cultivo	Kc	Demanda Mm/día	Q emisor l/h	Esp. Emisor (m)	N° Lat. por hilera	Superficie	Pp (mm/h)	T. de riego (h)

Cuadro 2. Datos del Emisor

Emisor	(Marca y modelo)	
Boquilla	De acuerdo a ficha técnica	
Presión de operación	De acuerdo a ficha técnica	Bar
Radio (microaspersores, microjet)	De acuerdo a ficha técnica	m
Descarga emisor	De acuerdo a ficha técnica	l/h
K	De acuerdo a ficha técnica	
X	De acuerdo a ficha técnica	

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

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 emisor 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 emisores, 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, terciaria y laterales.
- 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 (HPo Kw), 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 3. 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 emisores 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 emisores y del régimen hidráulico, a través del coeficiente β , que en el caso de riego tecnificado INDAP 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 emisores 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		
1	C	Tabla 5	
2	Nº de laterales simultáneos	Diseño agronómico y layout plano	U
3	Nº emisores 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)

Cuadro 5. Análisis Sector

Sector	P _{in} (m)	P _{op} (m)	Longitud (m)	Q sector m3/h	N° Salidas	J	F	H _{fi} (m)	Desnivel del tramo (m)
1									
2									
.									
.									
N									

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 6. Análisis tubería matriz

Diámetro exterior (mm)	Tipo de tubería	C	Espesor tubería (mm)	Caudal (m3/h)	Velocidad (m/s)	Longitud (m)	Pérdidas fricción (m)	Desnivel del tramo (m)

Cuadro 7. 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 m3/h

Elemento	Presión de trabajo aceptada
Filtros de malla y anillas	3 – 5 m.c.a.
Filtros de arena	1 – 3 m.c.a.
Válvulas de aire	0,5 m.c.a.
Válvula de compuerta	0,5 m.c.a.
Válvula solenoide	1 m.c.a.
Válvulas de pie y retención	1 m.c.a.
Venturi	5 – 8 m.c.a.

Cuadro 3, 4, 5 y 6 son parte de la memoria técnica, cuadro 7 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 emisores 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 detallan 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.