

Jornada de Formación: Evaluación y Mejora
de Sistemas de Riego. Proyecto **GESRIEGO**

Apoyo para los proyectos piloto y para el desarrollo de
nuevos productos, prácticas, procesos y tecnologías (2019)



Evaluación y Mejora de Sistemas de Riego

Artajona, 18 de mayo de 2020

Cooperativa Agrícola
Caja Rural de Artajona



Universidad Pública
de Navarra



Comunidad General de
Regantes del Canal de Navarra





Índice

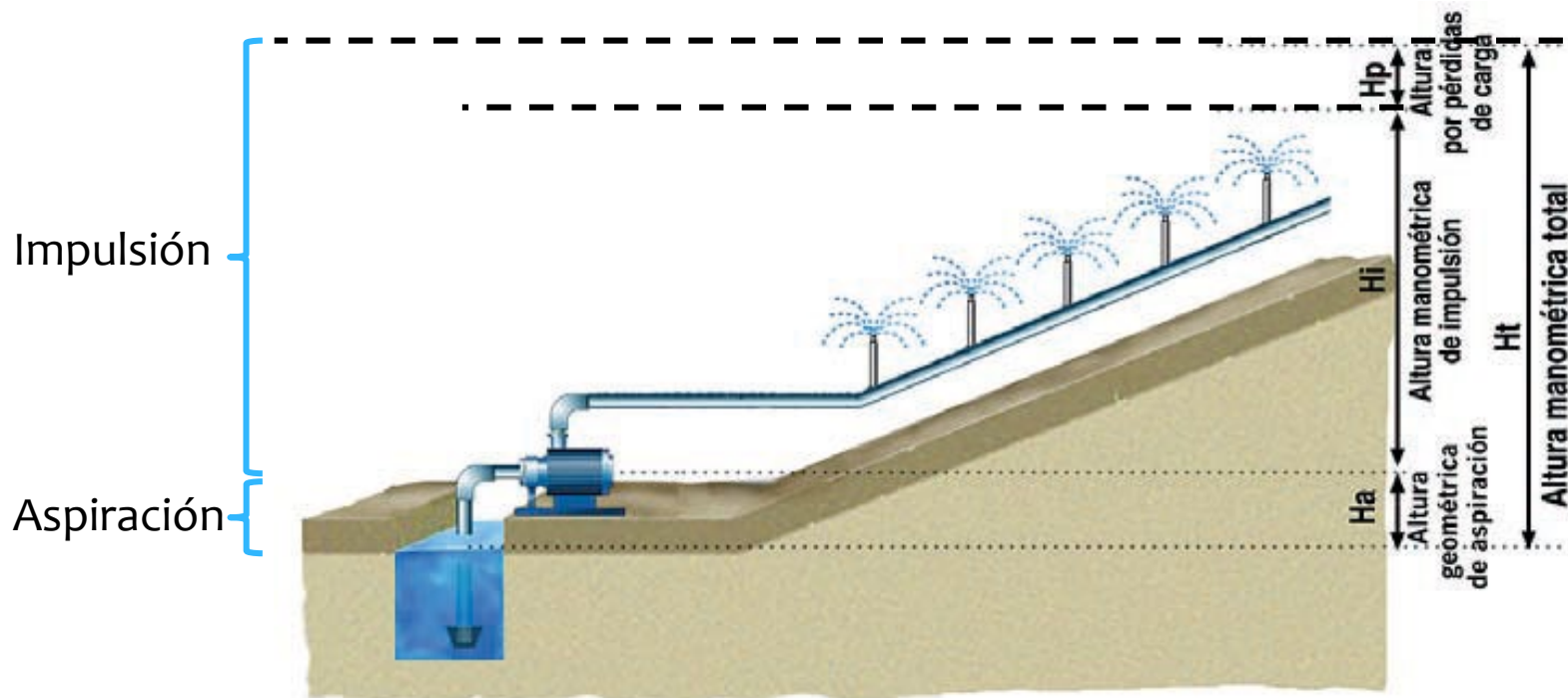
1. Conceptos Básicos
2. Criterios de Diseño
3. Evaluación de instalaciones
4. Mejora del Manejo

1. Conceptos Básicos

1.1. Hidráulica



$$1 \text{ atm} = 1 \text{ kg/cm}^2 = 10 \text{ m.c.a.} = 0.1 \text{ MPa}$$



Ecuación de la energía

$$H \text{ (m.c.a.)} = \frac{V^2}{2g} + \frac{p}{\gamma} + z$$

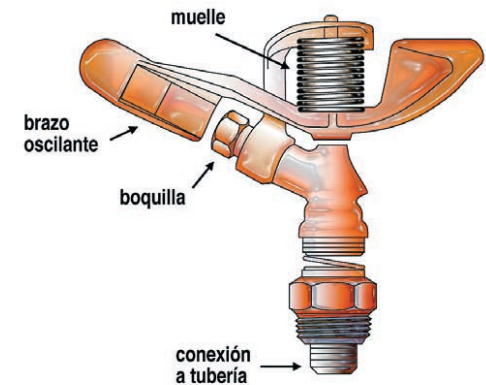
1. Conceptos Básicos

1.2. Componentes

Aspersores

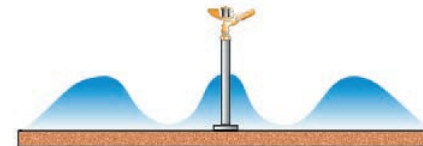
- De baja presión. $P < 2 \text{ kg/cm}^2$; $Q < 1000 \text{ l/h}$
- De media presión. $2.5 < P < 4 \text{ kg/cm}^2$; $1000 < Q < 6000 \text{ l/h}$
- De alta presión. $4 \text{ kg/cm}^2 < P$; $6000 \text{ l/h} < Q$

Distribución del Agua



$$q = f(\text{diametro boquilla}, \text{presion})$$

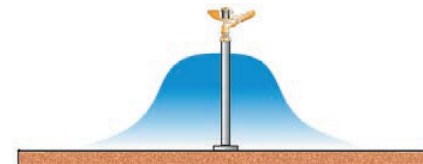
A. Presión demasiado baja



B. Presión correcta



C. Presión demasiado alta

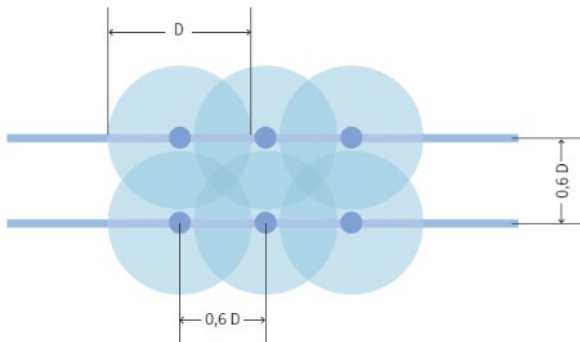
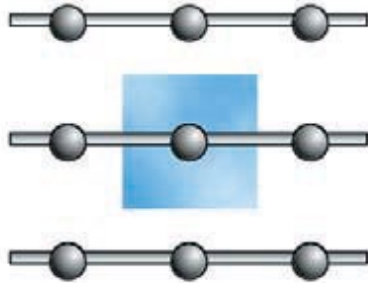


1. Conceptos Básicos

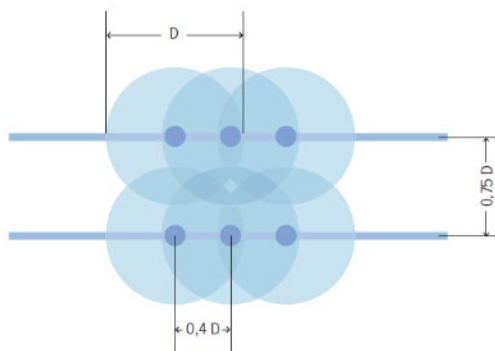
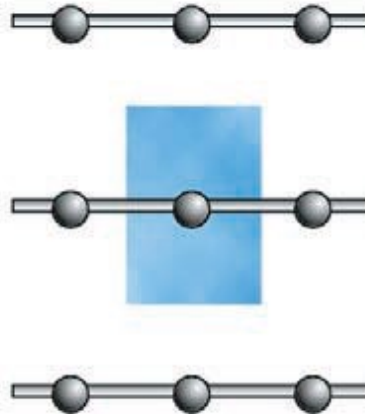
1.3. Tipos de sistemas

Marcos

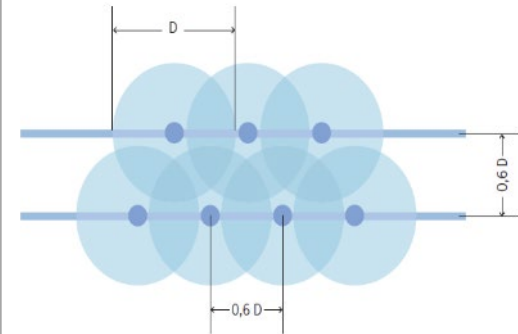
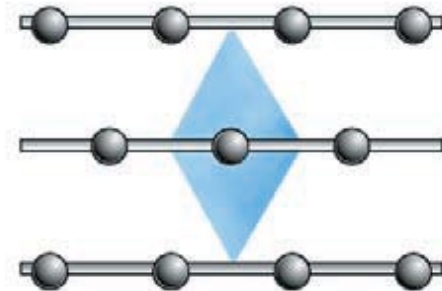
Cuadrado o real



Rectangular



Triangular o tresbolillo



1. Conceptos Básicos

1.3. Tipos de sistemas

Marcos (Navarra)

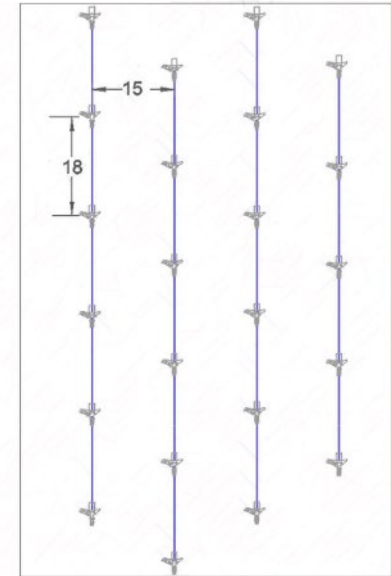
2001. Se estudia la migración del 15x18 al 18x18

- Ahorro de coste de instalación.
- Menor uniformidad de riego en 18x18.
- Ventaja mayor calle de trabajo 18m frente a 15 m.

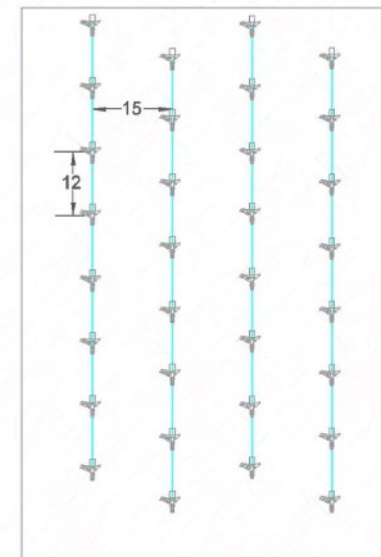
2008. Implantación marco 12x15

- Reducción presión de trabajo >11% (5 m.c.a. en boquilla)
- Pluviometría similar al marco 15x18 (6.63 l/m²)
- Buena uniformidad de riego frente a viento
- Se mantiene la calle de laboreo en 15 m
- Del 2009-2014 se han implantado 140ha

18x15



12x15



1.3. Tipos de sistemas

1. El agricultor no tiene medios para discernir la calidad de la instalación de riego en parcela.
2. La uniformidad de la parcela condiciona la eficiencia de todo el sistema.

¿Alguna pista de como debo elegir el marco?

- Actualmente se tiene a utilizar sistemas de baja presión que permitan el riego nocturno, sea fácil manejo y automatización.
- Grandes superficies, el *pivot* es el sistema que mejor se adapta.
- Parcelas pequeña o forma irregular, los mejores sistemas son los fijos.

Diferente marco en función de las orografía y necesidades energéticas.

2. Criterios de Diseño

Diseño Agronómico

- Cantidad y calidad del agua de riego
 - Cultivos a regar
 - Suelo y clima



- Necesidades de agua de riego
 - Eficiencia y uniformidad
 - Frecuencia y tiempo de riego
 - Marco de los aspersores

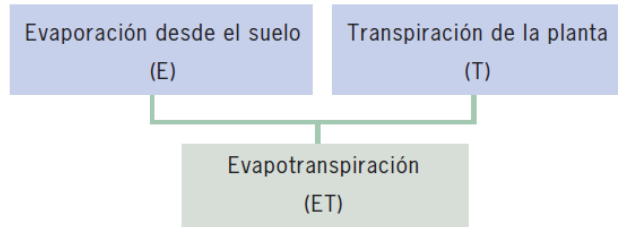
Consideraciones
económicas

Diseño Hidráulico

- Dimensión de los componentes de la instalación

2. Criterios de Diseño

2.1. Diseño Agronómico

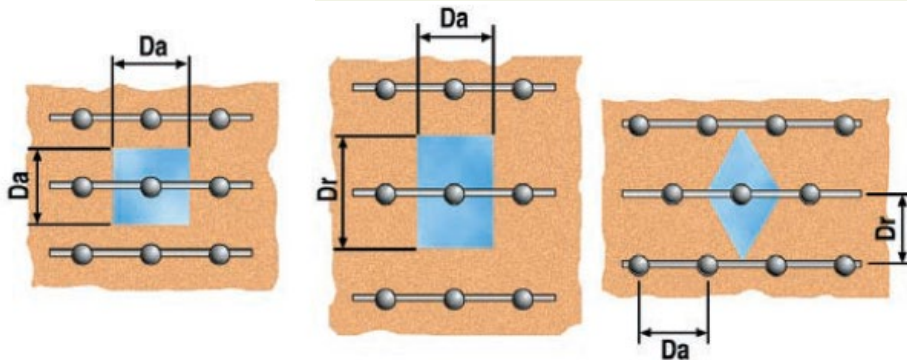


$$ET = \text{Evapotranspiración de referencia} \times \text{Coeficiente de cultivo}$$

Diagram illustrating the components of ET:

- Evapotranspiración de referencia (ET_r) → CLIMA
- Coeficiente de cultivo (K_c) → CULTIVO

$$\text{Necesidades brutas de riego} = \frac{\text{Necesidades netas de riego}}{\text{Eficiencia de aplicación}} \times 100$$



$$\text{Lluvia media (mm/h)} = \frac{\text{Caudal (litros/hora)}}{\text{Superficie (metros cuadrados)}}$$

$$\text{Tiempo de riego (horas)} = \frac{\text{Necesidades brutas de riego (milímetros)}}{\text{Lluvia media (milímetros/hora)}}$$

2.1. Diseño Agronómico

Frecuencia de riego

- Baja Frecuencia. Puede condicionar la producción
- Alta Frecuencia. Puede encarecer el coste del riego

El riego deberá de ser más frecuente:

- Cuanto menos profundo sea el suelo
- Cuanto menor sea la profundidad que alcanzan sus raíces
- Cuanto menor la capacidad del suelo para retener agua (más arenoso)
- Cuanto mayor sea la evapotranspiración (ET)
- Cuanto peor sea la calidad del agua de riego

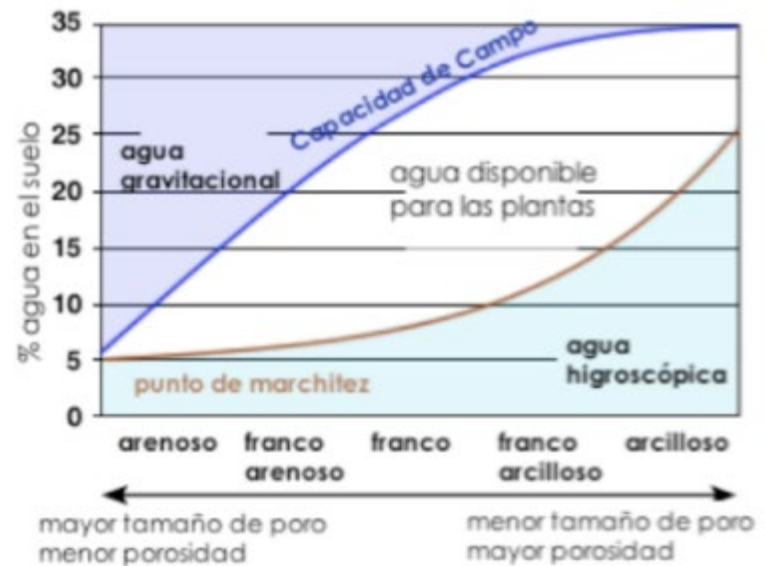
2. Criterios de Diseño

2.1. Diseño Agronómico

Infiltración

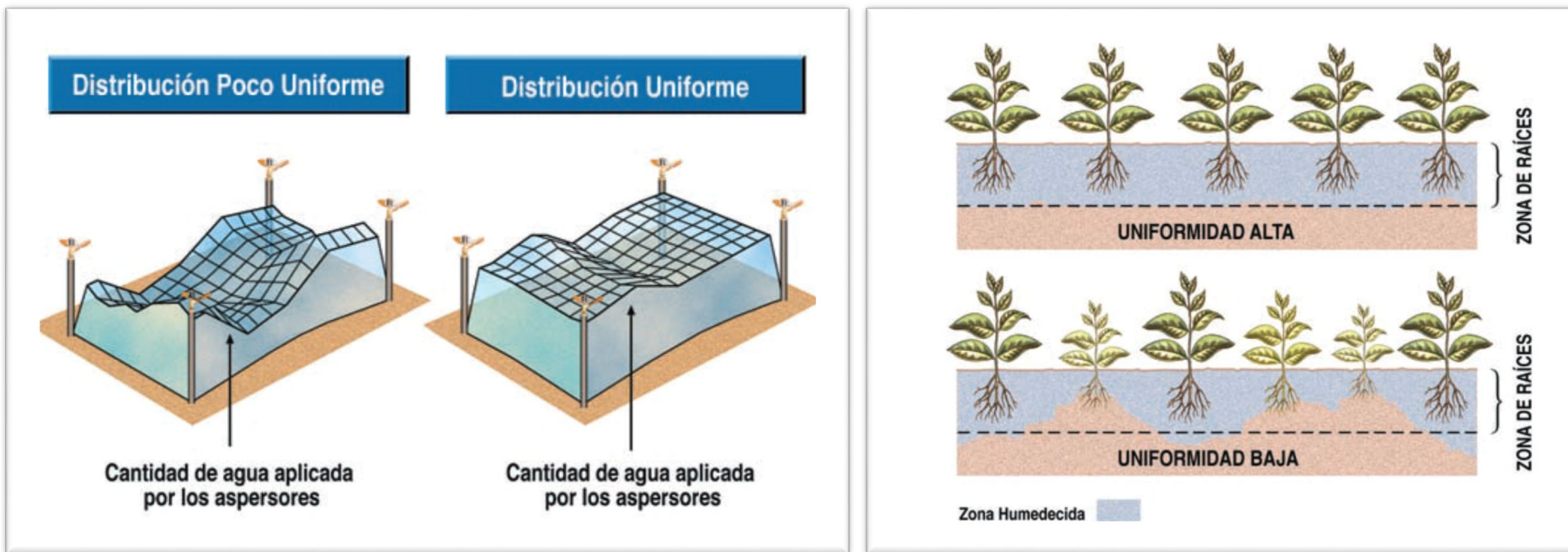
Textura del suelo	mm/h
Arcillosa	3.8
Arcillo-limosa	5.0
Franco-arcillosa	6.4
Franco-limosa	7.6
Limosa	8.0
Franca	8.9
Limo-arenosa	10.0
Areno-limosa	15.0
Franco-arenosa	16.0
Arenoso-franca	17.0
Arenosa	19.0
Arenosa-gruesa	50.0

Balance de agua



2.2. Diseño Hidráulico

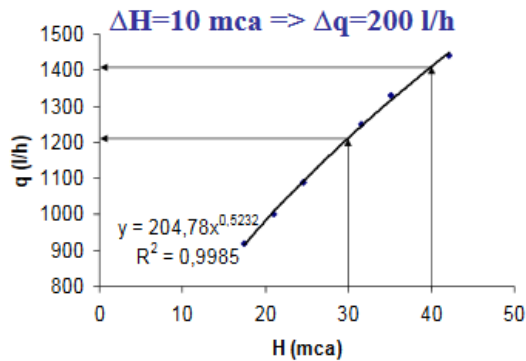
El objetivo es alcanzar una alta **uniformidad de distribución** (UD, Merriam y Keller, 1978)



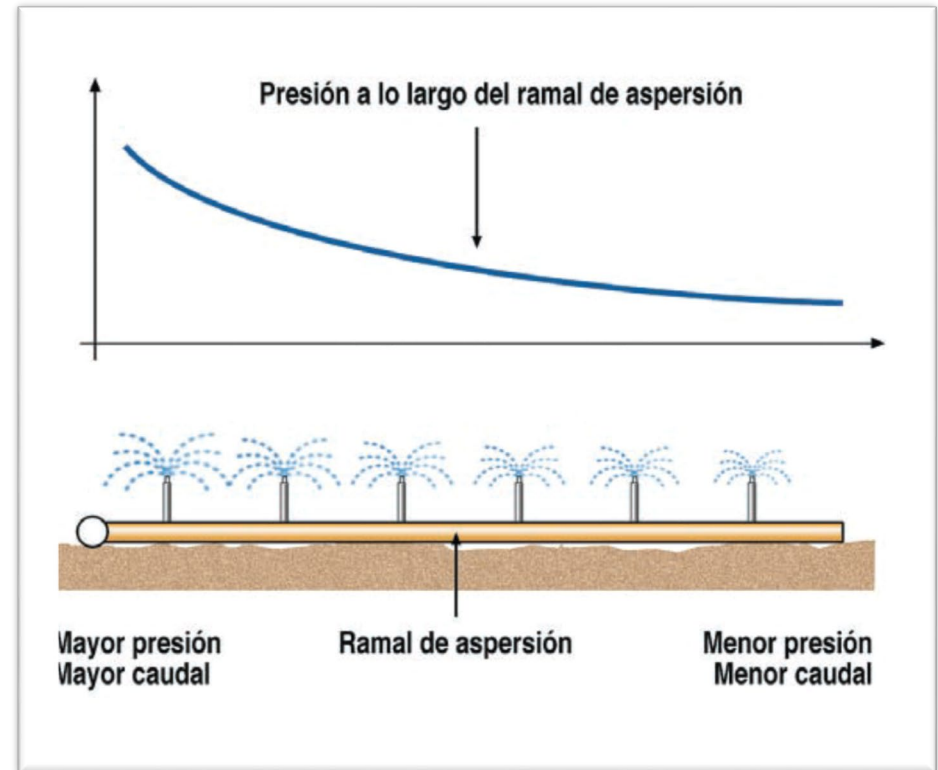
$$UD = \frac{\text{Altura media de agua infiltrada en el 25\% del área menos regada}}{\text{Altura media de agua infiltrada en la parcela}}$$

2. Criterios de Diseño

2.2. Diseño Hidráulico



$$q = K H^x$$
$$q = 205 H^{0,523}$$



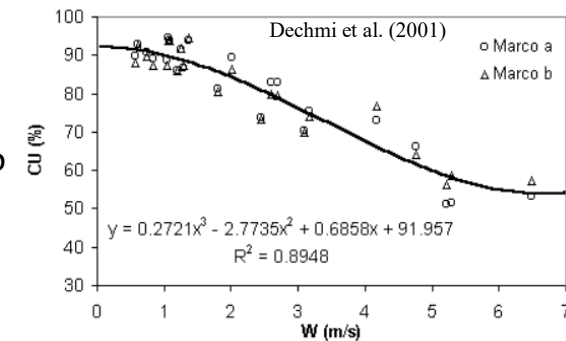
No es posible conseguir que todos los aspersores aporten el mismo caudal

2.2. Diseño Hidráulico

Coeficiente de uniformidad (CU, Christiansen, 1942)

$$CU = \left(1 - \frac{\sum |C_i - M|}{M n} \right) 100$$

C_i , cantidad de agua en cada pluviómetro
 M , valor medio de agua en los pluviómetros
 n , número total del pluviómetros



Eficiencia de descarga (Ed) o proporción de agua que llega al suelo

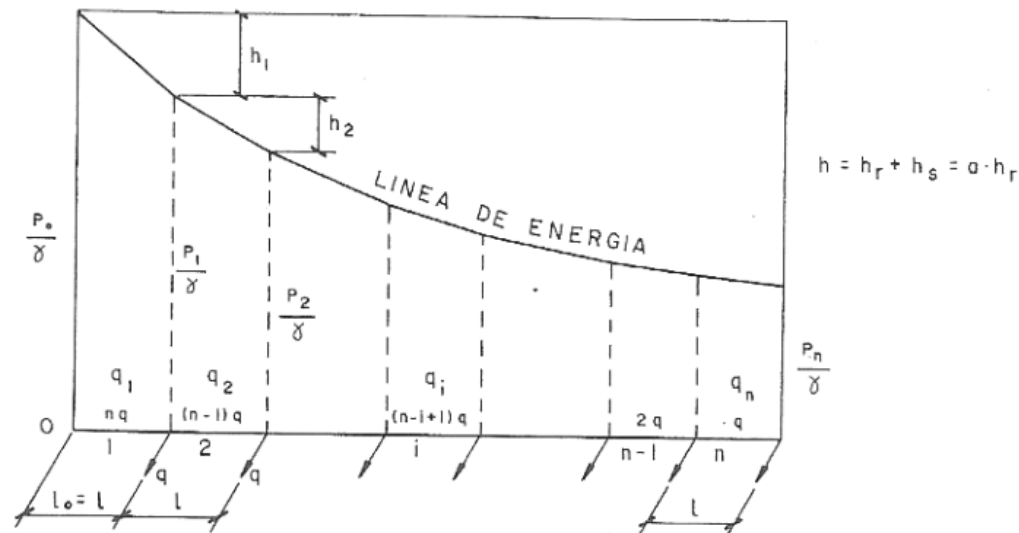
$$Ed = \frac{\text{Agua recogida por los pluviómetros}}{\text{Altura media descargada por los emisores}}$$

¿Pero como diseñamos?

2.2. Diseño Hidráulico

Condición de diseño

Variación de caudal de los aspersores < 10%



Diferencia máxima de presión del 20% (Unidad de riego o sector)

2.2. Diseño Hidráulico

Pérdidas de carga en tuberías rectas (Manning-Strickler)

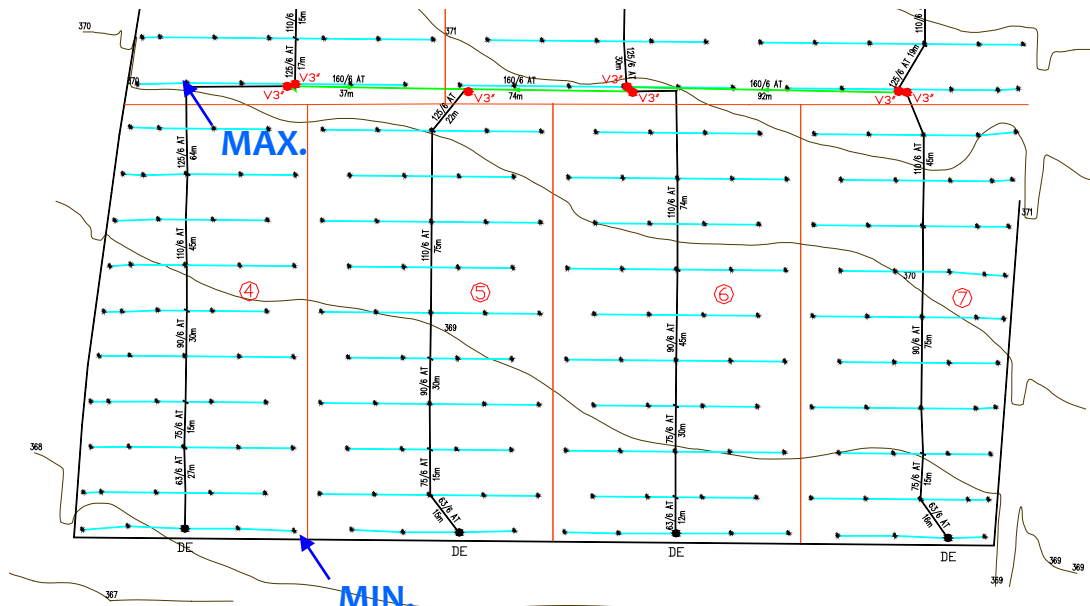
$$V(m/s) = (R^{2/3} j^{1/2}) / n$$

V (m/s), velocidad
 R (m), radio hidráulico (A/P)
 j (m/km), pérdidas de carga
 n , nº manning (pvc=0.008)

Ecuación de continuidad

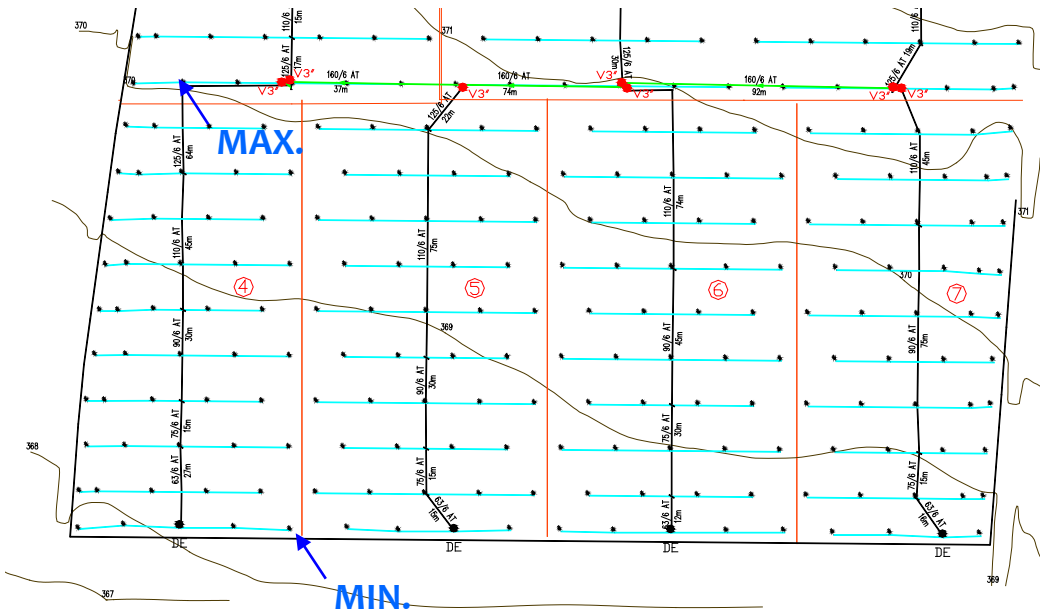
$$Q(m^3/s) = V \times A$$

V (m/s), velocidad
 A (m²), superficie

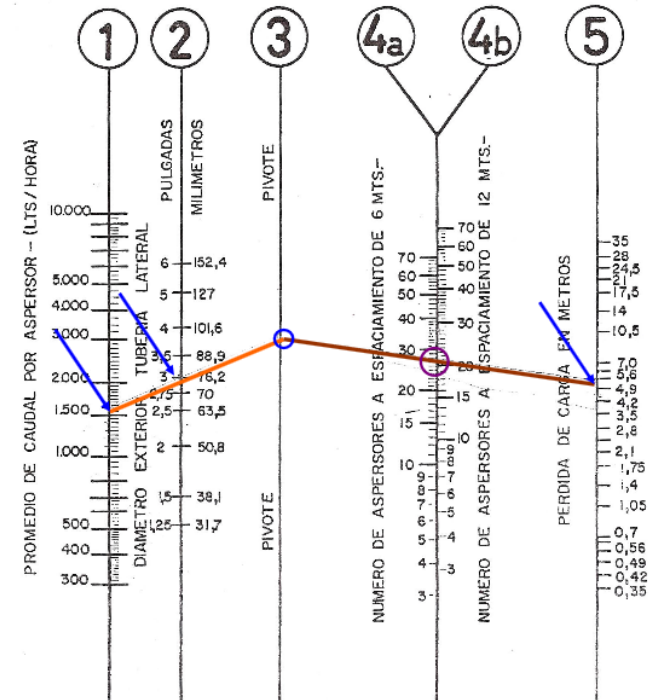


Velocidad de flujo
máxima 2 m/s

2.2. Diseño Hidráulico



Ábacos



2.2. Diseño Hidráulico

Pasos a Seguir:

1. Planificación del sistema de distribución.
2. Localización de los aspersores.
3. Determinación del número de sectores
4. Localización de las tuberías en la parcela.
5. Optimización de la tubería secundaria.
6. Establecimiento de riego uniforme.
7. Cálculo de la presión necesaria en el inicio del sector
8. Optimización de la tubería principal y cálculo de presión de salida necesaria en hidrante.

3. Evaluación de Instalaciones

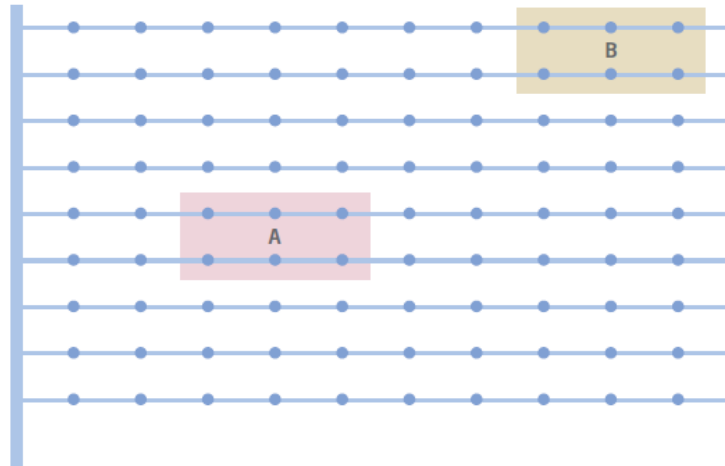
Los principales **aspectos a tener en cuenta** al realizar una evaluación son los siguientes:

- Comprobar el estado de los diferentes componentes de la instalación y si el mantenimiento es adecuado.
- Determinar los caudales reales aplicados por los aspersores a la presión de trabajo y la *lámina de agua aplicada* al campo por unidad de tiempo.
- Determinar la *uniformidad de aplicación* del agua.
- Determinar la *eficiencia de aplicación* del riego.
- Analizar los criterios seguidos por el usuario del riego para decidir la lámina de agua a aplicar.
- Detectar y analizar los problemas de funcionamiento de la instalación y plantear las soluciones más sencillas y económicas.

3. Evaluación de Instalaciones

Uniformidad de riego

Es habitual considerar que el coeficiente de uniformidad de la unidad es similar al de la zona



A

Zona representativa en cuanto a presiones medias

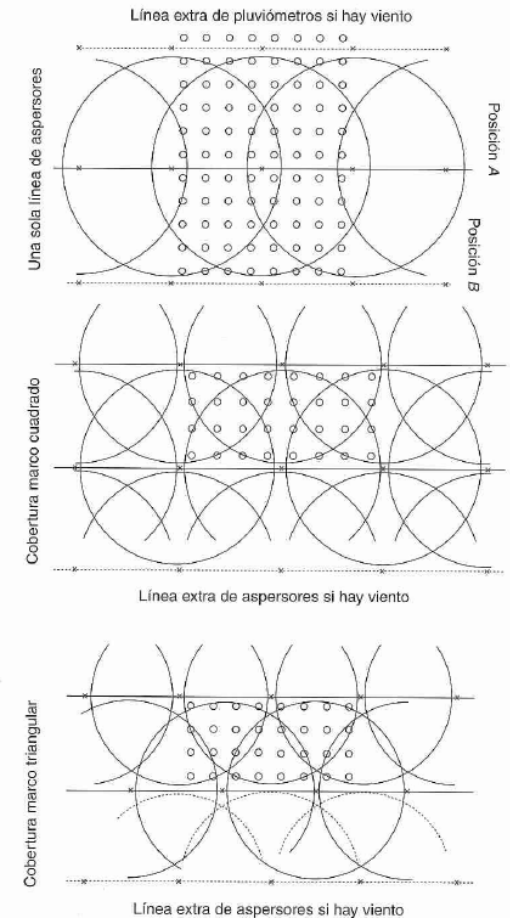
B

Zona representativa en cuanto a presiones mínimas

Ramal de aspersión

●

Aspersores



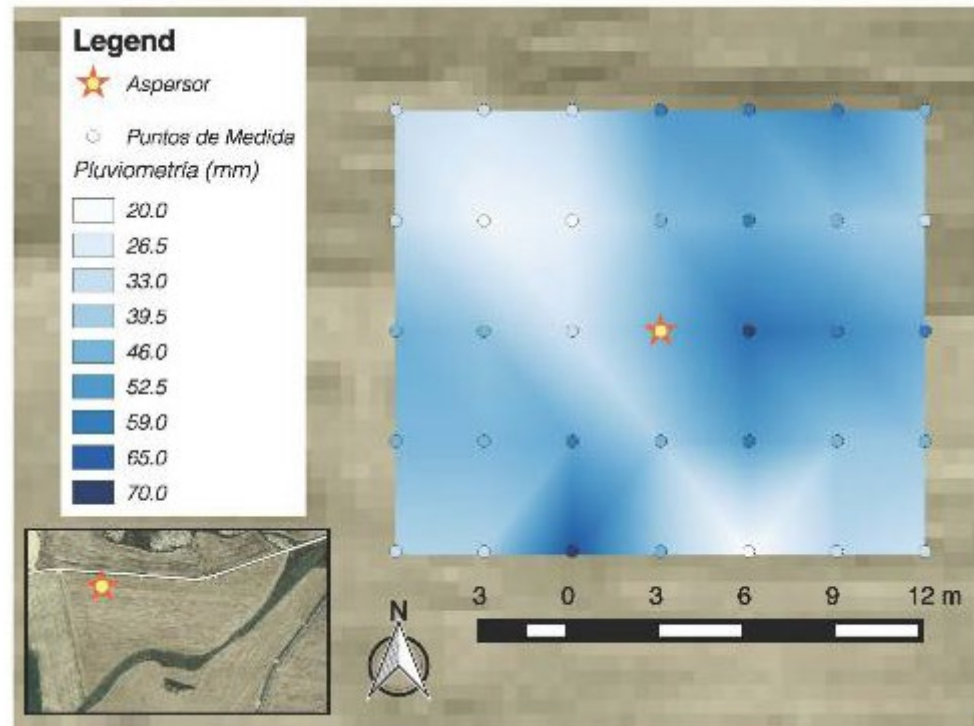
3. Evaluación de Instalaciones

Uniformidad de riego



Red de vasos pluviométricos formando una malla de 3x3 metros entre dos ramales. Como vaso podrá utilizarse cualquier recipiente que tenga al menos 12 centímetros de diámetro y bordes agudos y sin deformaciones

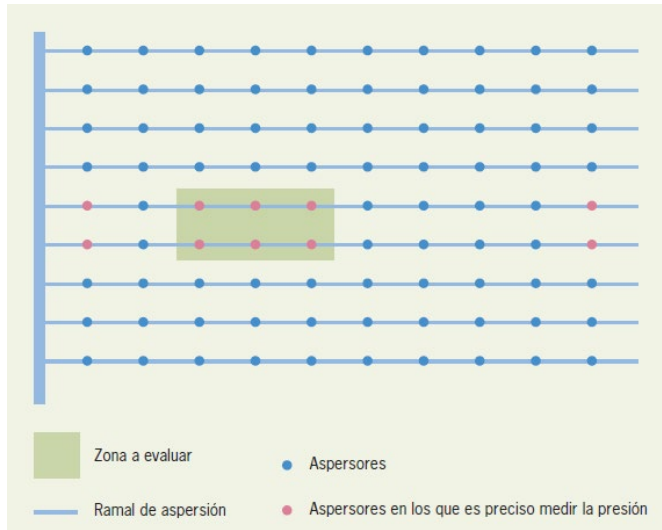
Uniformidad de riego



Red de vasos pluviométricos formando una malla de 3x3 metros entre dos ramales. Como vaso podrá utilizarse cualquier recipiente que tenga al menos 12 centímetros de diámetro y bordes agudos y sin deformaciones

3. Evaluación de Instalaciones

Uniformidad de riego



CU			
Bondad o calidad del sistema	Sistema semifijo	Sistema fijo	Sistemas de desplazamiento continuo
Mínima exigible	70%	75%	80%
Calidad media	80%	85%	85%
Alta calidad	Más de 85%	Más de 90%	Más de 90%

$$CU = CU_{\text{zona}} \times \frac{1 + 3 \times \sqrt{\frac{\text{Presión mínima}}{\text{Presión media}}}}{4} = CU_{\text{zona}} \times \frac{1 + 3 \times \sqrt{\frac{P_{\min}}{P_m}}}{4}$$

3. Evaluación de Instalaciones

Evaluación de las pérdidas por evaporación y arrastre del viento

Como valores generales para cuantificar estas pérdidas según la velocidad del viento y la humedad del ambiente y una sencillas recomendaciones:

- En situaciones de poco viento, menor de 2 metros/segundo, las pérdidas estarán en torno al 5%.
- En situaciones de viento moderado, entre 2 y 4 metros/segundo, las pérdidas estarán próximas al 10%.

Cálculo de la lámina aplicada por los aspersores:

$$\text{Caudal del aspersor (litros/minuto)} = \frac{\text{Volumen de llenado del bidón (litros)} \times 60}{\text{Tiempo en llenar el bidón (segundos)}}$$

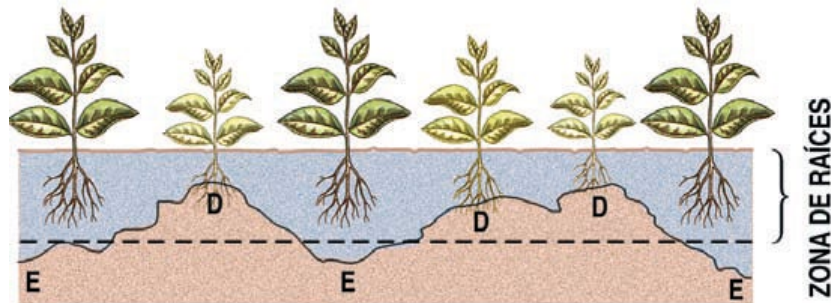
$$\text{Lámina de agua aplicada (La)} = \frac{\text{Caudal aplicado}}{\text{Superficie de la zona evaluada}} \times \text{Tiempo de evaluación}$$

$$\text{Pérdidas por evaporación y arrastre (\%)} = \frac{\text{Lámina aplicada (mm)} - \text{Lámina recogida (mm)}}{\text{Lámina aplicada (mm)}} \times 100$$

3. Evaluación de Instalaciones

Eficiencia de Aplicación Óptima del sistema de riego

Eficiencia de aplicación = 100 – filtración profunda – evaporación y arrastre



Zona Humedecida

D : zona de déficit de agua.

E : zona de exceso de agua (filtración profunda).

Filtración profunda (%)					
Déficit (%)	CU (%)				
	75	80	85	90	95
0	32	25	19	13	6
5	13	9	5	2	–
10	6	2	1	–	–
15	3	1	–	–	–
20	1	–	–	–	–

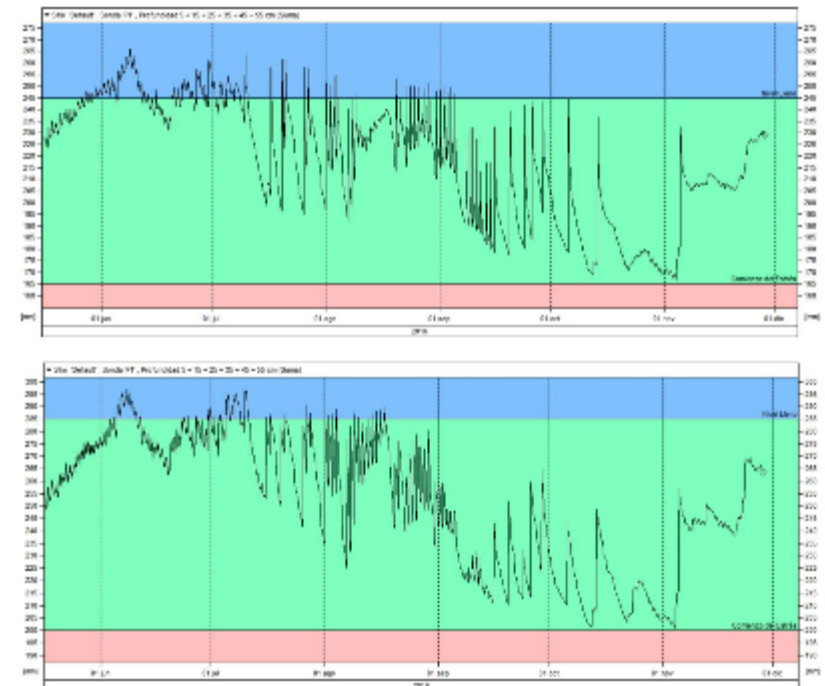
4. Mejora en el manejo

Evaluación del manejo del riego

1. Conocer la frecuencia y la duración de los riegos.
2. Comprobará si la cantidad de agua aplicada coincide o no con las necesidades brutas

Propuesta de mejoras

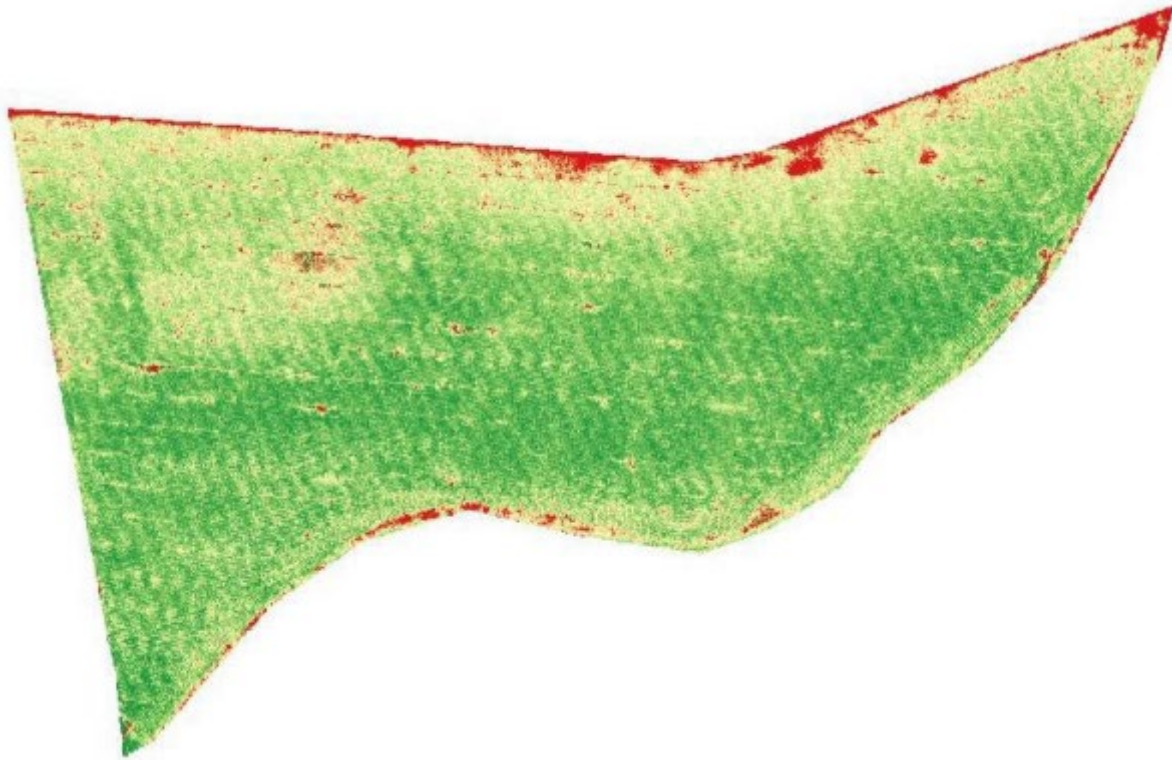
Sondas de humedad



4. Mejora en el manejo

Propuesta de mejoras

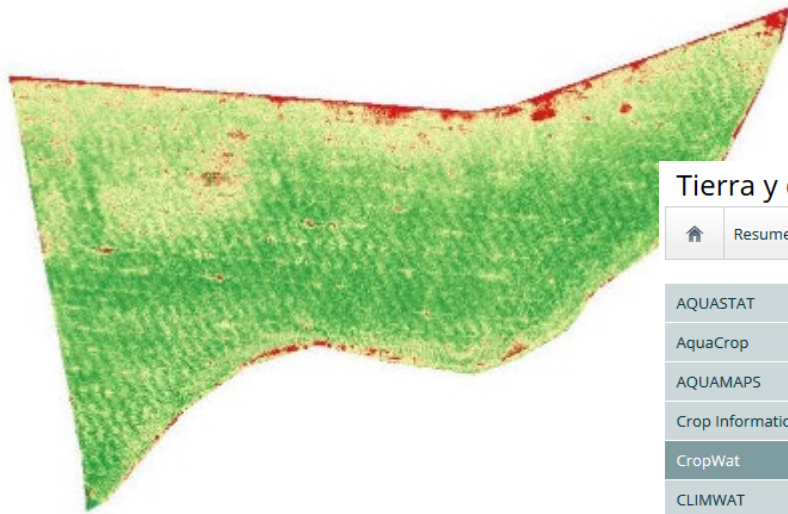
Imágenes de satélite y drones



4. Mejora en el manejo

Propuesta de mejoras

Imágenes de satélite y drones



Herramientas de apoyo: CROPWAT

Tierra y el agua

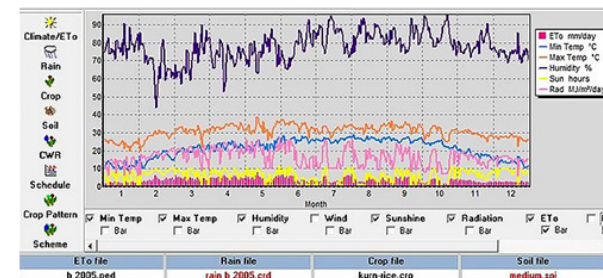
	Resumen	Agua	Tierra	Bases de datos y Softwares	Noticias	Eventos	Divulgación
--	---------	------	--------	----------------------------	----------	---------	-------------

AQUASTAT
AquaCrop
AQUAMAPS
Crop Information
CropWat
CLIMWAT
Diagnostic Tools for Investment
FAO Nile
ETo Calculator
GAEZ
GeoNetwork
GLADIS
HWSD
SoilSTAT
WaterLex

CropWat

CROPWAT is a decision support tool developed by the Land and Water Development Division of FAO.

CROPWAT 8.0 for Windows is a computer program for the calculation of crop water requirements and irrigation requirements based on soil, climate and crop data. In addition, the program allows the development of irrigation schedules for different management conditions and the calculation of scheme water supply for varying crop patterns. CROPWAT 8.0 can also be used to evaluate farmers' irrigation practices and to estimate crop performance under both rainfed and irrigated conditions.



Software

[Download CropWat 8.0](#)

See also

[Irrigation management](#)

All calculation procedures used in CROPWAT 8.0 are based on the two FAO publications of the Irrigation and Drainage Series, namely, No. 56 "Crop

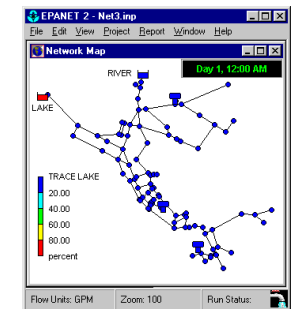
<http://www.fao.org/land-water/databases-and-software/cropwat/es/>

4. Mejora en el manejo

Propuesta de mejoras

Auditorías energéticas (Red completa)

Crucial para
la **CGRCN**



Hidráulica