

Universidad modelo

Ingeniería automotriz



Josafat Rogelio Asmitia García

Ricardo Francisco Flores Campos

Henry Gurría Montejo

Elian de Jesus Carreón Maldonado

Angel David Solís Cardounel

Sistema de riego adaptado a un sistema móvil

Temas del proyecto y su justificación

Los temas relacionados con sistemas de riego incluyen:

1. Tipos de sistemas de riego: Estudiar los diferentes métodos de riego, como el riego por goteo, el riego por aspersión, el riego por gravedad, entre otros, y comprender cuándo y cómo se utilizan mejor.

Finalidad: Saber cuál será el sistema más óptimo que utilizaremos en el proyecto.

2. Eficiencia del riego: Explorar cómo maximizar la eficiencia del riego para conservar agua y recursos, reduciendo al mismo tiempo el desperdicio.

Finalidad: Realizar el sistema con una mejor distribución de los líquidos.

3. Automatización y tecnología: Aprender sobre sistemas de riego automatizados y tecnología avanzada, como sensores de humedad del suelo.

Finalidad: Poder hacer que la herramienta haga un mejor trabajo de manera semiautomática.

5. Diseño y planificación de sistemas de riego: Comprender cómo diseñar sistemas de riego eficientes y adaptados a las necesidades específicas de las plantas y los cultivos.

Finalidad: Crear el prototipo con las medidas necesarias para que cumpla su funcionamiento y poder ahorrar material.

6. Economía del riego: Analizar los aspectos económicos de los sistemas de riego, incluyendo los costos de instalación y operación, y los beneficios en términos de rendimiento de cultivos.

Finalidad: Establecer los costos de fabricación y economizar para que el proyecto sea útil en futuros riesgos.

Fuentes de información

- Título del trabajo: Diseño de un sistema de automatización para un canal de riego

Fecha de publicación: S/F

Autor: José Alejandro Zamora Villamizar

<https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/45080/u831461.pdf>

- Título del trabajo: Riego Tecnificado sustentabilidad y desarrollo.

Fecha de publicación: 28 de noviembre de 2019

Autor: Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural

<https://www.gob.mx/agricultura/articulos/riego-tecnificado-sustentabilidad-y-desarrollo>

- Título del trabajo: Principios del diseño de sistemas de riego.

Fecha de publicación: 3 de mayo de 2023

Autor: Ing. Guy Sela

<https://cropaia.com/es/blog/sistemas-de-riego/>

- Título del trabajo: Todo lo que debes saber sobre la eficiencia del riego

Fecha de publicación: S/F

Autor: Agroptima

<https://www.agroptima.com/es/blog/eficiencia-del-riego/>

- Título del trabajo: Eficiencia de riego en sistemas localizados.

Fecha de publicación: S/F

Autor: Alejandro Autunez, David Mora, Sofía Felmer

<https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/7272/NR36474.pdf>

Fundamento teórico

Hace ocho mil años, los agricultores de Egipto descubrieron una nueva forma que les permitía aumentar la cantidad de cultivos con el aprovechamiento del desbordamiento del río Nilo. Este sistema de riego permitía atrapar las aguas crecientes mediante la construcción de diques y terraplenes a lo largo del Nilo. Estos sistemas permitieron el crecimiento y desarrollo de las primeras civilizaciones, ya que esta actividad, además de permitir el crecimiento de los cultivos, también permite el mantenimiento de paisajes, la revegetación de suelos desérticos, reduce el polvo, ayuda a criar ganado, a la gestión de aguas residuales, la minería y el drenaje.

López (2020) refiere que la agricultura ocupa el primer lugar dentro de las actividades económicas que generan un mayor consumo sobre los recursos hídricos disponibles. “La escasez de agua de calidad, desde el punto de vista agronómico, junto con una disponibilidad estacional variable y el mayor compromiso medioambiental por parte del usuario, determinan la necesidad en la mejora de la gestión del agua de riego.”

Se conoce como sistema de riego al conjunto de técnicas y estructuras que tienen como objetivo garantizar la aplicación de agua sobre un perímetro de riego y son utilizados para regar jardines o cultivos. Como menciona Angulo (2023) “existen diversos sistemas de riego completamente diferentes entre sí, ya que no todos fueron creados bajo el mismo objetivo, por lo tanto, algunos llegan a ser ineficientes.” La optimización es un concepto importante que hace referencia a llevar un control de los recursos utilizados para que los cultivos prosperen, debido a que el agua es un recurso escaso en el medio ambiente y un uso desmedido de ella puede ocasionar pérdidas en la producción agrícola.

Tipos de sistemas de riego

Existen diversas categorías que clasifican como los principales sistemas de riego, estos son conocidos como riego por goteo o riego por aspersión y el riego por superficie, como la inundación o el riego por gravedad. Estos sistemas cuentan con diferentes componentes, los cuales permiten darle diferentes aplicaciones a cada uno de ellos.

1. Riego por goteo

Este sistema de riego puede ser utilizado tanto en un jardín como en un huerto, su funcionamiento se basa en mantener el agua en condiciones de baja tensión (Imagen 1). El agua aplicada por los goteros provoca que el interior del suelo se humedezca, a esta área húmeda que se forma en el interior del suelo se le conoce como “bulbo húmedo” la cual está fuertemente condicionada por la textura del suelo. Intagri (2015) afirma que



Imagen 1 Riego por goteo.

“este sistema consigue eficiencias del 90-95% en el empleo de agua y fertilizantes, mientras que con sistemas por gravedad la eficiencia decae por debajo del 60%.”

Ventajas

Dentro de las principales ventajas de este sistema se encuentra el ahorro de agua, ya que a medida que sale la gota, esta se dirige directamente a la raíz de la planta haciendo que la pérdida de este recurso sea casi nula. Cabe mencionar que para el uso de esta herramienta no se requiere de un sistema de automatización industrial debido a que como menciona Polanco (2018) “al tratarse de un espacio pequeño el usuario tiene la capacidad de controlar la cantidad de agua que sale, o bien, puede utilizar un programador para controlar el flujo de agua.” Esto permite que se trate de un sistema de bajo consumo en cuanto a los recursos naturales que controle los nutrientes de la planta, mejorando el cultivo y desarrollo de la huerta evitando que se generen impurezas alrededor de la superficie como la maleza, con el objetivo de mantener los cultivos limpios y en orden.

Desventajas

A comparación de otros sistemas de riego, el sistema de riego por goteo puede ser más caro en cuanto a los materiales que se utilizan para su construcción y en su instalación. Además, con el tiempo puede que los goteros se tapen debido a los minerales que contiene el agua, por lo tanto, se recomienda que se les dé un correcto mantenimiento de manera constante en el que se determine si todavía son funcionales, en caso de que no lo sean deberán ser reemplazados, sin embargo, no se podrá plantar en la zona en la que se instale el sistema ya que podría sufrir daños.

2. Riego por aspersión

Este tipo de sistema consiste en la aplicación de agua al suelo simulando una lluvia, efecto que se consigue gracias a la presión en la cual el agua fluye dentro de un sistema de tuberías para posteriormente ser expulsada mediante las boquillas de un aspersor. La presión que se requiere es obtenida mediante bombas hidráulicas que tienen como función aspirar el agua desde un canal. Sin embargo, no es necesario el uso de bombas hidráulicas si la fuente de agua se encuentra más elevada que el terreno a regar. Peralta (2001).

Simpfendorfer (2011) establece los componentes que conforman a un sistema de riego por aspersión:

“La unidad de bombeo de un sistema de riego por aspersión es una instalación con equipos de elevación mecánica, cuyo objetivo es aspirar el agua desde una fuente elegida e impulsarla a la red de tuberías”

A continuación, se presenta una lista de componentes con los que debe contar la unidad de bombeo como se muestra en la imagen:

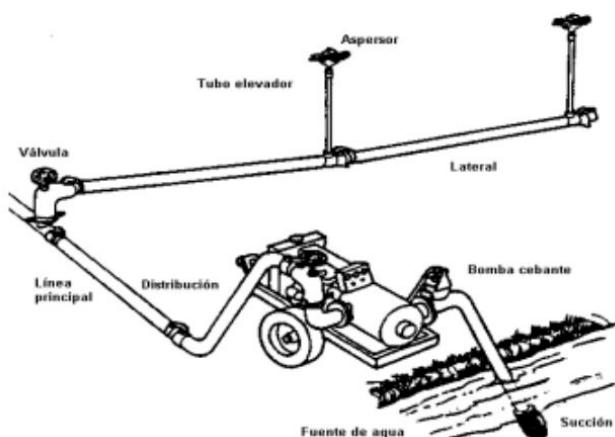


Imagen 2 Componentes de un equipo de riego por aspersión

- Camara de aspersión: Es una caja hecha de hormigón o madera que se sumerge en agua con la finalidad de mantener un nivel suficiente impidiendo el pase de aire en la aspersión mientras el equipo de bombeo está en funcionamiento.

Dependiendo de su tamaño y los materiales a utilizar, estas cajas se ubican en un lugar protegido lejos de los márgenes de los ríos, conduciendo el agua mediante una zanja que filtre las arenas y otros sólidos que el río arrastra.

- Canastillo y válvula de succión: Cuenta con una válvula check la cual se encarga de permitir el paso de agua hacia la bomba, impidiendo su retorno. Este canastillo simplemente sirve como un filtro, ya que impide la entrada de partículas que puedan dañar piezas de la bomba.
- Tubería de succión: Hecho de caucho con entramado de tela y refuerzo de espiral de acero. Es útil en la conservación de la bomba, sirve como tubería y como un amortiguador del golpe de ariete. Resiste presiones externas y siempre deben llevar espiral de refuerzo para evitar daños en la pieza.
- Motobomba: Parte principal de la unidad de bombeo conformada por el motor y la bomba. La energía mecánica producida por el motor acciona la bomba encargada de succionar el agua a través de las tuberías con una presión determinada. Esto se da gracias a la fuerza centrífuga que se genera gracias a la potencia del motor y el diseño del rodamiento.



Imagen 3 Riego por exudación

3. Riego por exudación

Sánchez (2023) menciona en su sitio que “el riego por exudación como se muestra en la imagen 3 consiste en un tubo que cuenta con diversos poros y de los cuales el agua sale de forma continua. Estos poros pueden encontrarse a lo largo de toda su superficie o bien, en un solo lado dependiendo del diseño.” Gracias a esto el

tiempo de secado de las plantas es menor y durante temporadas de calor donde la humedad ambiental disminuye obtienen esa humedad que necesitan para sobrevivir alejando a las plagas que pueden llegar a dañar el cultivo.

El esquema de instalación que utiliza este sistema es el mismo que se usa en el riego por goteo, ya que se trata de tuberías emisoras conectadas a una tubería principal de la que parten. Muñoz (2021) presenta una lista de las partes que componen a un sistema de riego como se observa en la imagen 4, por exudación y la función de cada una de ellas.

- Toma de agua y tuberías: Inicialmente se coloca un grifo o deposito el cual le permita a la manguera colocarse para que sea la distribución principal, a lo largo de este canal principal se harán agujeros donde se instalaran los collarines sobre los cuales se insertarán las tuberías de cinta exudante que saldrán en paralelo desde la tubería.

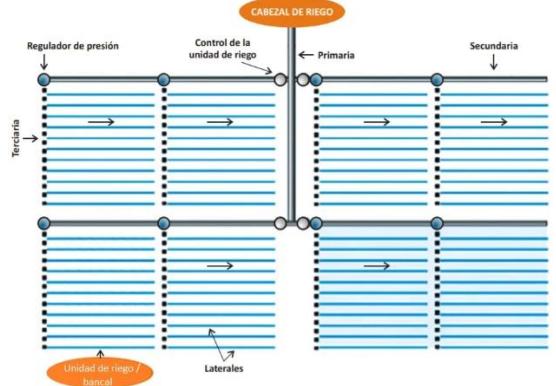


Imagen 4 Partes que componen un sistema de riego localizado

- Llave simple: Debe colocarse al comienzo de cada cinta exudante si se requiere, para que de esta manera sea más sencillo el riego en cada línea independiente, por lo tanto, en casos en los que requiera un menor consumo de agua, simplemente se deja la llave cerrada para que la cinta de esa línea de plantas no expulse agua, evitando el desperdicio de agua.
- Tapón y abrazadera: Es necesario realizar varios cortes en las tuberías ya que estas normalmente vienen en rollos de varios metros, posterior a esto se deben colocar en las distintas líneas de cultivo. Finalmente se coloca un tapón con abrazadera al final de cada línea para evitar que el agua se filtre por los extremos.

4. Riego por gravedad

El sistema de riego por gravedad como se muestra en la imagen 5, permite que el agua fluya hacia abajo desde un punto más alto hasta uno más bajo. Para utilizar la gravedad se requiere un plano inclinado en el cual se instalen tuberías y mangueras para que el agua fluya por ellas. Para que este tipo de riego pueda llevarse a cabo, el agricultor debe contar con un estaque lo

suficientemente grande en el cual se acumule toda el agua, que por medio de largos canales se dirija a los puntos de riego. Torres (2016).

El Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), informó que “en 2016 se obtuvieron 320.4 mil millones de pesos de lo cultivado bajo algún sistema de riego. Estados como Baja California Sur, Sonora y Baja California son los que más producen utilizando agua, 100, 94.6 y 88.7% de su superficie sembrada, respectivamente”.

Ventajas:

- No requiere inversión monetaria inicial.
- No puede sufrir averías.

Desventajas:

- No es posible automatizar el sistema.
- Poco eficiente debido a que genera un gran desperdicio de recursos.
- Disminuye la superficie útil de terreno disponible para cultivar, puesto que sus componentes ocupan una extensa área útil.



Imagen 5 Riego por gravedad

Eficiencia del riego.

Los recursos de agua potable están escaseando debido a aumentos en población y aumentos en la demanda de agua, comida y energía. El estado de Florida proyecta añadir 6 millones de habitantes para el 2030 (Royer and Wang 2017). Además, eventos extremos del tiempo (p.e. inundaciones y sequías) ya son fenómeno común. Por lo tanto, a medida que el agua potable escasea y las sequias son frecuentes hay más necesidad de ser eficientes en el uso de recursos hidráulicos. Ha habido importantes adelantos en tecnologías de (p.e. válvulas eléctricas, controles inteligentes, sensores de humedad de suelos, etc.) que ahorran agua (Dukes 2012). Sin embargo, la efectividad de estas tecnologías depende de varios factores como el diseño de sistemas de Diseñar equipos y sistemas de eficientes no sólo ahorran dinero, pero también ahorran agua.

Al aplicar agua a los cultivos mediante el sistema de riego por aspersión, se logra reducir las pérdidas debidas a la evaporación y la deriva provocada por el viento, lo que conlleva a una utilización más eficaz del recurso hídrico. Gracias a su capacidad para ajustar tanto la dirección como el alcance de los aspersores, este sistema permite adaptar el riego de manera específica a las necesidades individuales de cada cultivo y a las características topográficas, evitando el desperdicio de agua en zonas no productivas. La precisión en la distribución del agua no solo aumenta tanto la calidad como la cantidad de la cosecha, sino que también contribuye a la preservación de un recurso esencial en el contexto de la creciente demanda global de agua.

Por otro lado, el sistema de riego por goteo se erige como un componente fundamental en la búsqueda de una gestión sustentable y eficiente del agua en la agricultura contemporánea. Su enfoque altamente preciso y específico suministra a las plantas la cantidad exacta de agua que requieren directamente en la zona de las raíces, minimizando las pérdidas por evaporación y la escorrentía superficial. La aplicación controlada de agua facilita la optimización de la entrega de

fertilizantes y nutrientes, lo que contribuye a una administración más eficaz de los recursos agrícolas en su conjunto.

Automatización y tecnologías de sistemas de riego.

Los sistemas de riego han experimentado un notable avance a lo largo de la historia, impulsado por la necesidad de optimizar el uso del recurso hídrico y garantizar la eficiencia en la agricultura. A continuación, se presenta la evolución tecnológica y la automatización (imagen 6) que han transformado los sistemas de riego, resaltando los impactos positivos que han tenido en la productividad agrícola y la conservación del agua.

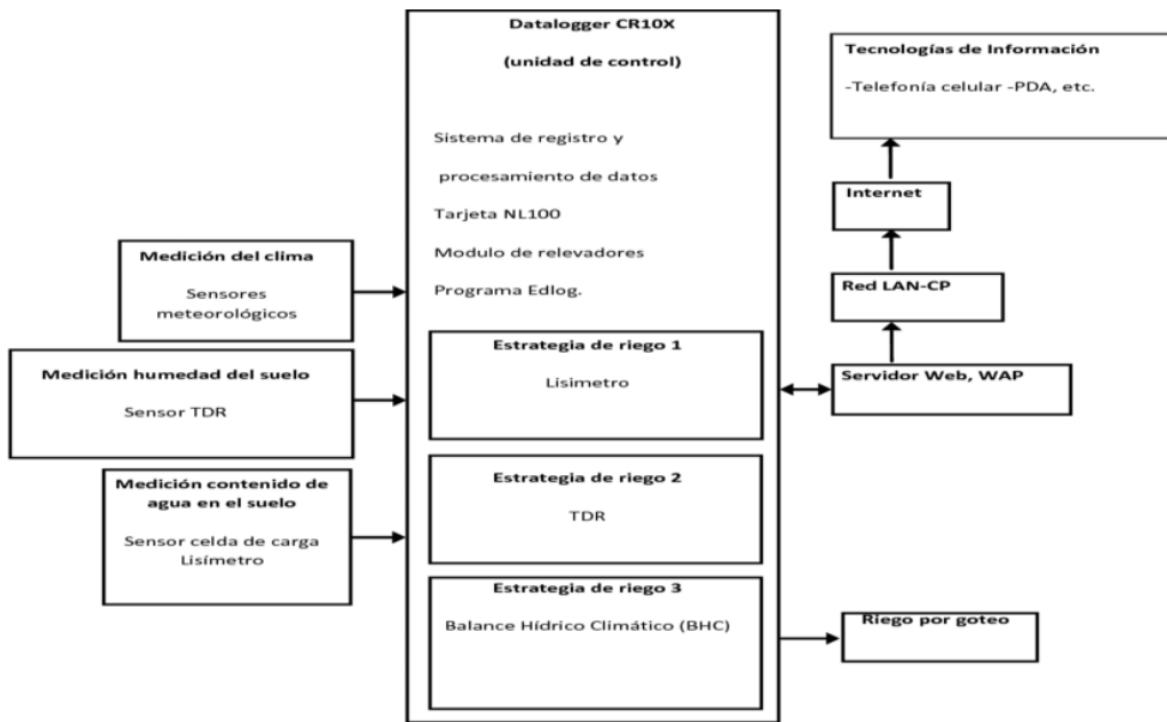


Imagen 6 Componentes de un sistema de riego automatizado.

En su desarrollo, estos sistemas han experimentado cambios significativos. Como señala Burton en su libro "Avances en Agricultura de Precisión", "la irrigación a lo largo de los años ha evolucionado desde sistemas manuales, que requerían una constante supervisión y operación humana, hasta soluciones más automatizadas que aprovechan tecnologías de control y monitoreo". Esto evidencia un importante hito en la automatización de los sistemas de riego.

Uno de los cambios tecnológicos más notables ha sido la incorporación de sensores y sistemas de control. Solís (2022), en su obra "Agricultura de precisión y redes de sensores inalámbricos, análisis de su implementación y ventajas en el ecuador ", "la integración de sensores de humedad del suelo y estaciones meteorológicas ha permitido a los agricultores monitorear las condiciones del cultivo y del entorno en tiempo real". Esta información es utilizada para ajustar de manera precisa la cantidad de agua suministrada a los cultivos, lo que ha llevado a una gestión más eficiente del recurso hídrico y a un ahorro significativo.

La automatización también ha permitido la programación y operación remota de los sistemas de riego. Como afirma Duque (2017) en su artículo "Monitoreo y control de variables ambientales mediante una red inalámbrica para agricultura de precisión en invernaderos", "los sistemas de riego modernos pueden ser controlados a través de aplicaciones móviles o plataformas en línea, lo que brinda a los agricultores la capacidad de gestionar sus sistemas desde cualquier lugar". Esto no solo reduce la necesidad de supervisión constante, sino que también garantiza una respuesta rápida a las cambiantes condiciones climáticas.

La tecnología de riego por goteo es un ejemplo destacado de automatización. Según Bustamante (2006) en su estudio "los sistemas de riego por goteo entregan agua de manera precisa directamente a las raíces de las plantas, minimizando las pérdidas por evaporación y escorrentía". Este enfoque de suministro de agua a nivel localizado no solo optimiza el uso del

recurso hídrico, sino que también permite la automatización del proceso, lo que se traduce en una gestión eficaz de la irrigación.

Diseño y planificación de los sistemas de riego.

Jiménes (2015) explica cómo se calcula y dimensiona un sistema de riego en función de los factores de la producción vegetal, el agua de riego, la topografía y los criterios técnico-económicos. El autor divide el diseño en dos etapas, las cuales son:

Diseño agronómico (imagen 7): Este se encarga de garantizar el suministro de agua con la finalidad de que logre abastecer las necesidades hídricas que requiera el cultivo con una buena técnica y frecuencia de aplicación. Cabe destacar que este diseño abarca otros puntos como son:

- El cálculo de las necesidades totales de riego.
- La determinación de la dosis de riego.
- Número de secciones y Turno de riego: Análisis de Caudal Disponible, se analiza el gasto total del sistema de riego con respecto al gasto disponible.
- Diseño hidráulico: Se debe garantizar el diseño óptimo de la red con el objetivo de cumplir con los requerimientos que surgen del diseño agronómico. Se consideran nuevos datos iniciales, como la topografía y varios parámetros opcionales que se basan en criterios técnico-económicos. Los puntos que comprende el sistema hidráulico son los siguientes:

El tiempo y la frecuencia de riego son factores que dependen del tipo y del número de emisores por planta o unidad de superficie, así como del caudal y la disposición de los mismos.

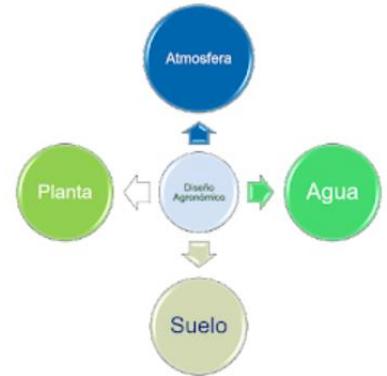


Imagen 7 Elementos para un diseño agronómico

Las dimensiones de la red de distribución (imagen 8) y su forma de operación son aspectos cruciales en el diseño de un sistema de riego. Estos elementos no solo definen los costos del sistema, sino también los costos de operación.

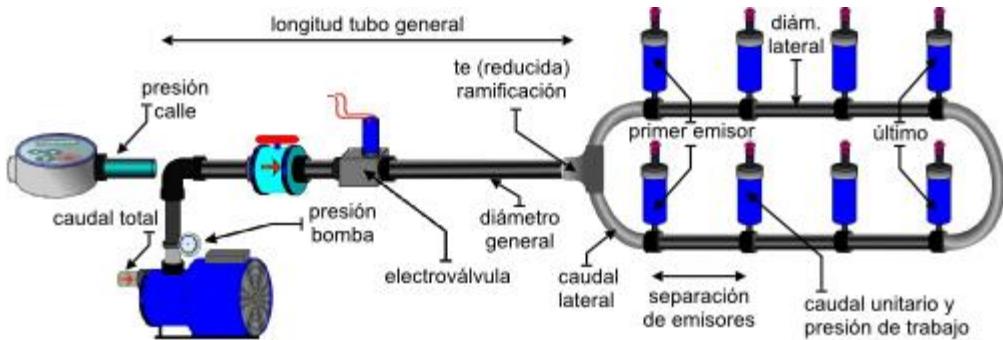


Imagen 8 Diseño e instalación de sistemas de riego.

En cuanto a los accesorios de medición y los requerimientos de filtrado, se determina el tamaño y el tipo de la bomba, así como si se requiere o no filtración. También se define el tamaño de la descarga.

El diseño electromecánico implica la determinación del tamaño y tipo de la bomba. Dependiendo de estos factores, se selecciona una subestación, un arrancador o una caja de control, se define el calibre de los cables, y se decide si se requiere o no una línea eléctrica.

En la imagen 9 se puede apreciar de manera resumida los pasos para diseñar un sistema de riego.



Imagen 9 Pasos para la construcción de un sistema de riego.

El éxito de un sistema de riego depende no solo de un diseño adecuado, sino también de una operación excelente y un mantenimiento perfecto. Es esencial que el operador del sistema se adhiera a las características de operación del diseño.

Los pasos para la instalación del sistema de riego son los siguientes:

Preinstalación: Incluye la limpieza del área, el trazo del sistema, la ubicación de los edificios, la obtención de los permisos de construcción y la apertura de las zanjas.

- Instalación de tuberías: Se realiza el relleno y compactado para minimizar los asentamientos sobre la tubería, se instalan las conexiones y se realizan los atraques.
- Instalación de válvulas: Se deben evitar las zonas de tráfico al colocarlas.

- Instalación de Emisores o Línea Lateral: Antes de la instalación de los emisores, se debe lavar la red de tuberías.
- Instalación de Bombas: Debe facilitarse el libre acceso para el servicio y la remoción.
- Prueba del Equipo de Bombeo: Se realiza una prueba para verificar su correcto funcionamiento.
- Prueba del Sistema de Riego para cada turno: Se verifica que el sistema funcione correctamente en cada turno.

Cada uno de estos pasos es crucial para garantizar que el sistema de riego funcione eficientemente y cumpla con sus objetivos previstos.

Economía del riego.

La agricultura es una parte esencial de la economía global, y la eficiencia en la gestión de los recursos es crucial para asegurar tanto la seguridad alimentaria como la sostenibilidad económica. Los sistemas de riego desempeñan un papel fundamental en este equilibrio, al permitir el control y optimización del suministro de agua a los cultivos. Este tema se enfocará en los aspectos económicos de los sistemas de riego, incluyendo los costos de instalación y operación como se observa en la imagen 10, así como los beneficios en términos de rendimiento de cultivos, respaldado por evidencia de investigaciones académicas y científicas.



Imagen 10 Costos de un controlador del sistema.

Según menciona Jacto (2022) los costos de producción en la agricultura se dividen en dos categorías: costos variables y costos fijos. Los costos variables pueden disminuir o aumentar dependiendo del nivel de producción, como los gastos en energía eléctrica. Por otro lado, los costos fijos se mantienen a largo plazo, aunque el ciclo de producción sea menor o mayor. Por ejemplo, en el caso de la energía eléctrica, es un costo fijo en un proyecto de producción de cerdos, ya que es un servicio que no tiene relación directa con el proceso de producción; y en cambio en un proyecto de engorda de pollos es un costo variable, pues la energía eléctrica es un servicio indispensable para el proceso de engorda de las aves.

En la imagen 11 se puede observar la rentabilidad de los costos agrícolas a lo largo de los años.

Elementos del costo	Papa blanca- Granola			Papa color- Diacol Capiro		
	2006 (20.000 kg/ha)	2008 (25.000 kg/ha)	2010 (27.000 kg/ha)	2006 (35.000 kg/ha)	2008 (35.000 kg/ha)	2010 (42.000 kg/ha)
Semilla certificada	4.000,00	10.000,00	8.600,00	3.500,00	8.750,00	7.525,00
Insumos	3.805,00	8.375,00	9.080,00	3.260,00	6.320,00	7.430,00
Mano de obra (sueldo o jornal)	4.550,00	10.800,00	7.500,00	4.300,00	10.380,00	7.020,00
Otros costos directos	1.465,00	7.980,00	8.580,00	1.465,00	7.980,00	8.580,00
Otros costos	2.697,80	8.782,88	10.862,60	2.613,30	7.564,88	14.667,10
Costo total (Bs.F)	16.517, 80	45.937,88	44.622,60	15.138,30	40.994,88	45.222,10
Costo unitario Bs/kg)	0,83	1,83	2,00	0,43	1,17	1,20

Imagen 11 Rentabilidad de la producción agrícola.

Es importante tener en cuenta que estos costos son fundamentales para mantener un proyecto a flote y no afectarán las líneas de planificación y funcionamiento existentes durante el proceso.

Además, estos costos son esenciales para calcular el beneficio bruto de la producción.

Los costos de producción en la agricultura son una parte esencial para mantener un proyecto en marcha. Estos costos se dividen en varias categorías:

Materia prima: Todo lo que actúa de manera directa o indirecta en el proceso de transformación y desarrollo de los cultivos agrícolas.

Mano de obra: El costo es calculado de manera proporcional según el valor del talento que los trabajadores ofrecen dentro del mercado.

Supervisión: Es fundamental contar con personal calificado para el monitoreo de las actividades.

Servicios: Compuestos por agua, vapor y energía eléctrica, representan una inversión considerable que variará según las necesidades y especificaciones del cultivo.

Mantenimiento: Comprende todo lo relacionado con el costo de materiales usados en el labrado del cultivo, mano de obra, rutinas de supervisión y reparaciones.

Suministros: Este tipo de costo está vinculado con la compra de sustancias, aceites lubricantes y reactivos químicos tales como los pesticidas agrícolas y agentes encargados del control de plagas.

En cuanto a la toma de decisiones en el cultivo agrícola, es importante tener en cuenta que existen variantes de contabilidad que plantean emplear el uso del método científico para la toma de decisiones en sectores tan complejos como el agrícola. Este planteamiento tomaría mucha más forma si el agricultor se maneja con un sistema de información completo y fundamentado en un alto estándar de calidad.

Además, es importante mencionar que existen herramientas y métodos para la planeación y toma de decisiones en agricultura y cambio climático. Estas herramientas han sido desarrolladas por diversas instituciones y han tenido experiencias exitosas de implementación en algunos países. Estas herramientas pueden contribuir a mejorar la formulación de políticas, implementación y procesos de toma de decisiones en la agricultura.

La inversión inicial en sistemas de riego puede ser significativa. Según un estudio de Cea (2003) afirma que "los sistemas de riego adecuadamente diseñados y gestionados pueden reducir significativamente las pérdidas de agua y mejorar la uniformidad de riego". La uniformidad de riego, a su vez, se traduce en una distribución equitativa de agua a lo largo de los cultivos, lo que conduce a un mayor rendimiento y calidad de los productos agrícolas.

Los sistemas de riego automatizados y la tecnología de sensores también han demostrado tener un impacto económico positivo. Según un estudio de investigación de la Universidad de California, Davis, "la incorporación de sensores y sistemas de control en sistemas de riego permite una gestión más precisa del agua y la capacidad de ajustar el riego según las necesidades específicas del cultivo". Esto no solo reduce el desperdicio de agua, sino que también disminuye los costos operativos, como el consumo energético y la mano de obra requerida.

Además, se ha observado que el riego por goteo es especialmente eficiente en términos de rendimiento de cultivos (imagen 12) y uso de recursos. Un estudio de la Universidad de Texas A&M señala que "el riego por goteo proporciona una aplicación localizada de agua directamente en la zona de las raíces de las plantas, lo que maximiza la absorción de agua y nutrientes". Esto se traduce en un mayor rendimiento por unidad de agua utilizada y, en última instancia, en beneficios económicos significativos para los agricultores.

Métodos de Riego	Eficiencia de Riego (%)
Tendido	30
Surcos	45
Californiano	65
Aspersión	75
Microjet	85
Microaspersión	85
Goteo	90

Imagen 12 Manejo de recursos hídricos.

En resumen, los sistemas de riego en la agricultura representan una inversión inicial, pero esta inversión puede generar beneficios económicos notables. La mejora en la eficiencia del uso del agua y el aumento en el rendimiento de los cultivos son resultados directos de la implementación de sistemas de riego adecuados. La investigación científica y académica respalda estos hallazgos, destacando que la gestión eficiente del agua en la agricultura es esencial no solo para la economía agrícola, sino también para la seguridad alimentaria y la sostenibilidad en un mundo cada vez más poblado y con recursos limitados.

Referencias

- Marketing. (2022, 13 mayo). *La intrincada historia de los sistemas de riego - Grupo Chamartin*. Grupo Chamartin, Recuperado desde 8 de octubre del 2023
<https://grupochamartin.com/noticias/la-intrincadahistoria-de-lossistemas-de-riego/>
- Lopez, J. M. B. (2020, 24 junio). Evolución histórica y nuevas tendencias en la práctica de riego. *iAgua*. Recuperado desde 8 de octubre del 2023
<https://www.iagua.es/blogs/jose-maria-buitragolopez/evolucionhistorica-y-nuevas-tendencias-practica-riego>
- Angulo, M. (2023, 28 febrero). *Tipos de sistema de riego y todas sus características (GUÍA)*. Gracias Naturaleza. Recuperado desde 8 de octubre del 2023.<https://graciasnaturaleza.com/sistema-de-riego/>
- *Sistema de riego por goteo / Intagri S.C.* (s. f.). Recuperado desde 8 de octubre del 2023
<https://www.intagri.com/articulos/aguariego/sistema-de-riego-por-goteo>
- Polanco, Y. (2019, 24 octubre). *Riego por goteo: qué es, cómo funciona, ventajas y desventajas*. homify.cl. Recuperado desde 10 de octubre del

2023.https://www.homify.cl/libros_de_ideas/5178605/riego-porgoteo-que-es-comofunciona-ventajas-y-desventajas

- Sánchez, M. (2018, 4 mayo). *¿Qué es el riego por exudación?* *Jardinería On.* Recuperado desde 15 de octubre del 2023
<https://www.jardineriaon.com/riego-por-exudacion.html>
- Muñoz, L. (2021, 3 agosto). *Cinta exudante o riego por exudación: ventajas e instalación.* AgroHuerto. Recuperado desde 15 de octubre del 2023
<https://www.agrohuerto.com/cintaexudante-en-el-huerto/>
- Sergio. (2023, 27 septiembre). *Automatización en sistemas de riego - Mundoriego.* Mundoriego. Recuperado desde 18 de octubre del 2023
<https://mundoriego.es/automatizacion-de-sistemasderiego/#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20es%20una%20automatizaci%C3%B3n%20de,el%20goteo%20como%20la%20aspersi%C3%B3n.>
- AE549/AE549: *Consejos basicos para diseñar sistemas eficientes de riego.* (s. f.). Recuperado desde 20 de octubre del 2023. <https://edis.ifas.ufl.edu/publication/AE549>

- Cuesta, B. A. T. (2022). *Agricultura de precisión y redes de sensores inalámbricos, análisis de su implementación y ventajas en el Ecuador*. Dialnet. Recuperado desde 20 de octubre del 2023.<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8590742>
- Anónimo. (s.f.). Palermo University. Recuperado desde 21 de octubre del 2023https://www.palermo.edu/ingeniería/downloads/pdf_webc&T8/8CyT12.pdf
- Etapas para el diseño e instalación de los sistemas de riego. (2015). Hidraulica Fácil. Recuperado desde 23 de octubre del 2023
https://www.hidraulicafacil.com/2015/08/DisenoRiego.html#google_vignette
- Costos de producción en los cultivos: definición, impacto en la toma de decisiones y tipos. (2022). Jacto. Recuperado desde 10 de noviembre del 2023.<https://bloglatam.jacto.com/costos-de-produccion-en-los-cultivos/>
- Portal FIRA - Agrocostos. (2023). FIRA. Recuperado desde 13 de noviembre del 2023.<https://www.fira.gob.mx/Nd/Agrocostos.jsp>