



# Diseño del sistema de Drenaje y Control de Inundaciones FACIAG

Marcos Oviedo Rodríguez  
Alvaro Pazmiño Pérez  
David Mayorga Arias  
Pedro Rodriguez Gomez

*Por ti*  
**UTB**



**Diseño del sistema de drenaje y control de inundaciones de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Técnica de Babahoyo.**



Primera edición, septiembre 2023

**Diseño del sistema de drenaje y control de inundaciones de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Técnica de Babahoyo.**

**ISBN:** 978-9942-606-30-3 (eBook)

ISBN: 978-9942-606-30-3



Editado por:

Universidad Técnica de Babahoyo  
Avenida Universitaria Km 2.5 Vía a Montalvo  
Teléfono: 052 570 368  
© Reservados todos los derechos 2020

Babahoyo, Ecuador  
[www.utb.edu.ec](http://www.utb.edu.ec)  
E-mail: [editorial@utb.edu.ec](mailto:editorial@utb.edu.ec)

Este texto ha sido sometido a un proceso de evaluación por pares externos.

Diseño y diagramación, montaje y producción editorial  
Universidad Técnica de Babahoyo

Babahoyo – Los Ríos – Ecuador

*Queda prohibida toda la reproducción de la obra o partes de la misma por cualquier medio, sin la preceptiva autorización previa.*

**Los autores:**

Ing. David Mayorga Arias, Mg.IA  
Facultad de Ciencias Agropecuarias  
Universidad Técnica de Babahoyo  
[dmayorga@utb.edu.ec](mailto:dmayorga@utb.edu.ec)

Ing. Marcos David Oviedo Rodríguez, PHD  
Facultad de Administración Finanzas e Informática  
Universidad Técnica de Babahoyo  
[moviedo@utb.edu.ec](mailto:moviedo@utb.edu.ec)

Ing. Álvaro Martín Pazmiño Pérez, MSC  
Facultad de Ciencias Agropecuarias  
Universidad Técnica de Babahoyo  
[apazmino@utb.edu.ec](mailto:apazmino@utb.edu.ec)

Arq. Pedro José Rodríguez Gómez, MSC  
Facultad de Ciencias Agropecuarias  
Universidad Técnica de Babahoyo  
[pjrodriguez@utb.edu.ec](mailto:pjrodriguez@utb.edu.ec)

## PROLOGO

El sector agrícola se enfrenta a una carga considerable de daños provocados por desastres naturales, en su mayoría de origen climático. Por lo tanto, cada año, las temporadas de lluvias se vuelven un punto crítico, con inundaciones en las zonas bajas y graduales de tierra en las áreas montañosas. Una gran parte de las precipitaciones en las regiones costeras destinadas a la agricultura nos vuelve vulnerables a inundaciones, particularmente debido a fenómenos climáticos como El Niño, que provocan un aumento en las lluvias y el caudal de los ríos. La erosión hídrica representa una serie de problemas adicionales, incluyendo la pérdida de cultivos, la acumulación de nutrientes, el azolvamiento de ríos y embalses, así como la reducción de la capacidad de drenaje. En Ecuador, el fenómeno atmosférico conocido como El Niño tiene un impacto significativo en las costas del país, caracterizándose por una mayor incidencia de lluvias intensas. Las inundaciones son una ocurrencia frecuente en estas regiones bajas y, como resultado, se ven afectadas cada año debido al desbordamiento de los ríos. El impacto social y económico de este fenómeno es considerable y prolongado, lo que subraya la importancia de contar con un sistema local de previsión y prevención de El Niño. Para abordar esta situación, la Secretaría de Gestión de Riesgos (SNGR) ha implementado un plan de contingencia específico para enfrentar el fenómeno de El Niño en Ecuador, con el objetivo de mitigar sus impactos y proteger a la población y la agricultura.

Los autores

## **FOREWORD**

The agricultural sector faces a considerable burden of damage caused by natural disasters, mostly of climate origin. Therefore, every year, the rainy seasons become a critical point, with flooding in low-lying areas and gradual land flooding in mountainous areas. Much of the rainfall in agricultural coastal regions makes us vulnerable to flooding, particularly due to climate phenomena such as El Niño, which cause an increase in rainfall and river flow. Water erosion represents a series of additional problems, including crop loss, nutrient accumulation, silting of rivers and reservoirs, as well as reduced drainage capacity. In Ecuador, the atmospheric phenomenon known as El Niño has a significant impact on the country's coasts, characterized by a greater incidence of intense rains. Floods are a frequent occurrence in these low-lying regions and as a result, they are affected every year due to overflowing rivers. The social and economic impact of this phenomenon is considerable and prolonged, which underlines the importance of having a local El Niño forecast and prevention system. To address this situation, the Risk Management Secretariat (SNGR) has implemented a specific contingency plan to face the El Niño phenomenon in Ecuador, with the aim of mitigating its impacts and protecting the population and agriculture.

# CONTENIDO

CAPÍTULO I .....	9
DRENAJE DE TIERRAS AGRÍCOLAS .....	1
Generalidades .....	1
Drenaje superficial.....	3
Drenaje subterráneo.....	3
Beneficios del drenaje agrícola .....	5
Problemas que pueden ocasionar las obras de drenaje agrícola.....	6
Diferencias entre las obras de drenaje superficial y subterráneo .....	7
Sistema de drenaje superficial.....	7
Sistema de drenaje subterráneo .....	8
Sistemas de drenaje.....	8
Constitución del suelo .....	12
Propiedades físicas del suelo relacionadas con el drenaje .....	13
Textura .....	13
Estructura .....	17
Densidad aparente .....	17
Densidad real .....	19
Porosidad .....	20
Valores pF .....	22
Diseño de drenaje superficial .....	23
Componentes del diseño de drenaje superficial.....	23
Componente agronómico.....	24
Componente hidrológico: relación lluvia -escorrentía.....	27
Componente hidráulico: diseño de los canales de drenaje .....	28
CAPÍTULO II .....	30

PROYECTO DE CONTROL DE INUNDACIONES .....	31
Información general del proyecto .....	31
Caracterización e identificación de la problemática .....	32
Descripción de la zona de intervención del proyecto .....	34
Ubicación Administrativa.....	34
Aspectos generales de la Universidad Técnica de Babahoyo.....	34
Ubicación Geográfica.....	44
Línea Base del proyecto .....	45
Descripción de la infraestructura actual .....	46
Estimación de déficit o demanda insatisfecha (oferta - demanda) .....	48
Objetivo y metas del proyecto .....	49
Concordancia del proyecto con los objetivos del plan nacional de riego y drenaje .....	49
Objetivo general.....	51
Objetivos específicos .....	51
Indicadores de resultados.....	52
Marco lógico del proyecto .....	54
Ingeniería del proyecto .....	58
Metodología.....	60
Localización del campo experimental .....	60
Presupuesto general del proyecto .....	121
Presupuesto por aportantes .....	121
Presupuesto de bombas y cárcamos .....	123
Bibliografía .....	129



# **CAPÍTULO I**

## **DRENAJE DE TIERRAS AGRÍCOLAS**

# **DRENAJE DE TIERRAS AGRÍCOLAS**

## **Generalidades**

El drenaje de tierras agrícolas en su totalidad se refiere a la acción de reducir los niveles excesivos de agua tanto en la superficie como en el perfil del suelo de manera suficientemente rápida para no afectar los rendimientos de los cultivos. Para lograr este objetivo, se emplean canales que pueden estar respaldados por sistemas subterráneos de drenaje bien diseñados. Además de eliminar el exceso de agua, un sistema de drenaje también puede desempeñar un papel secundario al eliminar las acumulaciones de sal en el suelo que resultan perjudiciales para los cultivos. Esta cuestión se vuelve relevante en regiones secas o áridas, donde la construcción de drenajes está principalmente orientada a este último propósito.

El drenaje de tierras agrícolas es un conjunto de métodos para eliminar cualquier exceso de agua y/o sales presentes en la superficie del suelo o en la zona radicular de los cultivos, con el fin de brindarles un ambiente adecuado para su desarrollo normal y mantener el suelo en condiciones favorables. (Villón, 2004).

el drenaje de tierras agrícolas es una práctica esencial en la agricultura moderna. Tiene un impacto significativo en la productividad de los cultivos y en la sostenibilidad de la agricultura en general. Aquí se exploran algunos aspectos clave desde una perspectiva más amplia:

**Sostenibilidad Agrícola:** El drenaje adecuado de las tierras agrícolas ayuda a evitar la saturación del suelo, lo que puede dañar las raíces de las plantas y reducir los rendimientos. Al garantizar una gestión adecuada del agua, se promueve la sostenibilidad a largo plazo de la agricultura, evitando la degradación del suelo y la pérdida de nutrientes.

**Resistencia al Cambio Climático:** En un contexto de cambio climático, el drenaje adecuado puede contribuir a la adaptación de la agricultura. Ayuda a mitigar los efectos de inundaciones y sequías, lo que es esencial para mantener la estabilidad de la producción agrícola en un clima cada vez más impredecible.

**Calidad del Agua:** El drenaje también puede tener un impacto en la calidad del agua. Evita la acumulación de nutrientes y productos químicos en el suelo que podrían lixiviar y contaminar fuentes de agua cercanas. Por lo tanto, un sistema de drenaje bien diseñado puede contribuir a la conservación del agua y a la protección de los recursos hídricos.

**Economía Rural:** Mejorar el drenaje puede aumentar la productividad agrícola, lo que a su vez puede tener un impacto positivo en la economía rural. Los agricultores pueden obtener mayores ingresos y, en última instancia, contribuir al desarrollo de las comunidades locales.

**Desafíos Ambientales:** Sin embargo, es importante abordar los desafíos ambientales asociados con el drenaje, como la eliminación de aguas contaminadas y la gestión de los sedimentos. El exceso de drenaje también puede contribuir a la pérdida de humedales y la degradación de ecosistemas acuáticos.

**Planificación y Diseño:** La planificación adecuada y el diseño de sistemas de drenaje son esenciales para equilibrar los beneficios agrícolas con la conservación del medio ambiente. Esto incluye considerar la topografía, la calidad del suelo y las necesidades específicas de los cultivos y las regiones.

En resumen, el drenaje de tierras agrícolas tiene un papel crucial en la agricultura moderna, impactando en la productividad, la sostenibilidad, la adaptación al cambio climático y la calidad del agua. Sin embargo, su implementación debe ser

cuidadosamente planificada y gestionada para abordar los desafíos ambientales y maximizar los beneficios económicos y agrícolas.

### **Drenaje superficial**

El drenaje superficial se refiere a la eliminación del agua que se encuentra sobre la superficie del suelo agrícola a través de una red de canales con el fin de crear condiciones favorables para los cultivos. El drenaje superficial se define como la eliminación de la acumulación excesiva de agua sobre la superficie del terreno como resultado de lluvias intensas y frecuentes, topografía muy plana y suelos poco permeables. En algunas partes de la costa ecuatoriana, donde las temporadas de sequía y lluvia son muy distintas, el drenaje superficial puede desempeñar una función adicional de controlar los niveles de sal durante la temporada de riego, siempre y cuando los canales se diseñen con este objetivo en mente (Villón, 2004).

En áreas donde los factores climáticos, las condiciones hidrológicas, las características del suelo, la topografía y la utilización de la tierra hacen que el agua permanezca inundando la superficie del suelo durante un tiempo mayor al que los cultivos pueden soportar sin tener un impacto significativo en sus rendimientos y/o sobrevivencia. Por lo tanto, se justifica la necesidad de drenaje superficial. En áreas húmedas, la recarga supera la capacidad natural de drenaje del suelo, lo que resulta en problemas de drenaje superficial recurrentes (Villón, 2004).

### **Drenaje subterráneo**

El drenaje subterráneo elimina los niveles excesivos de agua del perfil del suelo, que en términos agrícolas incluye la zona de raíces (rizósfera) de los cultivos. Esto permite una disminución del nivel de agua en ese perfil o lo que es lo mismo, una disminución del nivel freático del suelo. Esta forma de drenaje tiene dos propósitos: ayudar a las raíces de las plantas a encontrar un ambiente aireado y reducir las concentraciones de sales, lo

que permite que los cultivos se desarrollen normalmente. El drenaje subterráneo también se conoce como drenaje subsuperficial porque está diseñado para controlar la freática de la rizosfera de las plantas (Gavilánez, 2020).

El drenaje subterráneo está íntimamente ligado al nivel freático (o la freática). Por consiguiente, el nivel freático (también llamada freática o capa freática) es el límite de saturación hídrica en el perfil del suelo; de allí que sea la línea que separa la zona saturada y no saturada, cuyo espesor hídrico descansa sobre una capa impermeable (figura 1). Mientras que el nivel freático superior del agua subterránea libre, que corresponde a la presión atmosférica y no tiene correlación con la humedad, puede fluctuar con frecuencia en zonas áridas debido a un riego ineficiente o lluvias escasas. Al diseñar obras de drenaje, se considera que el flujo subterráneo en las regiones húmedas es permanente, mientras que en las áridas llega a ser inexistente. (Vázquez *et al.*, 2017).

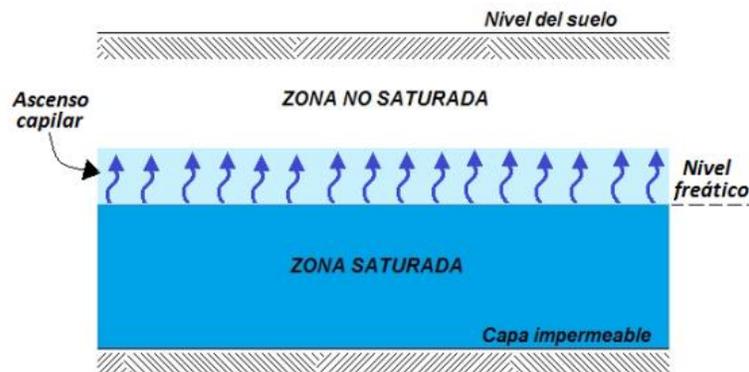
Entre la zona saturada y la zona no saturada de un suelo, existe un ascenso capilar esencialmente lento. Esto ocurre por encima de la línea del nivel freático. Esta región experimenta una humedad que está casi en saturación y ha aumentado a una presión atmosférica minúscula. La importancia de la franja capilar en el diseño de sistemas de drenaje se debe a los importantes aumentos de altura requeridos para los drenajes en suelos arcillosos. El ancho de la franja varía desde varios centímetros en suelos arenosos hasta más de un metro, particularmente en suelos de textura más fina como los arcillosos (Vázquez *et al.*, 2017).

Las obras de drenaje agrícola pueden usarse en combinación con sistemas de drenaje subterráneo (cerrados), que a menudo utilizan tuberías, o solo en forma superficial, utilizando drenes abiertos (canales) en toda la superficie de una finca. En general, se combinan estos dos sistemas de drenaje para lograr obras de evacuación de excesos hídricos más eficientes en cuanto al uso del suelo agrícola. Es importante destacar que

los drenes abiertos no solo evacúan las cantidades excesivas de agua en la superficie, sino que también drenan las aguas subsuperficiales de manera significativamente más rápida que los drenes subterráneos, lo que los convierte en la opción más conveniente en áreas extremadamente afectadas por las precipitaciones (Vázquez *et al.*, 2017).

El drenaje por bombeo es una alternativa de drenaje que no es tan común debido a los costos y a las condiciones en las que se requiere eliminar parcialmente la demasía hídrica. Dependiendo de cómo se haya diseñado, esta alternativa de drenaje puede evacuar los excesos, ya sean superficiales o subterráneos. Sin embargo, el propósito principal del drenaje por bombeo es disminuir los niveles freáticos (Gavilánez, 2020).

Figura 1. Esquema del nivel freático en un suelo.



**Fuente:** Gavilánez, 2020.

### **Beneficios del drenaje agrícola**

La extracción de los excesos de agua del suelo produce varios beneficios que van dirigidos al mismo suelo (en términos agrícolas) y al desarrollo normal de las plantas. Entre estos beneficios se mencionan los siguientes:

- Al oxigenar los poros del suelo, se evitan condiciones anaeróbicas, lo que mejora el crecimiento radicular de los cultivos, la absorción de nutrientes y la función transpiratoria, las cuales son limitadas en condiciones de saturación por la actividad de bacterias en las raíces que se pudren bajo tales condiciones.
- La aireación acelera los procesos de oxidación y descomposición de la materia orgánica del suelo. Esta aireación evita la acumulación de bicarbonatos de hierro y manganeso, así como compuestos de nitrógeno, azufre y aluminio, que en ciertas concentraciones pueden ser tóxicos para los cultivos y contribuyen a la disminución del pH del suelo, lo que provoca problemas colaterales de acidez.
- La absorción de fertilizantes por parte de las plantas aumenta, lo que aumenta la eficiencia de los fertilizantes aplicados al suelo.
- El drenaje puede contrarrestar los problemas de enfermedades de las plantas porque elimina los ambientes húmedos que favorecen la proliferación de hongos y bacterias.
- La mejora de las condiciones térmicas del suelo eleva la temperatura del suelo, lo que acelera las cosechas y la germinación de las semillas.
- Se facilita más rápidamente la entrada de maquinaria al área de cultivo para labores culturales y de cosecha (Vázquez *et al.*, 2017).

### **Problemas que pueden ocasionar las obras de drenaje agrícola**

Dependiendo del tipo de sistema de drenaje, entre los problemas frecuentes que éstos pueden ocasionar están:

- Los costos relativos de las obras de drenaje, tanto a nivel de construcción como durante el mantenimiento de los sistemas, pueden limitar su uso. Los costos más significativos para los sistemas de drenaje subterráneo se derivan de la instalación, mientras que para los sistemas de drenaje superficial, los costos más significativos se derivan del mantenimiento.
- Pérdidas de área de cultivo en caso de drenaje superficial, cuando los canales abiertos limitan la movilización de maquinaria para labores agrícolas además de reducir la superficie efectiva de cultivo.
- Los drenes abiertos pueden propiciar problemas de erosión.
- Los drenes que sirven para bajar los niveles freáticos pueden contribuir a la pérdida de nutrientes y humedad, lo que afecta el desarrollo normal de los cultivos. Además, las descargas que arrastran estos nutrientes contaminan las fuentes superficiales naturales (Vázquez et al., 2017).

### **Diferencias entre las obras de drenaje superficial y subterráneo**

Se ha demostrado que existen dos tipos diferentes de sistemas de drenaje agrícola, cada uno con sus propios beneficios y desventajas, lo que determina su elección como sistema único o combinado entre los dos. Sin embargo, existen sus principales diferencias que deben tenerse en cuenta al aplicarlos. Estas diferencias son:

#### ***Sistema de drenaje superficial***

- Relativamente, es menos costosa su instalación.
- El mantenimiento es recurrente, por acumulación de sedimentos, desmoronamiento de taludes y presencia de malezas.
- Es el sistema más eficiente si su construcción está destinada a reducir los niveles freáticos y combatir los excesos superficiales.

- Dado que la solución del suelo tiene una mayor área de desfogue, los sistemas de drenes abiertos pueden causar una mayor y más rápida pérdida de nutrientes del suelo.
- Existe una mayor erosión hídrica del suelo.
- La construcción de canales abiertos, a parte de reducir el área de cultivo, impide la rápida realización de labores agrícolas (Vázquez *et al.*, 2017).

### **Sistema de drenaje subterráneo**

- Por los materiales y obras de arte adicionales que requiere, comparativamente, su instalación es más costosa.
- El mantenimiento es menos común en los sistemas superficiales si el material envolvente (filtro) es adecuado. Además, el mantenimiento mencionado es menos costoso porque no hay el problema de las malezas.
- En áreas donde la recarga supera la capacidad de drenaje del suelo, los drenes subterráneos pierden eficacia, especialmente en áreas con arcilla compacta.
- Si se diseña adecuadamente, la pérdida de nutrientes en estos sistemas es reducida.
- Como el área no está sistematizada, la pérdida de suelo por erosión hídrica es menor.
- Debido a que los drenes se ubican bajo el suelo, no se disminuye el área de cultivo y tampoco se dificulta la realización de las labores agrícolas (Gavilánez, 2020).

### **Sistemas de drenaje**

Un sistema de drenaje consiste en una serie de canales y/o tuberías enterradas que ayudan a eliminar los excesos de agua superficial y subterránea, lo que afecta el desarrollo normal de los cultivos y también controla las concentraciones salinas nocivas indirectamente. En estos sistemas, dependiendo del contexto, se pueden encontrar:

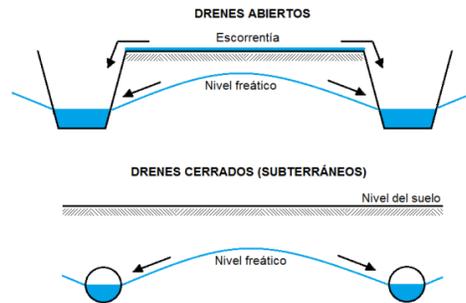
- **Drenes laterales o de parcela**, los cuales tienen la función de extraer los excesos hídricos de cada una de estas áreas.
- **Drenes terciarios o colectores de laterales**, cuya función principal es la recolección del agua que descargan los drenes laterales y transportarla a los drenes principales.
- **Drenes principales**, que tienen por misión el transporte de los excesos de agua fuera del área cultivada. No obstante, en algunos casos también pueden existir drenes secundarios que tienen la misma función (Gavilánez, 2020).

que los sistemas de drenaje terciario, secundario y hasta primario, además de realizar sus funciones de transporte, también se encargan de supervisar el nivel freático. Los drenes abiertos son un tipo de canal de drenaje que puede cumplir con dos propósitos: drenar los desechos superficiales y subterráneos si no son lo suficientemente profundos; o pueden ser diseñados solo para drenar el agua superficial, por lo que no son tan profundos. Los drenajes cerrados, que se realizan a través de tuberías, generalmente se utilizan para drenar solo el exceso de agua subsuperficial, es decir, para bajar el nivel freático. Recogen el agua a través de varios orificios que

Es importante destacar que los drenes terciarios, secundarios y hasta los primarios, además de realizar sus funciones de transporte, también realizan la labor de controlar el nivel freático. Los canales de drenaje constituyen los llamados drenes abiertos, los cuales pueden tener la doble función de drenar los excesos superficiales y los subterráneos sin ser suficientemente profundos; o solamente se diseñan con la función de drenar el agua superficial, para lo cual no son tan profundos. Mientras que los drenajes que se realizan con tuberías son los llamados drenes cerrados que generalmente se los utilizan para drenar únicamente los excesos subsuperficiales de agua, es decir, para bajar el nivel de la freática; cuya recolección de agua la realizan a través de múltiples orificios que tienen

estas tuberías. Un esquema de la explicación realizada y que distingue a estos drenes se realiza en la figura 2.

Figura 2. Drenes abiertos y cerrados.

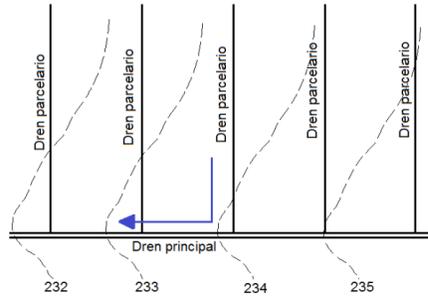


**Fuente:** Gavilánez, 2020

Los canales o drenes abiertos también cumplen con la función de reducir las concentraciones salinas de los suelos, ya que son los elementos para evacuar los excesos de agua cuando se realiza el lavado de éstos. En los drenajes abiertos el mantenimiento es uno de los factores más costosos, mientras esto es diferente en los drenes cerrados ya que la construcción resulta ser la más costosa (Gavilánez, 2020).

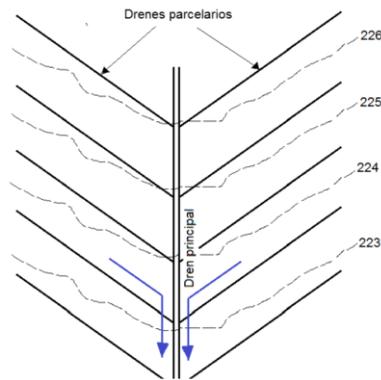
La dirección y el trazado del sistema de drenaje dependen de la topografía del terreno. Si las pendientes son uniformes, los drenes parcelarios pueden tener una dirección paralela. Sin embargo, en terrenos más irregulares, la disposición de estos drenes puede tener cualquier dirección. Las figuras 3 y 4 describen un esquema de distribución de drenes parcelarios equidistantes con una pendiente uniforme.

Figura 3. Distribución equidistante de drenes parcelarios.



**Fuente:** Gavilánez, 2020

Figura 4. Distribución equidistante de drenes parcelarios en forma de “espina de pescado”.



**Fuente:** Gavilánez, 2020

## Constitución del suelo

El suelo tiene fases sólidas, líquidas y gaseosas. Las tres fases del suelo deben coexistir equilibradamente para que las semillas germinen, las plantas crezcan, se desarrollen adecuadamente y produzcan altos rendimientos. La fase sólida, representada por las partículas del suelo; la fase líquida, representada por el agua; y la fase gaseosa, representada por el aire (Julca *et al.*, 2006).

El aire del suelo se elimina y el agua ocupa el espacio libre bajo condiciones de mal drenaje o exceso de agua. Debido a que el oxígeno es esencial para la respiración de las raíces, las plantas se ven afectadas en sus procesos esenciales en tales condiciones. El drenaje es una tecnología cuyo objetivo fundamental es reducir el exceso de agua acumulada, tanto en la superficie como en el interior del suelo, para mantener una buena aireación y actividad biológica, que son esenciales para los procesos fisiológicos de crecimiento y desarrollo radicular (Julca *et al.*, 2006).

Las sales presentes en el suelo se refieren generalmente a minerales que se encuentran disueltos en el agua. Estos minerales incluyen carbonatos, bicarbonatos, nitratos, magnesio, potasio, sodio, cloro y sulfatos, y pueden tener un impacto significativo en el crecimiento de los cultivos cuando se encuentran en concentraciones elevadas en el agua del suelo. La tolerancia de los cultivos a estas sales varía ampliamente; algunos pueden resistir altas concentraciones, mientras que otros son extremadamente sensibles a ellas.

Un desafío importante relacionado con las sales en el suelo es que la lixiviación, que es el proceso de lavado de las sales por la lluvia, es menos efectivo en regiones áridas y semiáridas. Como resultado, los problemas de salinidad tienden a ser más graves en estas áreas, ya que las sales se acumulan con el tiempo en el suelo y pueden afectar negativamente la salud de los cultivos. Este fenómeno resalta la importancia de

implementar prácticas de gestión del suelo adecuadas en estas regiones para controlar y mitigar los efectos perjudiciales de las sales en la agricultura. (Gavilánez, 2020).

## **Propiedades físicas del suelo relacionadas con el drenaje**

### ***Textura***

La textura de las partículas del suelo, que se define como un conjunto relativo de partículas de diferente tamaño, como arena, limo y arcilla, es la propiedad física más influyente en el drenaje. Dentro de las zonas húmedas, los suelos con arcillas en su mayoría enfrentan dificultades de drenaje debido a la baja velocidad de infiltración, la gran capacidad de retención de agua y la falta de aireación adecuada para los cultivos. La presencia de suelos arcillosos es un problema también en las zonas áridas porque los efectos significativos de capilaridad pueden establecer concentraciones salinas peligrosas en la rizosfera que limitan el normal desarrollo de las plantas. Esta condición es totalmente distinta en suelos altamente arenosos, en donde el drenaje implícito del suelo asegura la suficiente aireación, pero con efectos negativos como la rápida lixiviación de nutrientes del suelo (Julca *et al.*, 2006).

La identificación del tipo textural de un suelo permite tener una idea de la magnitud del problema de drenaje. Los diámetros de las partículas, que en su conjunto determinan la magnitud de los poros en donde se aloja el agua, son la base para la definición de los diferentes tipos de textura del suelo. Al respecto, considerando las clasificaciones dadas por la Sociedad Internacional de la Ciencia del Suelo y por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, por siglas en inglés), los diámetros de partícula son los que se indican en la tabla 1. En esta tabla se hace referencia a las tres principales partículas a partir de las cuales se han definido 12 clases texturales de suelo que se describen en el triángulo de texturas de la figura 5 (Gavilánez, 2020).

La mezcla en forma más o menos proporcional de arcilla, limo y arena dan origen a un tipo de textura conocida como franca; la cual es la clasificación dentro de los parámetros ideales para el riego de los cultivos, debido a las condiciones medias de los efectos que existen cuando se tienen situaciones extremas en suelos arenosos o arcillosos. La variación en el contenido de arena, limo y arcilla del suelo expresado en porcentaje a seis profundidades, de acuerdo con la cobertura, en la Provincia de Los Ríos Ecuador esta especificado en la Tabla 1 la cual se muestra a continuación

**Tabla 1.** Variación en el contenido de arena, limo y arcilla en el suelo (%) a seis profundidades, de acuerdo con la cobertura, en la Provincia de Los Ríos Ecuador.

Profundidad	MATERIA ORGÁNICA						IMO					
	B	M	C	P	PA	CV <sub>1</sub>	B	M	C	P	PA	CV <sub>1</sub>
m	%						%					
0-0,1	35	34	32	35	40 A	17 ns	14	17	16 B	16	14 C	38 ns
0,1-0,2	43	36	38	35	41 A	15 ns	10 b	17 a	15 Bab	14 ab	17 BCa	16*
0,2-0,3	32	33	34	27	28 B	18 ns	17	24	22 AB	19	32 AB	31 ns
0,3-0,4	40 a	32 ab	32 ab	35 ab	25 Bb	17*	13 b	26 ab	30 ABab	20 ab	38Aa	30*
0,4-0,5	36	32	33	32	22 B	19 ns	18	30	33 A	24	38 A	26 ns
0,5-0,6	40 a	36 ab	32ab	38 ab	20 Bb	21*	14 b		34 Aab	19 ab	45 Aa	38*
CV2 (%)	13 ns	16 ns	8 ns	16 ns	14***		21 ns	26	21***	24 ns	18***	

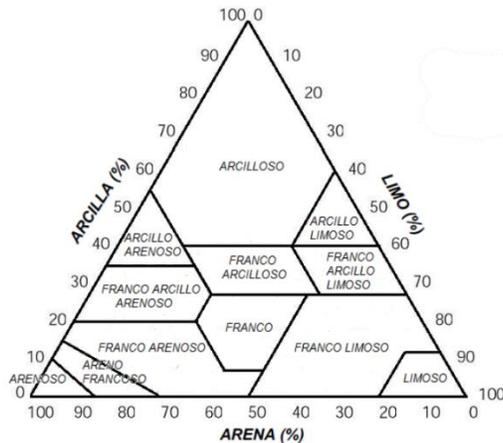
B: bosque, M: maíz, C: cacao, P: pasto, PA: palma aceitera, CV<sub>1</sub> (%): Coeficiente de variación por sistemas de uso de suelo, CV<sub>2</sub> (%): Coeficiente de variación por profundidades, ns: no significativo estadísticamente, \*: significativo al 5%, \*\*: significativo al 1%, \*\*\*: significativo al 0,1%, letras minúsculas: significancia entre sistemas de uso de suelo, letras mayúsculas: significancia entre profundidades.

**FUENTE:** (Novillo et al., 2018)

La textura se puede determinar de dos maneras: aproximadamente por medio del tacto y a través de técnicas de laboratorio basadas en la velocidad de caída de partículas que se considera bajo la ley de Stokes. En respuesta a esta ley, se puede utilizar el método de la pipeta, que consiste en tomar una muestra de la suspensión para medir la cantidad de sólidos que se han evaporada; o el método de Bouyoucos, que en esencia calcula las

proporciones utilizando la densidad de la suspensión a diferentes tiempos. Las diferentes proporciones o separados de partícula obtenidos en las evaluaciones de laboratorio deben ser ploteados en el triángulo de texturas (figura 5), de tal forma que se pueda establecer la clase textural del suelo.

Figura 5. Triángulo de texturas para clasificación física de suelos.



**Fuente:** Gavilánez, 2020

Desde el triángulo de la figura 6, las diferentes clases texturales definidas quedan establecidas de acuerdo con un rango de los diferentes componentes principales. Estos rangos de proporciones se detallan en la tabla 2, en donde además se describen las simbologías para cada clase de textura.

Las fuerzas con las que se retiene el agua aprovechable por las plantas (agua capilar) están relacionadas con los fenómenos físicos de adhesión y cohesión, cuyas magnitudes de retención dependen de la clase textural del suelo, tal como se indicará más adelante. La cohesión se basa en el mismo fluido y su succión puede ser controlada por el esfuerzo de los cultivos durante el riego o puede ser significativamente reducida por las fuerzas de

gravidad. La adherencia del agua depende del fluido, las condiciones capilares de los poros y la superficie expuesta de las partículas de suelo. Debido a que un gramo de arcilla puede exponer una superficie de aproximadamente 800,000 cm<sup>2</sup> mientras que un gramo de arena solo puede exponer una superficie de aproximadamente 227 cm<sup>2</sup>, las arcillas experimentan una fuerte adhesión del agua sobre su superficie. Por la gran retención de agua que muestran las arcillas, los problemas de drenaje están relacionados a los suelos de clases texturales arcillosas, cuyas condiciones físicas son constantes en el tiempo y sólo la incorporación de grandes volúmenes de materia orgánica podrían mejorar su escasa drenabilidad implícita (Gavilánez, 2020).

Tabla 2. Proporciones de las clases texturales y las abreviaturas correspondientes.

Clase textural	Abreviatura	Proporciones de las partículas primarias (%)		
		Arena	Limo	Arcilla
Arenoso	a	86-100	0-14	0- 10
Areno francoso	aF	70-86	0-30	0- 15
Franco arenoso	Fa	50-70	0-50	0-20
Franco	F	23-52	28-50	7-27
Franco limoso	FL	20-50	74-88	0-27
Limoso	L	0-20	88-100	0-12
Franco arcillo arenoso	FAa	45-80	0-28	20-35
Franco arcilloso	FA	20-45	15-52	27-40
Franco arcillo limoso	FAL	0-20	40-73	27-40
Arcillo arenoso	Aa	45-65	0-20	35-55
Arcillo limoso	AL	0-20	40-60	40-60
Arcilloso	A	0-45	0-40	40-100

**Fuente:** Gavilánez, 2020

## **Estructura**

La estructura de un suelo se refiere a la forma en que se agrupan las partículas fundamentales de arena, limo y arcilla para formar agregados o terrones. La falta de este tiene un impacto en los problemas de drenaje, ya que disminuye la permeabilidad y la infiltración en suelos que han sido destruidos por el laboreo excesivo o por la presencia de sodio, el cual dispersa las partículas al homogeneizar la capa arable. La falta de estructura se evidencia en los suelos aluviales jóvenes, donde las arcillas ocupan los espacios porosos, lo que dificulta las operaciones de drenaje (Julca *et al.*, 2006).

## **Densidad aparente**

La densidad aparente ( $d_a$ ) es la proporción entre el peso de una muestra de suelo seco y su volumen ocupado, incluyendo su espacio poroso. Por lo tanto, es fundamental no perturbar la densidad aparente al extraerla. La densidad aparente, al igual que la textura, es un indicativo de la capacidad de drenaje de un suelo. La textura, la estructura y los contenidos de materia orgánica están estrechamente relacionados. Su valor nos da una idea de la porosidad y la capacidad de infiltración de un suelo (Julca *et al.*, 2006).

Debido a la textura del suelo, la unión de partículas en suelos arenosos deja espacios o poros relativamente grandes, pero en menor cantidad que en suelos con textura arcillosa. Un suelo de textura arcillosa generalmente tiene una menor densidad aparente que un suelo arenoso debido a la gran diferencia en la cantidad de poros entre los extremos de la textura. Los valores de densidad aparente de un suelo arenoso pueden ser de alrededor de  $1.0 \text{ g/cm}^3$  y  $1.6 \text{ g/cm}^3$ , respectivamente. Dado que los suelos con predominancia de partículas más finas como las arcillas tienen una mayor porosidad, pero no precisamente una mayor capacidad de drenaje, esta situación puede dar una idea errónea de la capacidad de drenaje (Julca *et al.*, 2006).

Las fuerzas de retención hídrica en los suelos arcillosos son mayores con respecto a los suelos arenosos, en donde la microporosidad es menor debido a que las fuerzas de adhesión entre el fluido y las arcillas son de mayor magnitud que las que ocurren con las partículas arenosas. En la tabla 3 se indican referencialmente los rangos de densidad aparente, tanto para los extremos texturales como para la condición media de los suelos agrícolas.

Tabla 1. Valores del peso específico aparente para tres texturas básicas de suelo.

<b>Textura</b>	<b>Densidad aparente (g/cm<sup>3</sup>)</b>
Arenoso	1.51 - 1.70
Franco	1.31 - 1.50
Arcilloso	1.00-1.30

**Fuente:** Gavilánez, 2020

El uso de un cilindro de 6 cm de diámetro y 4 cm de altura es un método tradicional para medir la densidad aparente de un suelo. Estos cilindros de metal se introducen fácilmente en el suelo porque tienen un filo biselado. Para calcular la densidad aparente, se elige el lugar del campo agrícola donde se extraerá la muestra. Se considerarán al menos tres replicaciones dentro de un área de 5 ha, siempre que el suelo y la vegetación existentes sean uniformes. Para garantizar que la muestra contenga inalteradamente sus espacios porosos, la introducción de los cilindros debe realizarse con extrema precaución. Una vez obtenida la muestra, ésta es disecada en la estufa de un laboratorio durante 24 horas a una temperatura de 105°C. Luego la muestra es pesada y relacionada con el volumen del cilindro muestreador, mediante la expresión siguiente:

$$da = P_{seco} / V$$

Donde:

$da$ : densidad aparente ( $\text{g/cm}^3$ ,  $\text{kg/m}^3$  o  $\text{t/m}^3$ )

$P_{seco}$ : peso seco de la muestra (g, kg o t)

$V$ : volumen ( $\text{cm}^3$ ,  $\text{dm}^3$  o  $\text{m}^3$ )

La densidad aparente cambia con el tiempo. El uso de maquinaria compacta el suelo y destruye su estructura, lo que aumenta la  $da$  y disminuye la infiltración, lo que finalmente reduce la capacidad natural de drenaje del suelo (Gavilánez, 2020).

### **Densidad real**

La densidad real ( $dr$ ), o también llamada densidad de partícula, es la relación entre el peso seco de una muestra de suelo, excluyendo su porosidad (sólo peso de la partícula), y el volumen ocupado por dicha muestra. Por lo tanto, en su determinación ya no se requiere que la muestra sea inalterada, que conserve su estructura ni tampoco su porosidad. Su determinación se realiza en laboratorio bajo el método del picnómetro. La expresión que define esta propiedad física es:

$$dr = P_{seco} / V_s$$

Donde:

$dr$ : densidad real ( $\text{g/cm}^3$ ,  $\text{kg/m}^3$  o  $\text{t/m}^3$ )

*P<sub>seco</sub>*: peso seco de la muestra (g, kg o t)

*V<sub>s</sub>*: volumen de partícula sólida con exclusión del espacio poroso (cm<sup>3</sup>, dm<sup>3</sup> o m<sup>3</sup>)

La aplicación del picnómetro para determinar la densidad real de un suelo se basa en el método de Arquímedes para definir volúmenes de cuerpos irregulares. Para sólidos, uno de estos frascos (picnómetros) de volúmenes conocidos se llena de agua, se pesa y se vacía. Después, dentro del picnómetro, cuyo peso se ha calculado previamente, se introduce una muestra de suelo seco (triturado, tamizado y seco durante 24 horas a 105°C), y el volumen conocido del frasco se completa con agua y se pesa nuevamente. El volumen de agua desplazado por la muestra de suelo, que se relaciona con el peso de la muestra de suelo seco se determinará mediante este proceso. Se espera que la balanza utilizada en estos procedimientos sea de precisión (Gavilánez, 2020).

La densidad real de los suelos tiene escasa variación entre texturas, salvo que exista un alto contenido de materia orgánica, además de ser una propiedad que sustancialmente no cambia con el tiempo dado que no considera el espacio poroso de los mismos. En circunstancias comunes, los valores de la densidad real tienen una variación mínima y se ubican entre 2.6 – 2.7 g/cm<sup>3</sup>, de allí que se considere para los cálculos físicos el valor de 2.65 g/cm<sup>3</sup>.

### ***Porosidad***

Una de las propiedades físicas de los suelos es su porosidad, también conocida como porosidad total (*PT*), que está directamente relacionada con su contenido de humedad. Está formado por la suma de dos de las tres fases del suelo: la fase líquida y la fase gaseosa. Es una característica física que depende de la textura y la estructura del suelo y se obtiene a partir de las densidades aparente y real. Los componentes que forman la porosidad se indican en la relación siguiente:

$$\begin{array}{c} \text{POROSIDAD} \\ \hline \text{Fase líquida} + \text{Fase gaseosa} + \text{Fase sólida} = \text{Suelo} \end{array}$$

Esta relación, algebraicamente puede expresarse de la siguiente forma:

$$PS + PT = 100$$

Donde  $PS$  corresponde a la proporción de sólidos, mientras que  $PT$  representa a la porosidad total. A su vez,  $PS$  puede obtenerse con la expresión:

$$PS = 100d/dr$$

Mediante la combinación de las expresiones 2.3 y 2.4, la porosidad total queda definida de la siguiente forma:

$$PT = 100(1 - da/dr)$$

En donde  $PT$  se reporta en forma porcentual. La densidad aparente  $da$  y la densidad real  $dr$ , o densidad de partícula, pueden expresarse mediante cualquiera de las siguientes unidades:  $\text{g/cm}^3$ ,  $\text{kg/m}^3$  o  $\text{t/m}^3$  (Gavilánez, 2020).

Debido a los diámetros de los poros (grandes en los suelos arenosos y pequeños en los arcillosos), la porosidad total se divide en microporosidad y macroporosidad. La primera es predominante en suelos con textura fina, como los arcillosos, mientras que la segunda es predominante en suelos con textura gruesa. Además, las fuerzas de gravedad tienen un mayor impacto en el agua retenida en los macroporos que las fuerzas capilares en los microporos. Por ello es que en drenaje y en los estudios de acuíferos constituye un elemento importante el conocimiento del agua que se mueve por efecto de la gravedad dentro del suelo y que está relacionada con la porosidad que drena

rápidamente, conocida ésta como porosidad drenable o porosidad efectiva que se indica más adelante (Gavilánez, 2020).

### **Valores pF**

Cuando la succión de humedad del suelo se expresa en cm es preferible el uso de su valor transformado a valores de pF. Estos valores de succión pueden ir desde 0 cm en la freática (saturación) hasta 107 cm en una muestra de suelo deshidratada en la estufa hasta obtener peso constante. Se denomina pF al logaritmo de la succión de humedad del suelo (cm) de columna de agua. Esto quiere decir lo siguiente:

$$pF = \log[\textit{succión de humedad del suelo (cm)}]$$

Los valores de pF pueden variar desde - a 7, correspondiendo el primer término para condiciones de saturación.

La fuerza con que el agua es retenida por el suelo tiene cierta relación inversa al tamaño de los poros. Los poros pequeños retienen el agua con más fuerza que los poros grandes, por ello se ha establecido que entre el valor pF y el diámetro promedio del poro (cm) existe la siguiente relación:

$$pF = \log (0.30/d)$$

La transformación de valores de succión a valores pF permite linealizar el comportamiento de los datos, con lo cual se facilita la elaboración de gráficas como las curvas de retención (Gavilánez, 2020).

## **Diseño de drenaje superficial**

En lugares donde las lluvias son intensas y constantes, el suelo no puede evacuar por infiltración los excesos de agua debido a la pendiente y la permeabilidad del terreno, lo que resulta en un problema de acumulación de agua sobre la superficie del suelo. Para combatir esta situación que genera condiciones desfavorables en la rizósfera de los cultivos (con la excepción del arroz), es necesario eliminar los niveles excesivos de agua. Para lograrlo, se utilizan varios canales abiertos. Es así como aparece el drenaje superficial como tal, definido como el desalojo del agua acumulada sobre la superficie del suelo con la intención de darle aireación al sistema radicular de las plantas y por lo tanto, evitar las pérdidas de las cosechas. De allí que el presente capítulo exponga sobre los componentes básicos del diseño de drenaje superficial, y su interrelación, que al final define los parámetros de funcionalidad de las obras (Anibal *et al.*, 2012).

### ***Componentes del diseño de drenaje superficial***

De manera análoga a los elementos que deben considerarse en el delineamiento de un sistema de drenaje subterráneo, para poder diseñar un sistema de drenaje superficial es preciso tener en cuenta varios factores que son fundamentales a la hora de establecer cada uno de los parámetros del mismo (Álvarez, 2008). Estos factores están agrupados en tres componentes de diseño que no actúan de forma independiente sino relacionados y que bajo esa concepción deben ser analizados. Dichos componentes son los siguientes:

1. Componente agronómico
2. Componente hidrológico
3. Componente hidráulico

## **Componente agronómico**

El componente agronómico en el diseño de un sistema de drenaje superficial agrícola se refiere principalmente a la resistencia temporal que presenta un cultivo en un ambiente inundado sin que su rendimiento disminuya significativamente. A este lapso se lo define como TIEMPO DE DRENAJE ( $T_d$ ).

En la ocurrencia de la lluvia, ésta inicialmente se destina a llenar la porosidad del suelo. Con la continuidad de la lluvia el suelo ya no soporta una determinada intensidad debido a que la infiltración está en el límite mínimo, situación que es un indicador de que el suelo ha llegado a la infiltración básica y es cuando aparece la escorrentía superficial (inundación) (Liotta, 2015).

La principal razón detrás de los problemas de drenaje agrícola radica en las precipitaciones que generan un exceso de humedad en el suelo en zonas que podrían ser más productivas si se cuentan con un sistema de drenaje adecuado. Para diseñar tales sistemas, es comprender esencial el tiempo necesario para evacuar el exceso de lluvia, un factor que está íntimamente ligado al impacto que dicho exceso de humedad puede tener en los cultivos. A partir del análisis de datos recolectados en experimentos que evalúan la resistencia de diferentes cultivos al exceso de humedad en el suelo, se ajustaron a un modelo no lineal de dos partes. Este modelo revela la existencia de un umbral, que varía según el cultivo, por encima del cual el exceso de humedad no afecta el rendimiento del cultivo. Sin embargo, si el exceso de humedad persiste, el rendimiento disminuye de manera lineal. (Herrera et al., 2018)

Los parámetros clave que se deben calcular en este modelo incluyen el rendimiento óptimo (sin exceso de humedad en el suelo), el número de días en el umbral y la pendiente, que representa el porcentaje de reducción en el rendimiento por cada día adicional de exceso de humedad. El modelo se ha demostrado efectivo en los cultivos

analizados, como caña de azúcar, frijol negro, soja, papa, pasto estrella y King Grass. En algunos de estos cultivos, como frijol y papa, el valor del umbral fue insignificante o nulo. Las mayores reducciones porcentuales en el rendimiento en relación con los días de inundación se observaron en la papa, frijol negro y soja, con valores del 34.3%, 23.2% y 16.3%, respectivamente, mientras que los cultivos de pasto estrella, caña de azúcar y King Grass experimentaron reducciones menores, entre 3% y 6%. (Herrera et al., 2018)

El modelo propuesto permite calcular las necesidades de drenaje y evaluar los aspectos económicos relacionados con su implementación, lo que hace recomendable su extensión a otros cultivos, como maíz, sorgo, girasol y otros que puedan cultivarse en suelos con problemas de drenaje.

El tiempo total de exceso de agua es el tiempo que dura la inundación (cuando el agua es visible sobre el suelo) y el tiempo para que el suelo tenga un 10% de aireación. Como es deducible, las obras de drenaje solo permiten reducir el tiempo de inundación porque aceleran el proceso de escorrentía del suelo. Sin embargo, el tiempo necesario para que el suelo logre un 10% de aireación depende exclusivamente de su textura y estructura. La expresión matemática que define esta relación es la siguiente:

$$Td = TE - T10$$

Donde  $Td$  es el tiempo de drenaje (h),  $TE$  es el tiempo total de exceso de agua (h) y  $T10$  es el tiempo para que el suelo llegue al 10% de aireación desde que cesa la inundación (h). En la figura 7 se detallan gráficamente las disminuciones aproximadas del rendimiento de algunos cultivos debido a la duración del exceso total de agua, desde la cual pueden obtenerse los valores de  $TE$ .

El tiempo de drenaje de los cultivos es equivalente a un tiempo de inundación en el que se permite un cierto nivel de afectación productiva mínima. Por lo tanto, el sistema de drenaje debe tener la capacidad de drenar el exceso de agua en un tiempo que coincida con el tiempo de drenaje para mantener el nivel de daño específico. Bajo este argumento se dimensionan las obras de drenaje agrícola superficial, teniendo en cuenta que la duración de la lluvia de diseño debe ser igual al tiempo de drenaje del cultivo.

Asimismo, el tiempo total de exceso de agua  $TE$  también puede establecerse mediante la siguiente expresión:

$$TE = CC \times M^{0.46}$$

Donde  $TE$  está dado en horas;  $CC$  es un coeficiente que depende del cultivo, algunos de los cuales se detallan en la tabla 5 para algunas especies; y  $M$  es la merma porcentual del rendimiento, asumiéndose para diseño  $M = 10\%$ .

Al igual que en el distanciamiento de drenes, sobre el tiempo de drenaje de los cultivos existe una incipiente información que se haya obtenido experimentalmente tanto a nivel internacional como local. Los pocos datos que existen tienen origen en otras latitudes y la mayoría con muchos años de vigencia. Sin embargo, un trabajo experimental de tesis de grado llevado a cabo en una zona semihúmeda del Ecuador, dirigido por el autor y reportado por Cevallos (2015), indica que el rendimiento del fréjol se reduce aproximadamente un 25% cuando el cultivo sufre una inundación por 24 horas durante la etapa de floración; mientras que, si esta inundación se produce en la fructificación, la reducción es de un 40% durante el mismo lapso de tiempo. Por consiguiente, un tiempo de drenaje máximo de unas 6 horas sería más o menos adecuado para esta especie en estas etapas críticas del cultivo.

Otro resultado experimental, también dirigido por el autor y difundido por Solís (2016), reporta que el cultivo de maíz, sembrado en una zona del litoral ecuatoriano, puede sufrir una reducción en su rendimiento de un 11% cuando se somete a una inundación en la etapa de floración durante 24 horas; de allí que aproximadamente éste sea el tiempo máximo de drenaje para este cereal.

### ***Componente hidrológico: relación lluvia -escorrentía***

Dentro del diseño de sistemas de drenaje superficial, el aspecto hidrológico se enfoca principalmente en la dinámica de lluvia y escorrentía. El movimiento del agua subterránea suele pasar por alto debido a su velocidad relativamente lenta y su influencia limitada en los caudales totales que necesitan ser evacuados. La escorrentía, que consiste en el exceso de agua que debe ser drenada por los sistemas superficiales, se origina en gran parte a partir de la precipitación, siendo una de sus componentes. Sin embargo, existen otros elementos que también deben ser tenidos en cuenta en esta ecuación, y estos corresponden a las fracciones que representan la evapotranspiración de los cultivos y la infiltración en el suelo. Estos procesos están influenciados por la relación entre el tipo de suelo y la cobertura vegetal presente en la zona.

La comprensión de estos factores es fundamental para diseñar sistemas de drenaje efectivo, ya que permiten evaluar con precisión cuánta agua adicional debe ser evacuada a través del drenaje superficial, teniendo en cuenta no solo el precipitador, sino también la interacción entre el suelo y la vegetación circundante. Esto es esencial para garantizar la eficiencia de los sistemas de drenaje y evitar problemas de exceso de agua en áreas agrícolas. Este esquema se indica mediante la figura 5, en donde la única entrada de agua es la lluvia.

Figura 6. Esquema de la distribución de la lluvia en el suelo.



Fuente: Gavilánez, 2020

### ***Componente hidráulico: diseño de los canales de drenaje***

El drenaje superficial de las tierras agrícolas se realiza mediante una red de canales estratégicamente ubicados. Debido a su baja permeabilidad y escasa pendiente, los excesos de agua permanecen sobre la superficie del terreno. La sistematización mínima, media o extrema que se realiza en el terreno determina la magnitud de las secciones hidráulicas de los canales de drenaje y sus ubicaciones dentro del área a drenar (Liotta, 2015). En este sentido, la red de drenaje puede estar conformada de la siguiente manera:

- Canales colectores, llamados también laterales o parcelarios
- Canales principales
- Canales secundarios
- Canales terciarios
- Boquetes y sangrías

Los canales principales son, en su mayoría, cursos naturales de agua que han sido modificados y condiciones para cumplir con propósitos específicos, y suelen llevar el nombre de "canales principales". En cambio, los canales secundarios, aunque también pueden ser antiguos cursos de agua adaptados, generalmente se construyen con el propósito de enlazar los colectores con los canales principales. Tanto los canales principales como los secundarios cumplen principalmente la función de transportar el exceso de agua que se evacua de las parcelas. Sin embargo, en terrenos con una densidad variable, estos canales pueden desempeñar un papel adicional al ayudar a reducir parcialmente los niveles freáticos en la zona. Debido a esta doble funcionalidad, a veces se les llama "canales de función mixta".

Los canales colectores son específicamente construidos con el propósito de recolectar y eliminar el exceso de agua de las parcelas, canalizándolo hacia los canales secundarios. Además de su función de drenaje, estos canales colectores también desempeñan un papel en la reducción parcial del nivel freático en áreas donde se aplican. En resumen, estos sistemas de drenaje no solo facilitan la evacuación del agua de las parcelas, sino que también contribuyen a regular y controlar los niveles de agua subterránea en función de las necesidades específicas del terreno. (Gavilánez, 2020).

## **CAPÍTULO II**

**"PROYECTO PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD AGRÍCOLA Y MITIGAR INUNDACIONES EN LA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO (UTB) MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE CANALES DE DRENAJE Y MUROS DE PROTECCIÓN"**

## PROYECTO DE CONTROL DE INUNDACIONES

### Información general del proyecto

<b>Nombre del Proyecto:</b>		"PROYECTO PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD AGRÍCOLA Y MITIGAR INUNDACIONES EN LA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO (UTB) MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE CANALES DE DRENAJE Y MUROS DE PROTECCIÓN"			<b>Código:</b>	
<b>Tipo de Proyecto</b>		DRENAJE AGRÍCOLA				
<b>Plazo de ejecución del proyecto</b>		12 meses				
<b>Ubicación</b>	<b>Provincia</b>	Los Ríos				
	<b>Cantón</b>	Babahoyo				
	<b>Parroquia</b>	Babahoyo – Clemente Baquerizo				
	<b>Comunidades</b>	Universidad Técnica de Babahoyo				
	<b>Coordenadas UTM/WGS84</b>	X 668890	Y 9801008	Cota 8.03 m.s.n.m.		
<b>Organización Beneficiaria</b>		Universidad Técnica de Babahoyo				
<b>Institución Ejecutora</b>		Universidad Técnica de Babahoyo				
<b>Superficie total del proyecto</b>		225 ha	<b>Superficie drenada total</b>	225 ha	<b>Superficie promedio por usuario</b>	N/A
<b>No de beneficiarios directos:</b>		15209	<b>No de beneficiarios indirectos:</b>	60836		
<b>Inversión por Hectárea</b>		\$3945,93	<b>Inversión por Estudiante</b>	\$58,38		
		<b>APORTE UTB</b>		\$ 492301,50		

<b>Presupuesto resumen del proyecto</b>	<b>APORTE PREFECTURA DE LOS RÍOS</b>		<b>\$395532,08</b>
	<b>Total</b>		<b>\$ 887833,58</b>
<b>Coordinación Institucional:</b>	Universidad Técnica de Babahoyo - Dirección de Riego y Drenaje GADPLR		
<b>Personal de contacto:</b>	Nombre y apellido:	Teléfono/celular:	Correo Electrónico:
	ING. DAVID MAYORGA	0982402700	<a href="mailto:dmayorga@utb.edu.ec">dmayorga@utb.edu.ec</a>

### **Caracterización e identificación de la problemática**

La zona de estudio es en el norte de Babahoyo, Ecuador, presenta desafíos significativos relacionados con la gestión del agua y la agricultura. Aquí se exploran algunos aspectos clave desde una perspectiva más amplia:

**Impacto de las Condiciones Climáticas:** La región experimenta fluctuaciones extremas en los niveles de agua debido al Río San Pablo. Las inundaciones durante la temporada de lluvias y la sequía en otros momentos del año tienen un impacto directo en la agricultura local. Esto destaca la importancia de adaptarse al cambio climático y buscar soluciones de gestión hídrica sostenibles.

**Sostenibilidad Agrícola:** La falta de agua durante la temporada de sequía limita las opciones de cultivo a productos de ciclo corto, lo que puede afectar negativamente la seguridad alimentaria y los ingresos de los agricultores. Un plan integral que aborde estos desafíos puede contribuir significativamente a la sostenibilidad agrícola en la región.

**Gestión de Recursos Hídricos:** La implementación de un sistema de drenaje bien diseñado es esencial para controlar el caudal del río y reducir las inundaciones. Además, la construcción de una barrera artificial para mitigar las

inundaciones podría proporcionar una protección a largo plazo contra eventos climáticos extremos.

**Enfoque Interdisciplinario:** Abordar los problemas en esta zona requiere un enfoque interdisciplinario que involucre a expertos en agricultura, hidrología, ingeniería civil y ambiental, así como a las comunidades locales. La colaboración entre múltiples partes interesadas es esencial para el éxito de un plan integral.

**Educación y Concienciación:** Informar a la comunidad local sobre la importancia de las prácticas agrícolas sostenibles y la gestión adecuada del agua es esencial para lograr cambios significativos y asegurar la aceptación de las soluciones propuestas.

**Rol de la Educación Superior:** La realización del estudio en la Universidad Técnica de Babahoyo destaca el papel crucial de las instituciones académicas en la investigación y el desarrollo de soluciones para los desafíos regionales. Esto puede abrir oportunidades para la colaboración y la innovación.

En resumen, la zona de estudio en el norte de Babahoyo enfrenta desafíos complejos relacionados con el agua y la agricultura. Abordar estos desafíos de manera efectiva no solo beneficiaría a la agricultura local y la economía, sino que también podría contribuir a la resiliencia ante el cambio climático y la mejora de la calidad de vida de las comunidades locales.

La zona presenta un clima tropical húmedo, con temperatura promedio de 25.9 °C, humedad relativa 76 %, precipitación anual de 2656 mm, evaporación 1128 mm, altura

de 8.03 msnm y 3.5 horas de horas luz promedio diario. Las coordenadas UTM son zona 17M 668890 m Este y 9801008 m Norte<sup>1</sup>

## Descripción de la zona de intervención del proyecto

### Ubicación Administrativa

Ubicación Administrativa:			
<b>Provincia</b>	Los Ríos	<b>Beneficiario</b>	<b>Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Babahoyo</b>
<b>Cantón</b>	Babahoyo	<b>Cuenca</b>	Río Guayas
<b>Parroquia</b>	Babahoyo	<b>Sub cuenca</b>	Río Babahoyo

### Aspectos generales de la Universidad Técnica de Babahoyo

La Universidad Técnica de Babahoyo (UTB) es una institución pública de educación superior situada en la provincia de Los Ríos, con su sede central en la ciudad de Babahoyo. Fue oficialmente fundada el 5 de octubre de 1971, mediante un decreto presidencial emitido por el entonces presidente de la República, José María Velasco Ibarra. En sus primeros años, la universidad contaba con facultades dedicadas a disciplinas como Ingeniería Agronómica, Medicina, Veterinaria y Ciencias de la Educación.

En la actualidad, la UTB se compone de varias facultades, entre las que se incluyen la Facultad de Ciencias Jurídicas, Sociales y de Educación, la Facultad de Administración, Finanzas e Informática, la Facultad de Ciencias Agropecuarias y la Facultad de Ciencias de la Salud. Además, posee una extensión en la ciudad de Quevedo.

---

<sup>1</sup> Estación Meteorológica de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Babahoyo, año 2019

La Universidad Técnica de Babahoyo desempeña un papel fundamental en la región, con una población estudiantil que ronda los 11,740 alumnos, que abarcan desde el primer hasta el décimo nivel académico. Para el periodo académico de noviembre de 2022, se ofrecieron 2,534 cupos en el programa preuniversitario. La institución también brinda empleo a aproximadamente 935 personas, incluyendo docentes, personal administrativo y trabajadores, lo que tiene un impacto significativo en la comunidad local.

El liderazgo y la administración de la universidad están a cargo de un conjunto de autoridades, cuyos nombres y roles pueden proporcionarse en detalle según sea necesario.

<b>Rector:</b>	Ing. Marcos Oviedo PhD.
----------------	-------------------------

- **Aspectos generales del cantón Babahoyo**

**Delimitación del cantón Babahoyo. -**

Los límites del Cantón Babahoyo son:

**NORTE:** Cantones Pueblo Viejo y Urdaneta.

**SUR:** Provincia del Guayas.

**ESTE:** Cantón Montalvo, y la provincia de Bolívar.

**OESTE:** Provincia del Guayas y cantón Baba

El Cantón Babahoyo tiene una extensión de 1.076 Km<sup>2</sup>

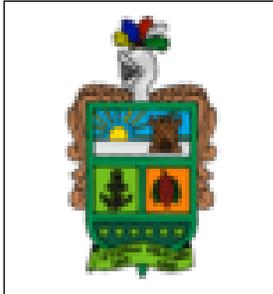
## Coordenadas geográficas:

### LATITUD SUR

1° 49' 0''

### LONGITUD OESTE

79° 31' 0''



## ASPECTOS FÍSICOS

**País:** Ecuador

**Provincia:** Los Ríos

**Superficie:** 1085,6 km<sup>2</sup>

**Ubicación:** Sur de la provincia de Los Ríos

### Límites:

**Norte:** Cantón Pueblo Viejo y Cantón Urdaneta (coordenadas: 01° 37' 07" - 79° 23' 22")

**Sur:** Provincia del Guayas (coordenadas: 02° 07' 55" - 79° 11' 36")

**Este:** Cantón Montalvo y Provincia del Bolívar (coordenadas: 01° 48' 42" - 79° 27' 41")

**Oeste:** Cantón Baba y Provincia del Guayas (coordenadas: 01° 54' 35" - 79° 40' 17")

**Clima:** Cálido y húmedo y temperatura fresca, 24.5°C

6 m.s.n.m.

## DIVISIÓN POLÍTICA

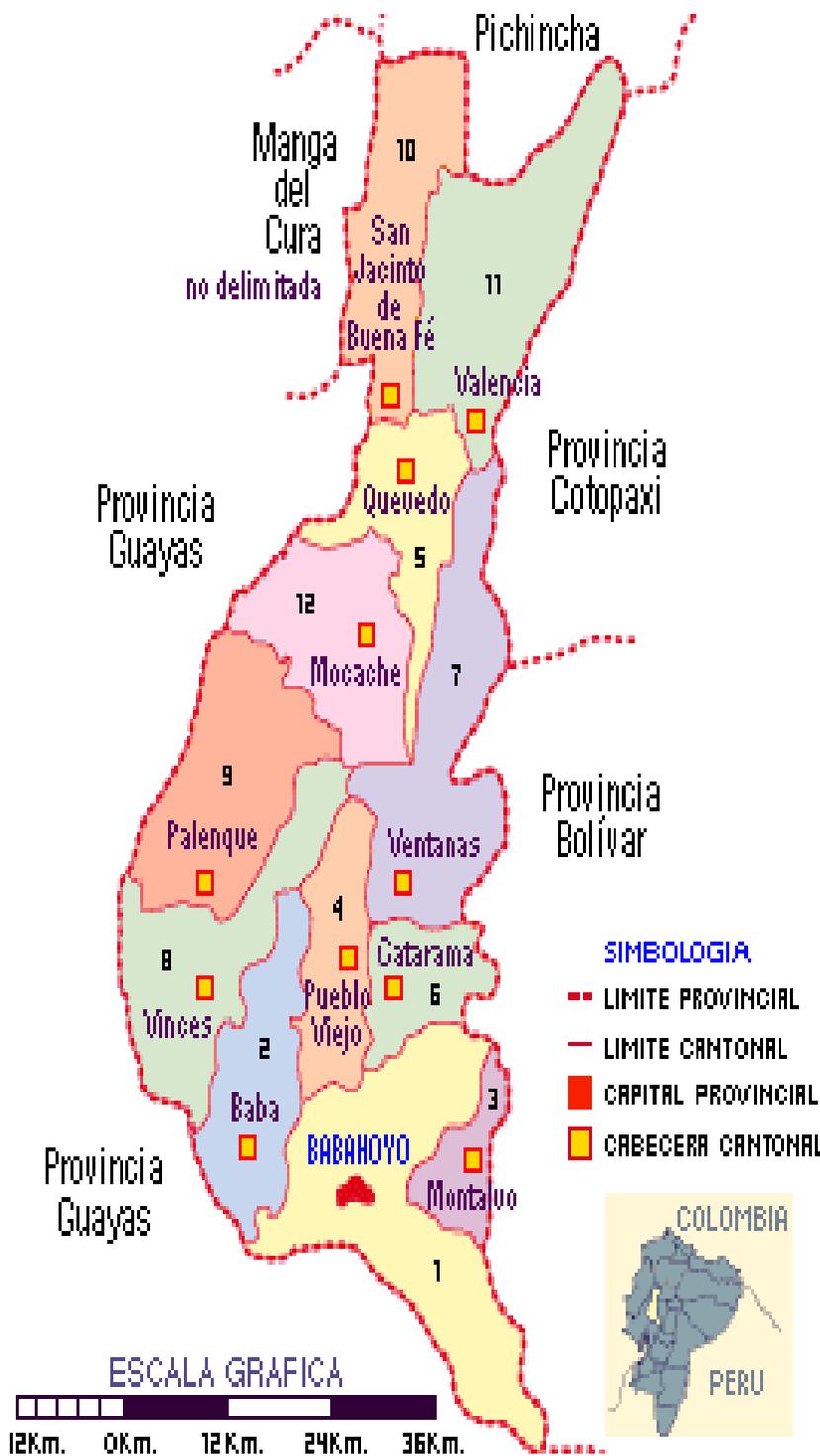
**Cabecera Cantonal:** Babahoyo

Parroquias: 8 (4 urbanas y 4 rurales)

Parroquias urbanas: Camilo Ponce, Clemente Baquerizo, El Salto y Barreiro

# Cantón Babahoyo





**Parroquias rurales:**

Caracol, Febres Cordero, La Unión y Pimocha

**ASPECTOS PRODUCTIVOS**

**Producción**

**agrícola:** Ciclo Corto, Cereales, hortícolas, frutícolas y maderera.

**Producción pesquera:**

Artisanal

**Turismo:** Hda. La Virginia, casas flotantes, agro-turismo, costumbres montubias, cerro Cacharí, paseos fluviales, etc.

**Artesanías:** madera, tagua.

**Producción**

**ganadera:** Vacuno, porcino y caprino.

**FUNDACIÓN:**

27 de mayo de 1869

**CABECERA CANTONAL:**

Babahoyo

**POBLACIÓN:**

175.281hab. (INEC (2020))

### **Ubicación geográfica. -**

Babahoyo, situada en la orilla izquierda del río San Pablo, donde este se une con el río Catarama para formar el río Babahoyo, se caracteriza por su terreno mayormente plano, con pocas elevaciones o colinas de baja altura. Una de las experiencias más fascinantes que se pueden vivir en la zona es el descenso en bote por el río Babahoyo, lo que ofrece la oportunidad de explorar su entorno fluvial.

Esta ciudad costera desempeña un papel crucial como punto de conexión entre la región del Litoral y la Sierra ecuatoriana, gracias a su ubicación estratégica. Las principales carreteras que pasan por Babahoyo incluyen la Babahoyo - Quito (parte de la Vía Panamericana), la Babahoyo - Ambato (conocida como Vía Flores) y la Babahoyo - Riobamba. Babahoyo se divide en cuatro parroquias urbanas: Clemente Baquerizo, Dr. Camilo Ponce, Barreiro y El Salto, junto con cuatro parroquias rurales: Caracol, Febres-Cordero, Pimocha y La Unión.

Su posición geográfica es altamente privilegiada, ya que diariamente miles de vehículos, incluyendo buses, camiones y automóviles, transitan por sus carreteras, superando los 27,000 en total. Esto la convierte en un importante centro comercial que conecta las regiones costeras y de la Sierra, desempeñando un papel crucial en la economía y la infraestructura de transporte de la zona.

### **Demografía**

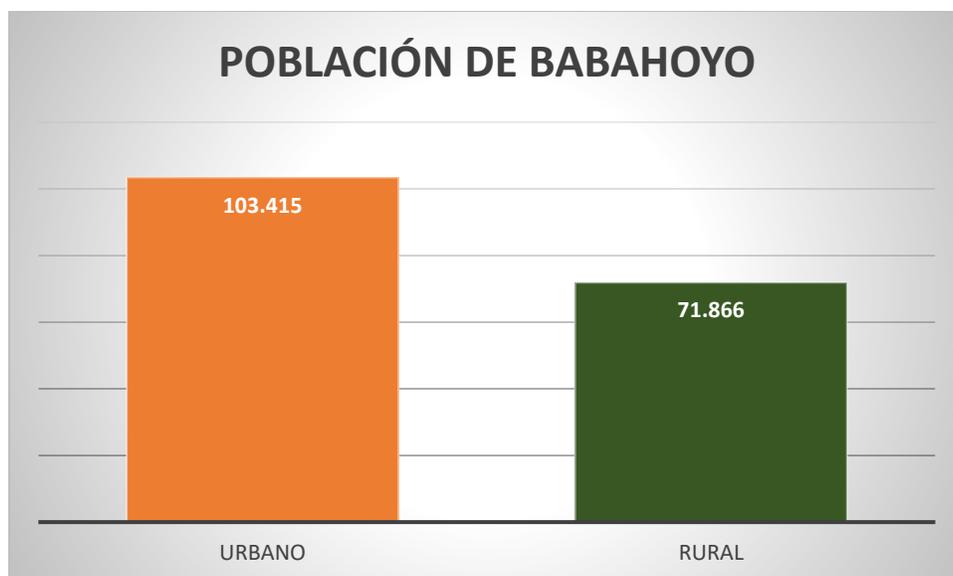
Babahoyo, con una población de 175,281 habitantes, es conocido por tener uno de los centros urbanos más extensos en la región. La mayoría de sus residentes se ubican en la ciudad que lleva el mismo nombre, tanto en el casco urbano como en las zonas

periféricas que se expanden alrededor del By Pass, una importante vía de comunicación que atraviesa la ciudad desde el sur hasta el noroeste, conocida como la carretera Babahoyo - Quito.

El centro de la ciudad abarca desde el Malecón 9 de Octubre hasta las calles Juan x Marcos e Isaías Chopitea, llegando hasta la calle Primero de Mayo. Este sector es el epicentro de las actividades comerciales y el núcleo de las funciones administrativas públicas de la localidad. Ofrece una amplia gama de servicios de infraestructura y alberga la mayor parte de las instalaciones comunitarias de la ciudad. Las edificaciones en esta zona están construidas con materiales duraderos y las calles se mantienen en buen estado, con pavimentos rígidos y algunas de ellas con una capa de pavimento flexible para garantizar una adecuada conectividad.

**Población total:** 175.281 Habitantes  
**Población Urbana:** 103.415 (59%) Habitantes  
**Población Rural:** 71.866 (41%) Habitantes

	<b>Población</b>	<b>%</b>
URBANO	90.191	59%
RURAL	63.585	41%
<b>TOTAL</b>	<b>175.281</b>	



Fuente: Dirección de Riego y Drenaje GADPLR

La población del cantón Babahoyo, que sirve como la capital de la provincia de Los Ríos, exhibe una clara predominancia de la vida urbana. De hecho, el 59% de sus habitantes reside en la ciudad principal y en las cuatro parroquias urbanas que conforman la cabecera cantonal. Por otro lado, el 41% restante de la población se distribuye en las cuatro parroquias rurales que integran el territorio del cantón. Esta marcada división entre la zona urbana y rural refleja las dinámicas demográficas y socioeconómicas presentes en la región.

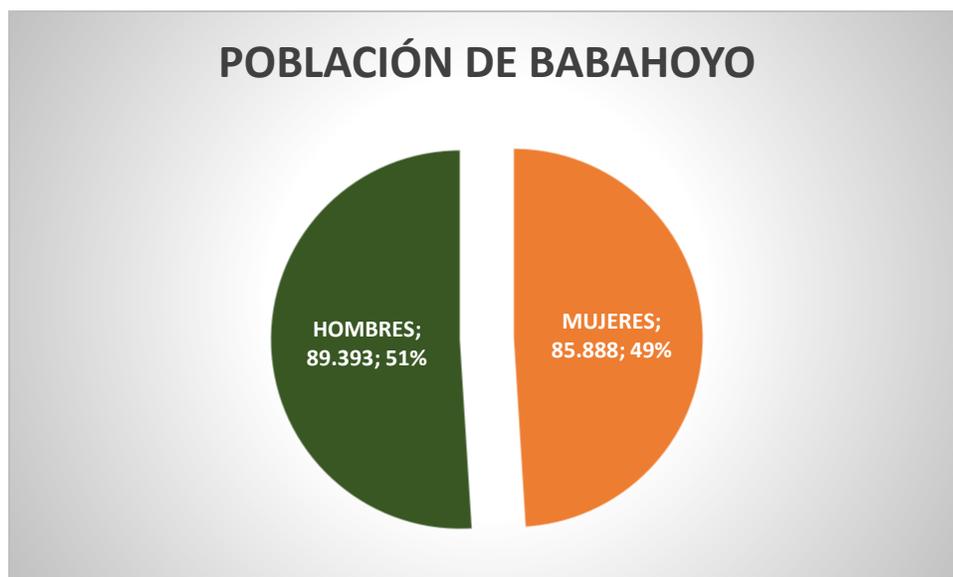
**Población total:** 175.281 Habitantes

**Mujeres:** 85.888 (49%) Habitantes

**Hombres:** 89.393 (51%) Habitantes

Género	Población	%
MUJERES	85.888	49%

HOMBRES	89.393	51%
<b>TOTAL</b>	<b>175.281</b>	



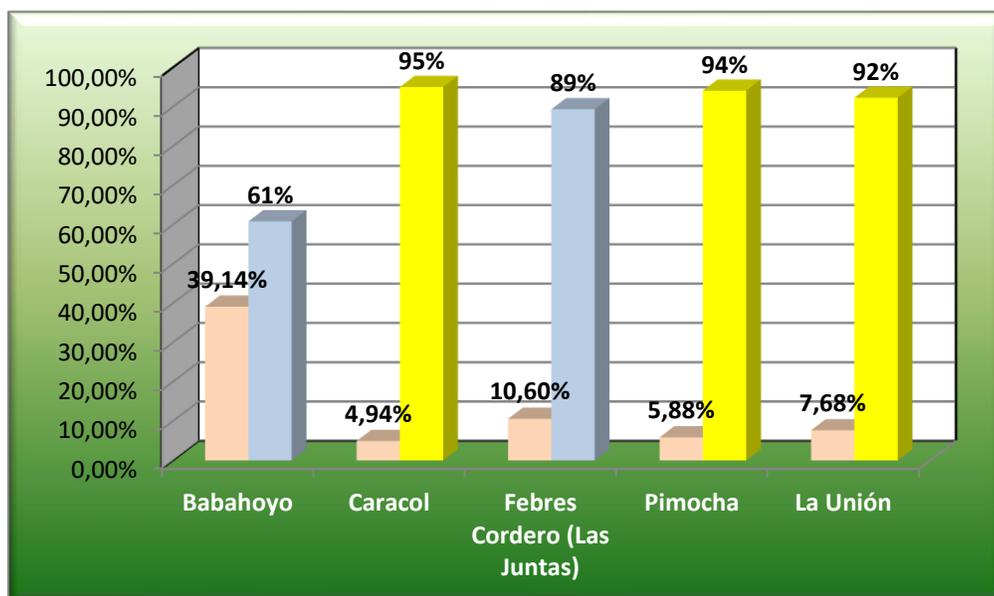
Fuente: Dirección de Riego y Drenaje GADPLR

El cantón Babahoyo presenta una distribución de su población por género con una ligera preponderancia de hombres, representando el 51%, en comparación con un 49% de mujeres. Esta tendencia se ha mantenido estable a lo largo de varios censos anteriores, lo que refleja un equilibrio relativo en la composición demográfica de género en la zona.

## Necesidades básicas insatisfechas

		POBLACIÓN NO POBRES	POBLACIÓN POBRES	Total	%NO POBRES	% POBRES
<b>Babahoyo</b>	Babahoyo	37.246	57.910	95.156	39,1%	<b>60,9%</b>
	Caracol	252	4.846	5.098	4,9%	<b>95,1%</b>
	Febres Cordero	1.898	16.016	17.914	10,6%	<b>89,4%</b>
	Pimocha	1.234	19.764	20.998	5,9%	<b>94,1%</b>
	La Unión	974	11.714	12.688	7,7%	<b>92,3%</b>
	<b>Total</b>	<b>41.604</b>	<b>110.250</b>	<b>151.854</b>	<b>27,4%</b>	<b>72,6%</b>

	%NO POBRES	% POBRES (NBI'S)
<b>Babahoyo</b>	39,14%	60,9%
<b>Caracol</b>	4,94%	95,1%
<b>Febres Cordero</b>	10,60%	89,4%
<b>Pimocha</b>	5,88%	94,1%
<b>La Unión</b>	7,68%	92,3%



Fuente: Proyección - INEC 2020 - GADPLR

## Red vial

Babahoyo se encuentra estratégicamente ubicado en un importante eje vial, ya que forma parte de la ruta principal que conecta Guayaquil y Quito, y sirve como acceso hacia la región de la sierra centro-norte a través de Guaranda.

Dentro de su red de calles y carreteras urbanas, la ciudad dispone de dos pasos peatonales que facilitan la conexión con Barreiro y El Salto. Además, cuenta con cuatro puentes vehiculares clave:

1. Los dos primeros cruzan los ríos Catarama y San Pablo al norte de la ciudad, formando parte de la carretera Babahoyo - Quito.
2. El tercero atraviesa el estero Lagarto en la zona sur de la urbe, integrado en la carretera Babahoyo - Guayaquil.
3. El cuarto puente se ubica en el sector La Ventura, en la carretera que conduce a la vía con dirección Guaranda - Ambato.

En términos de infraestructura, Babahoyo dispone de todos los servicios necesarios y una amplia variedad de equipamientos comunitarios. Además, en tiempos recientes, la ciudad ha experimentado un crecimiento notable y se ha convertido en un epicentro para la realización de importantes negocios y la apertura de grandes empresas.

## Ubicación Geográfica

La ejecución del proyecto se encuentra ubicado dentro de los límites del cantón Babahoyo, por lo que se consideró tomar como Área de influencia Indirecta.

<b>Área de influencia Indirecta</b>			
<b>Provincia</b>	<b>Cantón</b>	<b>Actividad</b>	<b>Turismo</b>
Los Ríos	Babahoyo	Agricultura, ganadería.	La Casa de José Joaquín de Olmedo

Parroquias Urbanas	Parroquias Rurales	Actividad
Clemente Baquerizo, Dr. Camilo Ponce, Barreiro y El Salto	Caracol, Febres-Cordero, Pimocha y La Unión	Agricultura, ganadería y comercio.

### Línea Base del proyecto

La zona presenta un clima tropical húmedo, con temperatura promedio de 25.9 °C, humedad relativa 76 %, precipitación anual de 2656 mm, evaporación 1128 mm, altura de 8.03 msnm y 3.5 horas de horas luz promedio diario. Las coordenadas UTM son zona 17M 668890 m Este y 9801008 m Norte



**Imagen 1.** Granja Integral Orgánica de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, de la Universidad Técnica de Babahoyo

### Descripción de la infraestructura actual

En el cuadro se observan las dimensiones, longitud y volumen de los canales secundarios y principal, dando una longitud total de 6500,77 m y volumen de 91670,57 m<sup>3</sup>.

DESCRIPCIÓN	TRAMO	DIMENSIONES			LONGITUD m	VOLUMEN m <sup>3</sup>
		BOCA	RASANTE	ALTURA		
CANAL SECUNDARIO 1	A	6,00	1,00	3,00	848	7369,12
	B	6,00	1,00	2,00		
CANAL SECUNDARIO 2	A	7,00	1,00	3,00	750	7515
	B	6,25	1,00	2,25		
CANAL SECUNDARIO 3	A	7,00	1,00	3,00	700	7102,57
	B	6,30	1,00	2,30		
CANAL SECUNDARIO 4	A	7,00	1,00	3,00	748	7589,61
	B	6,30	1,00	2,30		
CANAL PUERTA NEGRA	A	7,00	1,00	6,40	571	5938,83
	B	6,40	1,00	2,40		
CANAL VETERINARIA	A	7,00	1,00	6,40	876	8488,44
	B	6,12	1,00	2,12		
CANAL CARRETERO	A	7,00	1,00	6,40	675	8100
	B	6,12	1,00	2,12		
CANAL PRINCIPAL	A	10,00	1,50	6,00	1332,77	39567
	B	9,33	1,50	5,33		

En el cuadro se observan las dimensiones, longitud y volumen de los canales secundarios y principal, dando una longitud total de 6500,77 m y volumen de 91670,57 m<sup>3</sup>.





### **Estimación de déficit o demanda insatisfecha (oferta - demanda)**

Debido a que en este proyecto no existe ninguna otra oferta del servicio que se brindara a los usuarios por las competencias adquiridas por el Gobierno Autónomo Descentralizado de Los Ríos, el déficit corresponde a la totalidad de la demanda existente.

Según la asignación de funciones y criterios del **Objetivo N° 5** del Plan Nacional de Riego y Drenaje (PNRD) en la **Política 5.1**. *"Incorporar en la planificación y en la gestión de los sistemas de riego, el manejo integrado e integral de cuencas y Micro cuencas, así como la recuperación de ecosistemas degradados y en riesgo como un eje fundamental"*.

Indica que los Gobiernos Autónomos Descentralizados Provinciales tienen como función:

- Incluir como medidas de mitigación en la gestión y el manejo del riego que consideren la posibilidad de eventos climáticos extremos en el contexto del cambio climático.

- Establecer mecanismos y acciones que procuren la disminución de la vulnerabilidad de la infraestructura de riego y el mejoramiento de los sistemas de riego, contemplando las posibles afectaciones del cambio climático.

### Objetivo y metas del proyecto

#### Concordancia del proyecto con los objetivos del plan nacional de riego y drenaje

Este proyecto se encuentra en concordancia con los siguientes Objetivos Generales del Plan Nacional de Riego y Drenaje 2019 - 2027:

<b>Política 1: Dinamizar la gestión ecológica en el ámbito de riego y drenaje</b>
<b>Objetivos</b>
Objetivo 1.1: Articular la gestión territorial del riego a procesos o iniciativas de manejo de unidades hidrológicas y/o de ecosistemas asociados.
Objetivo 1.2: Gestionar el uso y aprovechamiento de agua para riego proveniente de acuíferos.
Objetivo 1.3: Prevenir, afrontar y controlar la contaminación de aguas superficiales y subterráneas utilizadas en irrigación.
Objetivo 1.4: Impulsar el uso eficiente del agua para riego a fin de evitar el deterioro y pérdida de suelos.
<b>Política 2: Los sistemas de riego se constituyen en ejes articuladores del desarrollo territorial</b>
Objetivo 2.1: Articular las dinámicas de producción bajo riego a los procesos de transformación, comercialización y servicios, enfatizando prácticas agroecológicas.
Objetivo 2.2: Incorporar procesos de investigación.

**Política 3: Mejorar la eficiencia en el manejo del agua para riego y de infraestructura existente, y ampliar el patrimonio público y comunitario de riego y drenaje.**

Objetivo 3.1: Ampliar la superficie de la agricultura bajo riego orientada a garantizar la soberanía alimentaria.

Objetivo 3.2: Mejorar la eficiencia hidráulica de la infraestructura de los sistemas de riego.

Objetivo 3.3: Optimizar la eficiencia en el uso del agua para riego.

Objetivo 3.4: Impulsar el desarrollo de infraestructura de los sistemas de riego binacionales y de frontera.

Objetivo 3.5: Promover la implementación, rehabilitación y mejoramiento de sistemas de drenaje agrícola en zonas que cumplan su función agroproductiva, económica, social y ambiental.

Objetivo 3.6 Incorporar nuevas áreas de riego en el marco del desarrollo de estrategias de aprovechamiento múltiple del agua.

Objetivo 3.7: Desarrollar estrategias de gestión de riesgos específicas al ámbito del riego y drenaje.

**Política 4: Garantizar el cumplimiento de mandatos constitucionales y legales en relación a la distribución social del agua para riego**

Objetivo 4.1: Garantizar un acceso socialmente equitativo al agua para riego y sus beneficios.

Objetivo 4.2: Evitar casos de abusos, malos usos e irregularidades en el aprovechamiento del agua y de la infraestructura en los sistemas de riego y drenaje.

**Política 6: Ordenar la institucionalidad pública del sector riego y drenaje y fortalecer sus capacidades para asegurar la gobernanza, en el marco de la descentralización y desconcentración.**

Objetivo 6.1: Elevar la eficiencia y eficacia de la gestión pública en el ámbito de riego y drenaje.

Objetivo 6.2: Consolidar un modelo de gestión de riego descentralizado, participativo y de cogestión en los territorios, en armonía con la planificación provincial y nacional del riego y drenaje.

Objetivo 6.3: Garantizar el buen uso de los recursos públicos que se invierten en riego y drenaje y normar la construcción de proyectos privados y comunitarios.

### **Objetivo general**

Mejorar la producción agrícola y la gestión de inundaciones en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Babahoyo (UTB) mediante la edificación de canales de drenaje y estructuras de contención perimetral en sus terrenos ubicados en el cantón Babahoyo, en la provincia de Los Ríos.

### **Objetivos específicos**

1. Asegurar la sostenibilidad de la operación del sistema de drenaje mediante el fortalecimiento de las capacidades organizativas tanto de los estudiantes como del cuerpo docente a cargo del proyecto.
2. Realizar la construcción de 6,500.77 metros de canales de drenaje y la instalación de 4 sistemas de bombeo diseñados para gestionar los caudales de agua, beneficiando así a los terrenos pertenecientes a la Universidad Técnica de Babahoyo.
3. Establecer una granja integral autosuficiente que brinde a los estudiantes y agricultores de la provincia de Los Ríos la oportunidad de adquirir una experiencia práctica en la gestión agrícola eficiente, abarcando diversas técnicas de cultivo y cría de animales destinadas a optimizar la producción.
4. Coordinar, desarrollar y ejecutar un plan destinado a gestionar y reducir los riesgos asociados al proyecto, con el propósito de controlar los impactos en la zona de implementación del mismo.

## Indicadores de resultados

- En los terrenos de la Universidad Técnica de Babahoyo se ha establecido una granja integral autosustentable que abarca un área de 60 hectáreas.
- El proyecto incluye la construcción de 6,500.77 metros de canales de drenaje y la instalación de muros de protección contra inundaciones en los terrenos de la Universidad Técnica de Babahoyo.
- Se llevará a cabo la instalación de equipos en 4 estaciones de bombeo, cada una de ellas equipada con bombas que cumplen con las siguientes especificaciones técnicas:

<b>CAUDAL BOMBA GPM</b>	<b>POTENCIA MOTOR HP</b>	<b>DIAMETRO TUBERIAS PULGADAS</b>	<b>TDH</b>
22000	162	26	7
22000	162	26	7
18000	127	20	6
6000	51	14	6

- El proyecto tiene como objetivo capacitar al 100% de la planta docente y estudiantes de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Babahoyo en cuestiones relacionadas con la productividad, nuevas

metodologías productivas, fortalecimiento de la organización y la asociatividad. Esta capacitación se llevará a cabo a lo largo de la vida útil del proyecto.

- Asimismo, se busca capacitar al menos al 75% de los agricultores en las áreas afectadas por el proyecto en aspectos técnicos relacionados con la gestión operativa, el mantenimiento y la limpieza del canal de riego y drenaje, adaptados a los distintos tipos de cultivos por hectárea.
- Además, se realizará un análisis de impacto que corresponda al tipo de proyecto y se implementará un plan de manejo y mitigación de riesgos de acuerdo con los requisitos específicos de la intervención que se lleve a cabo.

## Marco lógico del proyecto

Lógica de intervención	Indicadores de cumplimiento	Fuentes de Verificación	Supuestos
<p><b>FIN</b></p> <p>Ampliar la cobertura y mejorar la eficiencia social, económica y ambiental de todos los sistemas de riego y drenaje.</p>	<p>Al final del proyecto contar con la Existencia de programas y proyectos de intervención territorial que enmarque a los sectores agro-productivos de bienes y/o servicios en actividades de fortalecimiento organizacional, acceso a sistemas de riego y mejoramiento productivo.</p>	<p>Documentos de programas y proyectos de fortalecimiento organizacional, acceso a sistemas de riego y mejoramiento productivo.</p> <p>Líneas base para intervención territorial.</p> <p>Actas de asistencias, censos y reuniones de los miembros de las Asociaciones/comunidades/Juntas de agua.</p>	<p>Existen líneas de intervención sobre las cuales se pueden hacer referencia las intervenciones territoriales en temas de fortalecimiento organizacional, acceso a sistemas de riego y mejoramiento productivo.</p>
<p><b>PROPÓSITO</b></p> <p>Mejorar los niveles de producción agrícola y control de inundaciones de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Babahoyo (UTB) a través de la construcción de canales de drenaje y muros de contención perimetral en sus predios en el cantón Babahoyo Provincia de Los Ríos.</p>	<p>Control de inundaciones dentro de los predios de la Universidad Técnica de Babahoyo en la Facultad de Ciencias Agropecuarias.</p> <p>Existencia de la infraestructura de drenaje para la población objetivo del Proyecto.</p>	<p>Análisis horizontal de la situación con proyecto y sin proyecto en cuanto a la situación de los niveles de inundación de la zona objetivo</p> <p>Contratos de obra, planillas, facturas y registros fotográficos de la existencia de la infraestructura de sistemas de drenaje en la zona objetivo.</p>	<p>Todos los beneficiarios están comprometidos en la participación del proyecto.</p>

<p><b>COMPONENTES</b></p> <p><b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b></p> <p><b>(RESULTADOS)</b></p> <p><b>Componente Social O1-</b></p> <p>Garantizar la sostenibilidad del funcionamiento y operación del sistema de drenaje a través del fortalecimiento organizativo y las capacidades de los estudiantes y cuerpo docente responsable del proyecto.</p>	<p>100% de la planta docente y de estudiantes de la Universidad Técnica de Babahoyo en la Facultad de Ciencias Agropecuarias capacitados en temas de productividad, nuevas metodologías productivas, fortalecimiento asociativo y organizacional durante la vida útil del proyecto.</p> <p>Al menos 75% de los productores de las zonas consideradas de injerencia dentro del proyecto capacitados en los temas técnicos referentes al manejo operativo, limpieza y mantenimiento del canal de riego y drenaje según el tipo de cultivo por hectárea.</p>	<p>Temas tratados, evaluaciones, listados de asistencia, informe técnico, fotos.</p> <p>Listados de asistencia, temas tratados, registros fotográficos, informe de asociación en temas tratados.</p>	<p>Los estudiantes y planta docente de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Babahoyo tienen la predisposición de trabajar de manera directa en el proyecto y sus actividades.</p> <p>Los productores están dispuestos a recibir capacitaciones en fortalecimiento asociativo, organizacional y manejo técnico de sus cultivos y proyectos agropecuarios.</p> <p>Existe disponibilidad de logística para movilización del equipo técnico de capacitación.</p>
--	---	--	--

<p><b>Componente infraestructura</b></p> <p><b>O2-</b> Construir 6500,77 m de canales de drenaje e instalar 4 equipos de bombeo que permita el control de caudales del recurso hídrico en beneficio de los predios de la Universidad Técnica de Babahoyo.</p>	<p>Construcción de 6500 metros de canales de drenaje y muros de protección de inundaciones en los predios de la Universidad Técnica de Babahoyo.</p> <p>Equipamiento de 4 estaciones de bombeo con bombas de las siguientes características:</p> <table border="1" data-bbox="640 646 1121 1003"> <thead> <tr> <th>CAUDAL POTENCIA DIAMETRO PULGADAS</th> <th>BOMBA MOTOR TUBERIAS TDH</th> <th>GPM HP</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>22000</td> <td>162 26</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>22000</td> <td>162 26</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>18000</td> <td>127 20</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>6000</td> <td>51 14</td> <td>6</td> </tr> </tbody> </table>	CAUDAL POTENCIA DIAMETRO PULGADAS	BOMBA MOTOR TUBERIAS TDH	GPM HP	22000	162 26	7	22000	162 26	7	18000	127 20	6	6000	51 14	6	<p>Planillas de obra civil, cotizaciones, fotos, informes estructurados y de obra civil planos, facturas de compra, informe del técnico administrador del contrato.</p> <p>Análisis horizontal de la situación productiva y de afectación de inundaciones de la</p>	<p>Disposición de las partidas presupuestarias para la adquisición de materiales considerados en el presupuesto referencial del proyecto (materiales para obra civil y equipos requeridos)</p> <p>Universidad Técnica de Babahoyo cuenta con los recursos para la construcción de los canales de drenaje.</p> <p>La Prefectura de Los Ríos cuenta con los recursos para la adquisición e instalación de los equipos de bombeo para los canales de drenaje.</p> <p>La comunidad universitaria está dispuesta</p>
CAUDAL POTENCIA DIAMETRO PULGADAS	BOMBA MOTOR TUBERIAS TDH	GPM HP																
22000	162 26	7																
22000	162 26	7																
18000	127 20	6																
6000	51 14	6																

<p><b>Componente productivo O3-</b> Implementar una granja integral agropecuaria que permita a los estudiantes y agricultores de la provincia de Los Ríos tener una experiencia vivencial en cuanto al correcto manejo agroproductivo de los diversos cultivos y crianza de animales con nuevas metodologías que maximicen su productividad.</p> <p><b>Componente ambiental O4.-</b> Coordinar, formular y ejecutar la implementación de un plan de manejo y mitigación de riesgo orientado al control de impactos en la zona de implementación del proyecto.</p>	<p>Existencia de una granja integral agroproductiva que contempla 60 has dentro de los predios de la Universidad Técnica de Babahoyo.</p> <p>Existencia de un análisis de impactos de acuerdo al tipo del proyecto y un plan de manejo y mitigación de riesgos de acorde a lo requerido según la intervención que se realiza.</p>	<p>zona bajo una situación sin proyecto y con proyecto.</p> <p>Documentos fotográficos de registros de visitas al sitio de implementación del proyecto.</p> <p>Documento de recomendaciones en cuanto al manejo ambiental del sistema de riego presurizado.</p>	<p>a desarrollar el proyecto de la granja integral orgánica.</p> <p>La Universidad Técnica de Babahoyo cuenta con el personal capacitado para el desarrollo de los análisis requeridos.</p>
---	---	---	---

## **Ingeniería del proyecto**

Es crucial resaltar que, antes de tomar una decisión técnica en relación con la propuesta de riego y drenaje, que incluye la construcción de infraestructuras en el área de influencia del proyecto, el equipo técnico de la Universidad Técnica de Babahoyo realizó un minucioso estudio de planimetría y altimetría en la zona de intervención. Estos levantamientos topográficos proporcionaron información detallada y precisa, que resultó fundamental para el diseño de las obras hidráulicas previstas para su construcción. El principal objetivo de estos diseños es asegurar una capacidad de drenaje adecuada en el área a intervenir, lo que, a su vez, posibilitará el riego de las zonas contempladas en el proyecto.

Este enfoque no solo influye de manera inmediata en la efectividad del sistema de riego y drenaje, sino que también tiene repercusiones a largo plazo que repercuten en beneficio de las generaciones venideras, especialmente en el ámbito de la investigación relacionada con la agricultura y el riego tecnificado. Es importante destacar que se ha llevado a cabo un exhaustivo trabajo de campo siguiendo criterios técnicos específicos. Esto garantiza que las soluciones propuestas sean sólidas desde una perspectiva técnica y que satisfagan las necesidades presentes y futuras de la zona, contribuyendo así al desarrollo sostenible y al avance en el sector agrícola.

### **Situación actual**

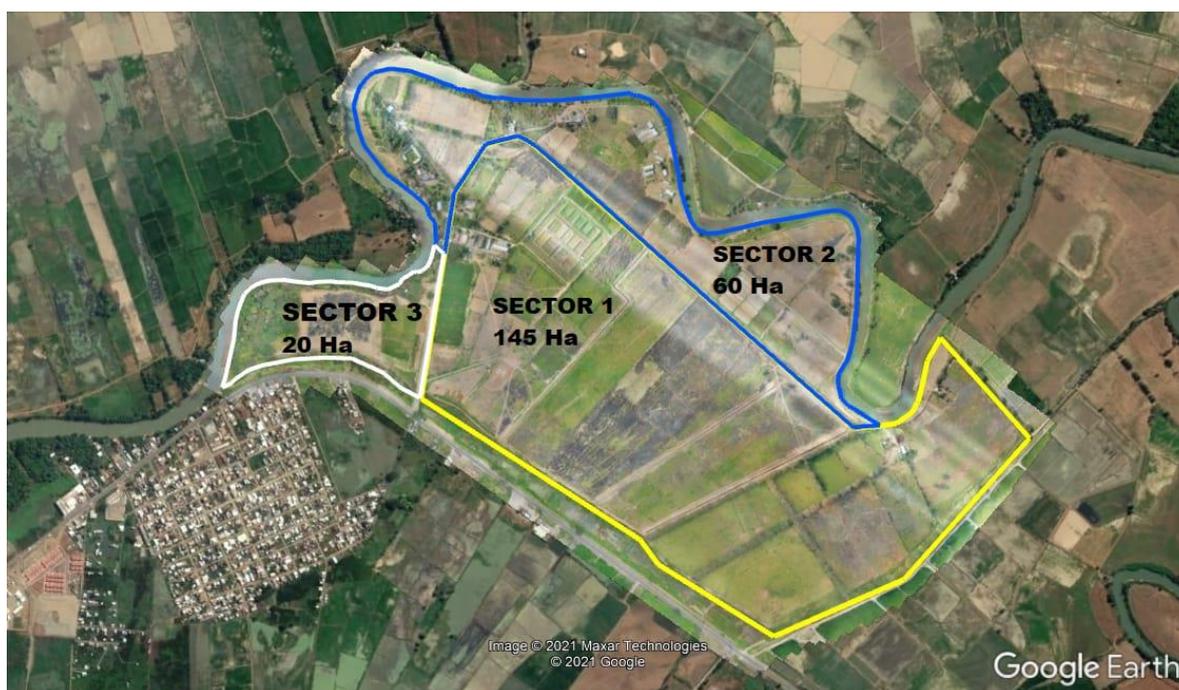
La Universidad Técnica de Babahoyo tiene una población estudiantil de 11,740 alumnos que abarcan desde el primer hasta el décimo nivel. Además, se ofrecieron 2,534 cupos en el preuniversitario para el período académico de noviembre de 2022. La institución emplea a 935 personas, incluyendo docentes, personal administrativo y trabajadores. En total, se estima que alrededor de 15,209 familias se benefician de esta institución educativa, considerando un promedio de 4 personas por hogar según datos del INEC. Esto significa que aproximadamente 60,836 individuos se ven impactados por el funcionamiento de la universidad.

La Universidad Técnica de Babahoyo se enfrenta a un desafío significativo durante la temporada de lluvias, ya que una extensión de 225 hectáreas en su entorno se ve afectada por inundaciones. Estas inundaciones tienen un impacto negativo en las actividades de

investigación de los estudiantes, lo que interrumpe su proceso de aprendizaje y desarrollo profesional. La razón detrás de esta situación es que la universidad carece de un sistema de bombeo para drenar las aguas durante la temporada de lluvias.

Es importante resaltar que actualmente se están llevando a cabo esfuerzos para abordar este problema a través de la construcción de canales de drenaje. Estos canales han sido diseñados con una pendiente de 1 metro de caída por cada 1000 metros de longitud, lo que facilitará la evacuación del agua hacia las estaciones de bombeo que se planean instalar como parte de este proyecto. Este enfoque tiene como objetivo resolver los desafíos relacionados con las inundaciones en la universidad y, en última instancia, mejorar las condiciones para el aprendizaje y la investigación de los estudiantes.

**Grafico 1. Área objeto del Proyecto**



**Imagen 1.** Granja Integral Autosustentable de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, de la Universidad Técnica de Babahoyo.

## **Metodología.**

### Localización del campo experimental

Este estudio se llevó a cabo en las instalaciones de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Babahoyo, que se encuentra situada en el kilómetro 7.5 de la carretera que conecta Babahoyo con Montalvo.

La región en la que se encuentra la facultad presenta un clima tropical húmedo, caracterizado por una temperatura media promedio de 25.54 °C, una humedad relativa que oscila entre el 77% y el 83.39%, una precipitación anual de 2090 mm, una evaporación de 1293.97 mm, una altitud de 7 metros sobre el nivel del mar y un promedio diario de 3.5 horas de luz solar. Las coordenadas UTM de la ubicación son zona 17M, 668890 metros al Este y 9801008 metros al Norte.

## **2.2. Diseño del Proyecto**

El levantamiento topográfico realizado en la Granja Integral Autosustentable reveló una extensión total de 225 hectáreas que se verán influenciadas por el sistema de drenaje. Estas hectáreas están divididas en tres sectores: el sector 1 abarca 145 hectáreas, el sector 2 comprende 60 hectáreas y el sector 3 tiene una extensión de 20 hectáreas. Es importante mencionar que, debido a la ausencia de sistemas de drenaje funcionales en las parcelas vecinas y considerando la intensidad máxima de lluvia por hora registrada en la Granja Integral Autosustentable (FACIAG), se procedió a calcular el caudal que se requiere drenar.

Para realizar este cálculo, se utilizó una combinación de herramientas, incluyendo hojas de cálculo en Excel y la Plataforma Virtual de Riego y Drenaje proporcionada por el Consorcio de los Gobiernos Autónomos Provinciales del Ecuador (CONGOPE). Esta plataforma se basa en el mapa de intensidades máximas de lluvia en Ecuador con un período de retorno de 50 años y datos meteorológicos específicos de la estación meteorológica de la Universidad Técnica de Babahoyo, recopilados en el período de 1980 a 2011. Además, se utilizaron datos de suelos del Sistema de Información Geográfica (SIG) de Tierras.

Una vez que se ingresaron estos datos en la plataforma, se obtuvieron varios resultados clave, incluyendo el Caudal de Diseño, las Dimensiones de los Canales, el Tiempo de

Concentración, la Precipitación de Diseño y la Escorrentía. Estos datos proporcionan información detallada para el diseño hidráulico del sistema de drenaje.

En relación a los canales de drenaje, ya se ha establecido una red existente que incluye un canal principal con una capacidad de 7.08 m<sup>3</sup>/s para el sector 1, un canal de 5.05 m<sup>3</sup>/s para el sector 2 y otro canal de 5.05 m<sup>3</sup>/s para el sector 3. Además, se ha realizado un levantamiento altimétrico del terreno para la construcción de cuatro canales secundarios. Estos canales secundarios se distribuyeron de manera proporcional en función de las dimensiones irregulares del predio y se ubicaron a una distancia de 180 metros entre el eje de los canales y los puntos de inicio de los canales secundarios, con una separación de 257 metros entre sí. El caudal máximo a drenar se distribuyó entre estos cuatro canales, dando como resultado un promedio de 1.77 m<sup>3</sup>/s por canal. Estos canales secundarios están conectados al canal principal del sector 1, y la suma de sus caudales asciende a 7.08 m<sup>3</sup>/s en total.

### 2.2.1. Levantamiento Altimétrico

Se instalaron señales de referencia a intervalos de 20 metros en el área destinada para la instalación de los drenajes, con el propósito de registrar las alturas correspondientes. Las mediciones arrojaron los siguientes resultados:

Nivelación topográfica

OBS	BALIZADO	DISTANC	P-VISTOS	LECTURA ATRÁS	LECT-INTERMEDIA	LECTURA ADELANTE	H+I	COTA TERRENO
	0+000	0	1	1,616			9,5	7,97
	0+020	20	2		1,414			8,17
	0+040	20	3	0,953		1,523	9,0	8,06
	0+060	20	4		3,272			5,75
	0+080	20	5		2,968			6,05
	0+100	20	6		2,868			6,15
	0+120	20	7		2,846			6,17
	0+140	20	8		2,888			6,13
	0+160	20	9	1,473		2,974	7,5	6,04
	0+180	20	10		1,538			5,98
	0+200	20	11		1,487			6,03
	0+220	20	12		1,731			5,79
	0+240	20	13	1,230		1,646	7,1	5,87
	0+260	20	14		1,234			5,87
	0+280	20	15		1,408			5,69
	0+300	20	16		1,344			5,76
	0+320	20	17		1,484			5,62

	0+340	20	18		1,624			<b>5,48</b>
	0+360	20	19	0,887		1,012	<b>6,9</b>	<b>6,09</b>
	0+380	20	20		1,412			<b>5,56</b>
	0+400	20	21		1,478			<b>5,50</b>
	0+420	20	22		1,415			<b>5,56</b>
	0+440	20	23		1,446			<b>5,53</b>
	0+460	20	24	1,243		1,605	<b>6,6</b>	<b>5,37</b>
	0+480	20	25		1,368			<b>5,25</b>
	0+500	20	26		1,406			<b>5,21</b>
	0+520	20	27		1,398			<b>5,22</b>
	0+540	20	28		1,414			<b>5,20</b>
	0+560	20	29	1,562		1,458	<b>6,7</b>	<b>5,16</b>
	0+580	20	30		1,441			<b>5,28</b>
	0+600	20	31		1,414			<b>5,30</b>
	0+620	20	32		1,444			<b>5,27</b>
	0+640	20	33	1,369		1,318	<b>6,7</b>	<b>5,40</b>
	0+660	20	34		1,412			<b>5,36</b>
	0+680	20	35		1,433			<b>5,34</b>
	0+700	20	36		1,418			<b>5,35</b>
	0+720	20	37		1,492			<b>5,28</b>
	0+740	20	38	1,553		1,666	<b>6,6</b>	<b>5,10</b>
	0+760	20	39		1,524			<b>5,13</b>
	0+780	20	40		1,528			<b>5,13</b>
	0+800	20	41		1,502			<b>5,15</b>

Los datos registrados en la libreta de campo indican que, a excepción de las tres primeras cotas obtenidas en la carretera, la diferencia de altitud en el terreno varía entre 6,17 metros en la altura máxima y 5,10 metros en la altura mínima. Esto resulta en un desnivel de 1,07 metros en el área que se ve afectada por el sistema de drenaje, lo que equivale a un 0,15 % de pendiente.

Según las pautas establecidas en el Manual Técnico para el Diseño de Sistemas de Drenaje en Suelos Agrícolas de Ecuador, se consideran terrenos planos aquellos que no superan el 2 % de pendiente. En este contexto, el terreno en cuestión cumple con los criterios de ser considerado plano, ya que la pendiente registrada es significativamente inferior al umbral del 2 %.

La topografía y la pendiente del terreno son factores cruciales en el diseño de sistemas de drenaje, ya que influyen en la velocidad de escurrimiento del agua y la eficacia del sistema en la eliminación del exceso de agua. En terrenos planos como este, es importante considerar el diseño de drenajes adecuados para garantizar un flujo eficiente de agua y evitar problemas de inundación o encharcamiento en la zona.

## 2.2.2. Cálculo de volúmenes

En el cuadro se observan las dimensiones, longitud y volumen de los canales secundarios y principal, dando una longitud total de 6500,77 m y volumen de 91670,57 m<sup>3</sup>

**Cuadro 1. Detalle de Canales de Drenaje**

DESCRIPCION	TRAMO	DIMENSIONES			LONGITUD m	VOLUMEN m <sup>3</sup>
		BOCA	RASANTE	ALTURA		
CANAL SECUNDARIO 1	A	6,00	1,00	3,00	848	7369,12
	B	6,00	1,00	2,00		
CANAL SECUNDARIO 2	A	7,00	1,00	3,00	750	7515
	B	6,25	1,00	2,25		
CANAL SECUNDARIO 3	A	7,00	1,00	3,00	700	7102,57
	B	6,30	1,00	2,30		
CANAL SECUNDARIO 4	A	7,00	1,00	3,00	748	7589,61
	B	6,30	1,00	2,30		
CANAL PUERTA NEGRA	A	7,00	1,00	6,40	571	5938,83
	B	6,40	1,00	2,40		
CANAL VETERINARIA	A	7,00	1,00	6,40	876	8488,44
	B	6,12	1,00	2,12		
CANAL CARRETERO	A	7,00	1,00	6,40	675	8100
	B	6,12	1,00	2,12		

CANAL PRINCIPAL	A	10,00	1,50	6,00	1332,77	39567
	B	9,33	1,50	5,33		

En el cuadro se observan las dimensiones, longitud y volumen de los canales secundarios y principal, dando una longitud total de 6500,77 m y volumen de 91670,57 m<sup>3</sup>

#### 4. Estación de bombeo

Las especificaciones del equipo de succión, descarga y la potencia del motor, así como el caudal de la bomba destinada a drenar el agua, son aspectos fundamentales para asegurar el funcionamiento eficiente de las operaciones en la Facultad de Ciencias Agropecuarias. Esto, a su vez, tiene un impacto significativo en el desempeño general de la Universidad Técnica de Babahoyo.

En particular, durante la temporada de lluvias, es esencial contar con un sistema de drenaje efectivo que permita evacuar rápidamente las precipitaciones. La incapacidad para hacerlo podría tener una serie de consecuencias negativas tanto en la granja integral como en otros sectores de la FACIAG.

Uno de los aspectos clave en el diseño de este sistema es calcular adecuadamente la potencia de las bombas de drenaje. Es importante encontrar un equilibrio en este cálculo para evitar el sobredimensionamiento de las bombas, es decir, evitar que sean más grandes de lo necesario. Un sobredimensionamiento innecesario puede resultar en un consumo de energía excesivo y costos operativos más altos.

Por lo tanto, es esencial realizar un diseño hidráulico y dimensionamiento del equipo de bombeo de manera precisa y adecuada para garantizar que el sistema de drenaje cumpla con su función de manera eficiente, sin desperdiciar recursos ni energía. Esto contribuye a mantener la operación continua y efectiva de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y la Universidad en su conjunto, incluso en condiciones climáticas desafiantes como las lluvias intensas.

**Cuadro 2. Detalle de capacidad y ubicación de estaciones de Bombeo**

<b>Tipo de Obra</b>	<b>Materiales de construcción</b>	<b>Capacidad (m<sup>3</sup>/h)</b>	<b>Coordenada de ubicación</b>
<b>Estación de bombeo</b>	<b>Concreto y Hierro</b>	<b>3645.434m<sup>3</sup>/h</b>	<b>X = 668615.5912 Y = 9800505.8467</b>
<b>Estación de bombeo</b>	<b>Concreto y Hierro</b>	<b>3645.434m<sup>3</sup>/h</b>	<b>X = 668615.5912 Y = 9800505.8467</b>
<b>Estación de bombeo</b>	<b>Concreto y Hierro</b>	<b>3494.878 m<sup>3</sup>/h</b>	<b>X = 668582.8395 Y = 9800527.5521</b>
<b>Estación de bombeo</b>	<b>Concreto y Hierro</b>	<b>1399.042 m<sup>3</sup>/h</b>	<b>X = 669063.2463 Y = 9801428.4956</b>

## **1. Climatología.**

La climatología es una disciplina científica dedicada al estudio del clima y sus variaciones a lo largo del tiempo. Aunque comparte parámetros con la meteorología, su enfoque es diferente, ya que no se centra en hacer predicciones a corto plazo, sino en investigar las características climáticas a largo plazo.

El objetivo principal de los estudios de climatología es proporcionar información esencial para caracterizar los recursos naturales, particularmente en el contexto del manejo integral de las microcuencas, con el fin de implementar prácticas de conservación que ayuden a restaurar el equilibrio del entorno natural y permitan un aprovechamiento sostenible de los recursos.

El método analítico desempeña un papel fundamental en el estudio de la climatología. Este enfoque se basa en el análisis estadístico de las características climáticas consideradas más relevantes. A través de este método, se determinan los valores promedio de los diferentes elementos atmosféricos que influyen en el clima.

En el contexto de un proyecto de drenaje agrícola, algunos de los elementos climáticos clave que se deben considerar incluyen:

- **Precipitación:** La cantidad de agua que cae en forma de lluvia, nieve u otros tipos de precipitación.
- **Temperatura:** La medida de calor o frío en la atmósfera, que varía a lo largo del día y las estaciones.
- **Humedad relativa:** La relación entre la cantidad de vapor de agua presente en el aire y la máxima cantidad que podría contener a una temperatura dada.
- **Evaporación:** El proceso mediante el cual el agua se convierte en vapor y se eleva a la atmósfera desde superficies líquidas.

Estos elementos climáticos desempeñan un papel crucial en la gestión del agua y la agricultura, ya que influyen en la disponibilidad de agua, las condiciones de cultivo y el rendimiento de los cultivos. El análisis climatológico proporciona la base para tomar decisiones informadas en la planificación y diseño de proyectos de drenaje agrícola y conservación de recursos naturales.

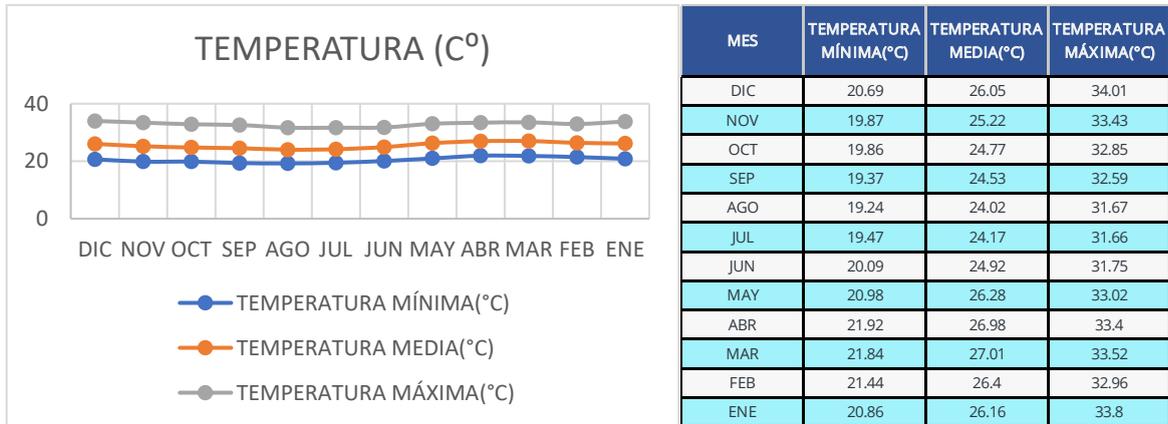
#### **4.1 Temperatura**

El cuadro de temperaturas nos muestra que las temperaturas promedio mensuales oscilan entre los 24.02 y 26.98 grados Celsius. Esto revela que el mes de abril registra las temperaturas más elevadas, mientras que el mes de agosto presenta las temperaturas más bajas. Estos datos específicos se encuentran detallados en el Anexo climatológico 1.

Las temperaturas son un componente esencial en la caracterización climática de una región y tienen un impacto significativo en diversos aspectos, desde la agricultura hasta el bienestar humano. La variación de temperaturas a lo largo del año proporciona información importante sobre las estaciones climáticas y puede influir en la planificación de actividades al aire libre, el uso de recursos naturales y la gestión de cultivos.

El hecho de que abril tenga las temperaturas más altas y agosto las más bajas puede estar relacionado con factores estacionales y geográficos, como la posición del sol, la altitud y la proximidad a cuerpos de agua. Estos datos climáticos son cruciales para comprender y adaptarse a las condiciones climáticas en una región específica.

**Cuadro 3. Temperatura promedio mensual**



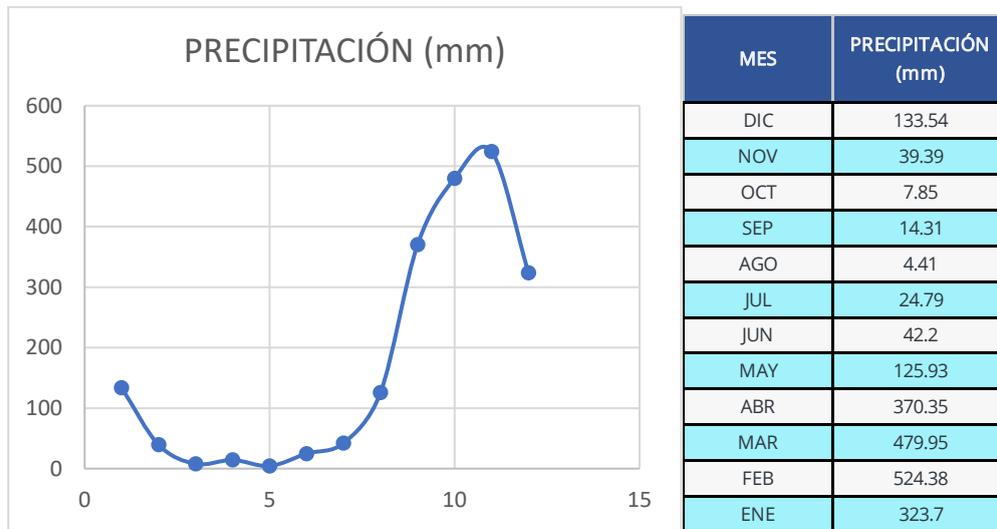
## 4.2. Precipitación

La precipitación se refiere a la llegada de agua en forma de lluvia, llovizna, nieve, granizo, entre otras, desde las nubes hasta la superficie terrestre. Esta cantidad de agua se mide en términos de altura de precipitación, que se expresa en milímetros (mm). Un milímetro de precipitación equivale a la altura que se obtendría si cayera un litro de agua sobre un metro cuadrado de superficie. En el Anexo climatológico 2, se pueden encontrar datos específicos sobre la precipitación registrada en diferentes meses.

La precipitación es un componente climático fundamental y tiene un impacto significativo en varios aspectos de la vida, la agricultura y el medio ambiente. El registro de las cantidades de precipitación en diferentes meses del año es esencial para comprender las estaciones climáticas y las variaciones en el suministro de agua en una región dada.

Por ejemplo, en el mes de febrero se registra la mayor precipitación media promedio, con un valor de 524.38 mm, lo que indica que es un período en el que suele llover más abundantemente. Por otro lado, el mes de agosto presenta la precipitación más baja, con solo 4.41 mm, lo que sugiere que es una época caracterizada por condiciones más secas, posiblemente asociadas a una temporada de sequía en la región. Estos datos son esenciales para la planificación agrícola, la gestión del agua y la comprensión del clima local.

**Cuadro 4. Precipitaciones promedio mensual**

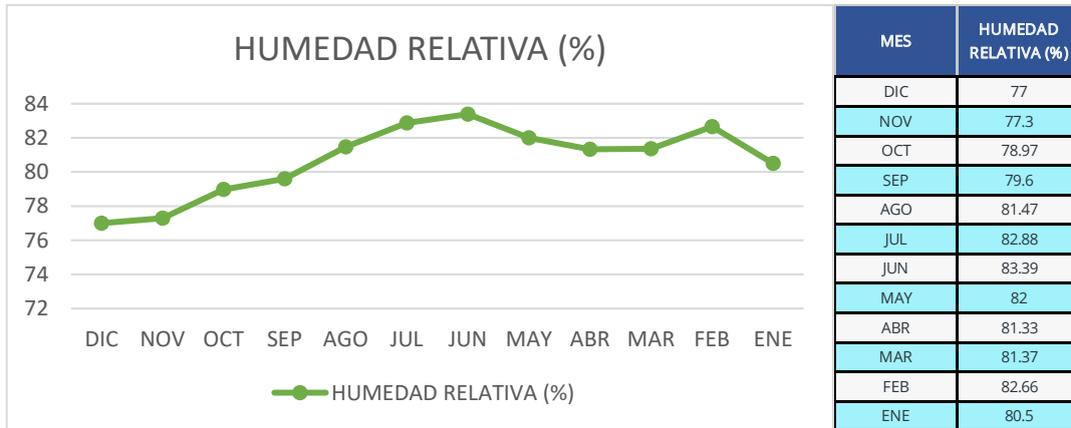


### 4.3. Humedad relativa

En el mes de junio, se registra el mayor nivel de humedad relativa, expresado en porcentaje (%). Este fenómeno se debe a un parámetro que evalúa el grado de saturación de la atmósfera. La humedad relativa se define como la relación entre la tensión de vapor actual y la tensión de vapor saturante a una temperatura específica, multiplicada por cien para expresarse en porcentaje. Pueden encontrar más detalles sobre estos datos en el Anexo climatológico 3.

La humedad relativa es un indicador importante en meteorología, ya que afecta la percepción del clima y tiene implicaciones en diversas áreas, como la salud, la agricultura y la climatología. Un alto porcentaje de humedad relativa, como el registrado en junio, generalmente indica que la atmósfera está cerca de estar completamente saturada de vapor de agua, lo que puede dar lugar a condiciones más húmedas y posiblemente a la formación de nubes y precipitación. Esta información es valiosa para comprender el comportamiento climático en una región durante un período específico.

**Cuadro 5. Humedad relativa mensual**

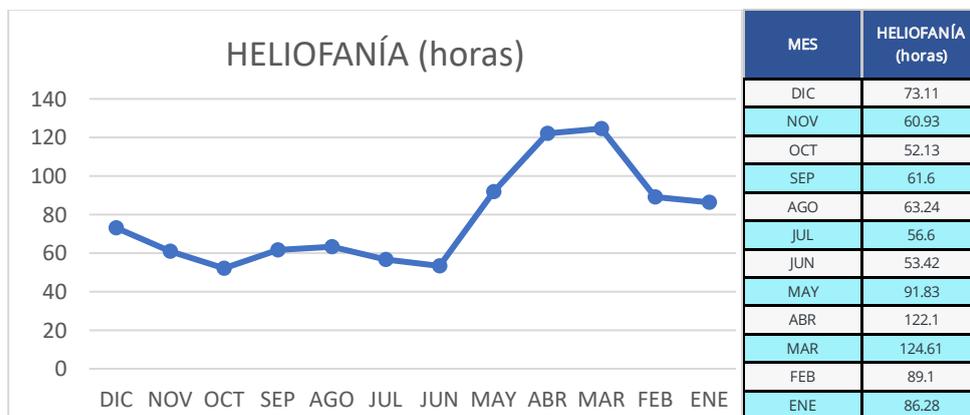


**4.4. Heliofanía**

El mes de marzo presenta el mayor período de tiempo en el que el sol brilla con un total de 124.61 horas, y este período se mide en horas y minutos. Esto significa que durante marzo, se experimenta la mayor cantidad de horas de luz solar en comparación con otros meses del año. Estos datos específicos se pueden encontrar en el Anexo climatológico 4.

El número de horas de brillo solar en un mes es un indicador importante en climatología y meteorología, ya que tiene un impacto significativo en diversos aspectos, como el clima, la agricultura y la disponibilidad de luz natural para las actividades diarias. El hecho de que marzo tenga la mayor cantidad de horas de sol sugiere que es un mes en el que se experimenta un clima más soleado y, por lo tanto, puede tener implicaciones en la planificación de actividades al aire libre y en la producción agrícola.

**Cuadro 6. Heliofanía mensual**



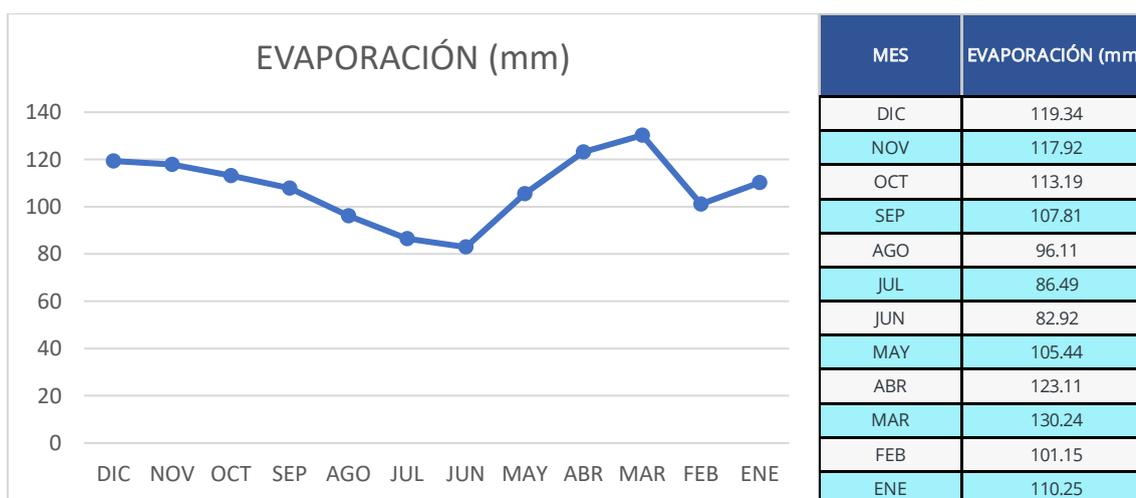
## 1.5. Evaporación

La evaporación se refiere al proceso mediante el cual el agua líquida se convierte en vapor de agua y se emite a la atmósfera desde una superficie que está por debajo del punto de ebullición del agua. Es importante destacar que este proceso no implica que el agua alcance su punto de ebullición, ya que la evaporación puede ocurrir a temperaturas mucho más bajas. Un ejemplo notable de este proceso es el mes de marzo, que presenta la mayor cantidad de evaporación, alcanzando un total de 130.24 mm, como se detalla en el Anexo climatológico 5.

La evaporación es un fenómeno natural esencial en el ciclo del agua, ya que contribuye a la transferencia de agua desde superficies líquidas, como cuerpos de agua y suelos húmedos, a la atmósfera en forma de vapor. Este vapor de agua luego se condensa y forma nubes, lo que eventualmente puede dar lugar a la precipitación en forma de lluvia o nieve.

El conocimiento de los patrones de evaporación es fundamental en la climatología y la gestión del agua, ya que afecta la disponibilidad de agua en diversas regiones y tiene un impacto significativo en la agricultura, la hidrología y el medio ambiente en general.

**Cuadro 7. Heliofanía mensual**



## **5. Diseño agronómico**

Entre todos los factores meteorológicos, la precipitación es el elemento que tiene un impacto más significativo en la agricultura. Esta se relaciona directamente con la disponibilidad de agua en el suelo, su capacidad para infiltrarse y retenerse, y también con la demanda de agua debido a la evaporación directa desde el suelo y la transpiración a través de los poros de las hojas de las plantas.

La precipitación es esencial para el suministro de agua a las plantas y para mantener la humedad del suelo en niveles adecuados. Cuando llueve, el agua se infiltra en el suelo y se convierte en una fuente vital para el crecimiento y desarrollo de los cultivos. Sin embargo, la cantidad y distribución de la precipitación pueden variar significativamente según la región y la estación del año, lo que puede afectar la producción agrícola.

La evaporación directa desde el suelo y la transpiración de las plantas son procesos naturales que consumen agua y son influenciados por factores como la temperatura, la humedad relativa y la radiación solar. Cuando estos procesos superan la cantidad de agua disponible en el suelo debido a la falta de precipitación, pueden surgir problemas de sequía, lo que puede tener un impacto negativo en los cultivos y la producción agrícola en general.

la precipitación y los procesos relacionados con el ciclo del agua desempeñan un papel crítico en la agricultura, ya que determinan la disponibilidad de agua para las plantas y, por lo tanto, influyen en el éxito de los cultivos y en la gestión del agua en la agricultura.

## **6. Cálculo de la evapotranspiración real**

La planificación agrícola se ve enormemente beneficiada por la comprensión del balance hídrico, dado que la gestión del agua para el riego de cultivos involucra desafíos tanto en términos de suministro como de excesos de agua. Un componente fundamental en la comprensión y evaluación de los elementos del balance hídrico es la estimación de la evapotranspiración potencial, es decir, la cantidad máxima de agua que podría perderse a través de la evaporación y la transpiración de las plantas.

En los últimos 50 años, se ha realizado un extenso trabajo en todo el mundo para desarrollar diversos métodos empíricos destinados a estimar la evapotranspiración a partir

de diversas variables climáticas. Estas ecuaciones a menudo se han calibrado específicamente en entornos locales, pero su validez en un contexto global ha resultado limitada. Además, verificar la precisión de estos métodos bajo condiciones nuevas o cambiantes puede ser un proceso laborioso y costoso.

Sin embargo, es fundamental disponer de datos de evapotranspiración al planificar proyectos relacionados con el uso del agua. Para abordar esta necesidad, y teniendo en cuenta la disponibilidad de datos, se pueden aplicar cualquiera de los métodos que se describen a continuación:

### **6.1 Método Thornthwaite (1944)**

Los cálculos desarrollados por Thornthwaite se fundamentan en métodos empíricos que fueron llevados a cabo en las áreas húmedas ubicadas en el Este de Estados Unidos. Estos cálculos están diseñados específicamente para estimar la evapotranspiración potencial, es decir, la cantidad máxima de agua que podría evaporarse y transpirarse en una región dada. La estimación de la evapotranspiración potencial se realiza principalmente en función de la temperatura media, y se realiza una corrección adicional teniendo en cuenta la duración astronómica del día y el número de días en el mes.

Este enfoque se originó a partir de observaciones y mediciones realizadas en zonas caracterizadas por un alto nivel de humedad en el ambiente, lo que hace que sea especialmente relevante para las regiones con condiciones climáticas similares. Thornthwaite desarrolló estas fórmulas empíricas para proporcionar una manera de cuantificar y entender mejor el ciclo del agua en áreas con abundante precipitación y temperaturas variables.

Los cálculos de Thornthwaite se basan en procedimientos empíricos que se originaron en regiones húmedas del Este de Estados Unidos, y se utilizan para estimar la evapotranspiración potencial, considerando principalmente la temperatura media y corrigiendo factores adicionales relacionados con la duración del día y el número de días en el mes. Estos cálculos son útiles para comprender y gestionar el ciclo del agua en áreas con condiciones climáticas similares.

**Cuadro 8. Evapotranspiración Real Método Thornthwaite**

MES	Evapotranspiración Potencial (mm)	Evapotranspiración Real (mm)
ENE	135.06	99.94
FEB	125.47	92.85
MAR	150.06	111.04
ABR	144.2	106.71
MAY	135.3	100.12
JUN	109.58	81.09
JUL	101.68	75.24
AGO	99.85	73.89
SEP	104.05	77
OCT	111.65	82.62
NOV	115.72	85.63
DIC	133.11	98.5

$$Etp = 16Rt \left( \frac{10T}{I} \right)^a$$

Donde:

Etp: Evapotranspiración Potencial en mm/mes

T: Temperatura media mensual en °C

I: Índice calórico anual, que se calcula a partir de la suma de los doce índices de calor mensuales:

$$i_j = \left( \frac{T_j}{5} \right)^{1.514}$$

a: parámetro que se calcula a partir de I, según la expresión:

$$a = 0,000000675 \times I^3 - 0,0000771 \times I^2 + 0,01792 \times I + 0,49239$$

Rt: El índice de iluminación, también conocido como coeficiente de radiación solar, es un parámetro que considera la duración de la luz solar en función de la latitud y se utiliza para evaluar la disponibilidad de luz solar en una determinada ubicación. Este índice, denotado como Rt, se calcula tomando en cuenta el número de días en el mes y la cantidad de horas de luz solar en cada uno de esos días.

Para determinar el valor de Rt, se hace referencia a una tabla que proporciona valores específicos en función de la latitud geográfica. Este índice es de gran importancia en diversos campos, como la agricultura y la energía solar, ya que permite estimar la cantidad de energía solar disponible en una región durante un período de tiempo determinado. La disponibilidad de luz solar es fundamental para el crecimiento de cultivos y para la generación de energía a partir de paneles solares.

el índice de iluminación (Rt) es un factor crucial en la evaluación de la radiación solar y la disponibilidad de luz solar en una ubicación específica, y su valor se obtiene consultando una tabla que considera la latitud geográfica. Este índice tiene aplicaciones significativas en diversas áreas donde la luz solar juega un papel importante.

**Cuadro 9. Duración promedio posible del fotoperiodo (Rt) expresado en unidades de 30 días de 12 horas cada uno**

Mes	Latitud en grados		
	Norte 5	0	Sur -5
Enero	1.02	1.04	1.06
Febrero	0.93	0.94	0.95
Marzo	1.03	1.04	1.04
Abril	1.02	1.01	1.00
Mayo	1.06	1.04	1.02
Junio	1.03	1.01	0.99
Julio	1.06	1.04	1.02
Agosto	1.05	1.04	1.03
Septiembre	1.01	1.01	1.00
Octubre	1.03	1.04	1.05
Noviembre	0.99	1.01	1.03
Diciembre	1.02	1.04	1.06

## 7. Cálculo de la precipitación efectiva

La precipitación efectiva (Pe) se refiere a la parte de la precipitación total que es aprovechada por las plantas y contribuye al suministro de agua en el suelo. La cantidad

de precipitación efectiva depende de una serie de factores, como la intensidad de la lluvia, la aridez del clima, la pendiente del terreno, el contenido de humedad del suelo y la velocidad de infiltración.

Como punto de partida para calcular la precipitación efectiva, Brouwer y Heibloem proponen las siguientes fórmulas para áreas con pendientes menores al 5%:

1.  $Pe = 0.8P - 25$ , si  $P \geq 75$  mm/mes
2.  $Pe = 0.6P - 10$ , si  $P \leq 75$  mm/mes.

Estas fórmulas proporcionan una estimación inicial de la precipitación efectiva en función de la cantidad total de precipitación (P) y la clasificación en función del valor umbral de 75 mm/mes. Esta información es valiosa para comprender cómo la precipitación se distribuye a lo largo del año y cuándo se producen las mayores precipitaciones en la región.

En el cuadro 10, se pueden observar los datos específicos sobre la cantidad de precipitación en los primeros cuatro meses del año, lo que proporciona información esencial para el diseño del sistema de drenaje en el área del proyecto. Estos datos ayudan a determinar cuándo es más probable que ocurran eventos de precipitación significativos, lo que es crucial para dimensionar adecuadamente las estructuras de drenaje y garantizar una gestión efectiva del agua en la zona.

**Cuadro 10. Precipitación efectiva**

MES	Precipitación (mm)	Precipitación Efectiva (mm)
ENE	323.7	233.96
FEB	524.38	394.51
MAR	479.95	358.96

ABR	370.35	271.28
MAY	125.93	75.74
JUN	42.2	15.32
JUL	24.79	4.88
AGO	4.41	0
SEP	14.31	0
OCT	7.85	0
NOV	39.39	13.63
DIC	133.54	81.83

## 8. Cálculo del balance hídrico

Cuando se analiza el balance mensual entre la cantidad de agua perdida a través de la evapotranspiración y la cantidad de precipitación efectiva, se pueden identificar dos situaciones clave:

1. **Déficit Hídrico:** Cuando el balance mensual muestra un resultado positivo, esto indica que la cantidad de agua que se pierde debido a la evapotranspiración supera la cantidad de precipitación efectiva. En esta situación, se presenta un déficit hídrico en la zona, lo que significa que la demanda de agua de los cultivos y el suelo supera lo que la naturaleza proporciona a través de la lluvia. Para abordar este déficit y garantizar el suministro adecuado de agua a los cultivos, es necesario implementar sistemas de riego. Además, en este contexto, los sistemas de drenaje generalmente

se orientan hacia un enfoque subsuperficial para garantizar que el agua se distribuya de manera eficaz en el suelo y esté disponible para las plantas.

2. **Exceso de Agua:** Por otro lado, cuando el balance mensual resulta en un valor negativo, esto indica que la cantidad de precipitación efectiva supera la cantidad de agua perdida por evapotranspiración. En esta situación, hay un exceso de agua en la zona, lo que puede generar problemas como inundaciones y anegamiento de los cultivos. Para abordar este exceso de agua, es necesario implementar sistemas de drenaje superficial, que ayuden a eliminar el exceso de agua de manera efectiva, evitando daños a los cultivos y estructuras.

En resumen, el análisis del balance mensual entre la evapotranspiración y la precipitación efectiva es fundamental para determinar si se necesita riego o drenaje en una zona específica. La elección entre sistemas de riego o drenaje superficial/subsuperficial depende de si se enfrenta un déficit hídrico o un exceso de agua, respectivamente. Esta comprensión y adecuada gestión del agua son cruciales para la agricultura y la planificación del uso de la tierra.

**Cuadro 11. Balance hídrico**

MES	Balance hídrico (mm)
ENE	134.02
FEB	301.66
MAR	247.91
ABR	164.57
MAY	-24.38
JUN	-65.77
JUL	-70.37
AGO	-73.89
SEP	-77
OCT	-82.62
NOV	-72
DIC	-16.67

## 9. Diseño hidráulico

El proceso de diseño hidráulico implica la evaluación de la capacidad de la futura red de drenaje y la posterior determinación de sus dimensiones adecuadas. Para llevar a cabo este proceso de manera efectiva, es esencial seguir una serie de etapas fundamentales que incluyen:

1. **Evaluación de Requisitos:** En esta fase inicial, se debe comprender claramente cuáles son los requisitos y objetivos del sistema de drenaje. Esto incluye determinar la cantidad de agua que se espera evacuar, las condiciones climáticas locales, las características del terreno y las necesidades específicas del proyecto.
2. **Selección de Técnicas y Estructuras:** Se deben identificar las técnicas y estructuras apropiadas que se utilizarán en la red de drenaje, teniendo en cuenta factores como el tipo de suelo, la topografía, el caudal esperado y la capacidad de manejo de las estructuras.
3. **Dimensionamiento de Conductos y Estructuras:** En esta etapa, se determinan las dimensiones necesarias para los conductos y estructuras de la red de drenaje, de modo que puedan acomodar el flujo de agua previsto sin desbordarse ni generar problemas de inundación.
4. **Análisis de Costos:** Se evalúan los costos asociados con la construcción y mantenimiento de la red de drenaje, incluyendo la adquisición de materiales y la mano de obra. Esto es esencial para la planificación presupuestaria y la viabilidad del proyecto.
5. **Consideraciones Ambientales y Normativas:** Se deben tener en cuenta las regulaciones ambientales y normativas locales para garantizar que el diseño del sistema de drenaje cumpla con los requisitos legales y de conservación del entorno.
6. **Pruebas y Validación:** Antes de la implementación, es importante realizar pruebas y validaciones en modelos o prototipos para asegurarse de que el diseño propuesto funcione de manera efectiva y cumpla con los objetivos establecidos.
7. **Documentación del Diseño:** Se debe generar documentación detallada que incluya planos, cálculos, especificaciones técnicas y otros detalles necesarios para la construcción y operación del sistema de drenaje.
8. **Implementación y Mantenimiento:** Una vez que el diseño ha sido aprobado y documentado, se procede a la construcción y puesta en marcha del sistema de drenaje. Además, se establece un plan de mantenimiento para garantizar su funcionamiento óptimo a lo largo del tiempo.

Estas etapas son esenciales para llevar a cabo un diseño hidráulico exitoso y efectivo en la gestión de aguas pluviales, asegurando que el sistema de drenaje sea capaz de cumplir con sus objetivos de manera eficiente y sostenible.

## **9.1 Drenaje superficial**

Cuando se trata del diseño de un sistema de drenaje superficial, el enfoque se centra únicamente en gestionar el exceso de agua que se encuentra en la superficie del terreno, sin tener en cuenta el flujo subsuperficial o subterráneo. Esto se debe a que el flujo subsuperficial tiende a tener un tiempo de retardo significativamente más largo en comparación con el flujo superficial, y en consecuencia, su influencia en el dimensionamiento de la red de drenaje es limitada.

En otras palabras, el diseño del drenaje se concentra en la gestión de las aguas pluviales que se acumulan en la parte superior del suelo y que pueden generar inundaciones o afectar los cultivos y las estructuras en la superficie. El agua que se infiltra en el suelo y fluye a través de capas subterráneas generalmente tiene un tiempo de respuesta más lento y, por lo tanto, no se considera como un factor principal en el diseño de la red de drenaje superficial.

En resumen, el diseño del drenaje superficial se enfoca en abordar las preocupaciones inmediatas relacionadas con el exceso de agua en la superficie, mientras que el flujo subsuperficial se deja de lado debido a su tiempo de retardo prolongado y su menor influencia en el dimensionamiento del sistema de drenaje.

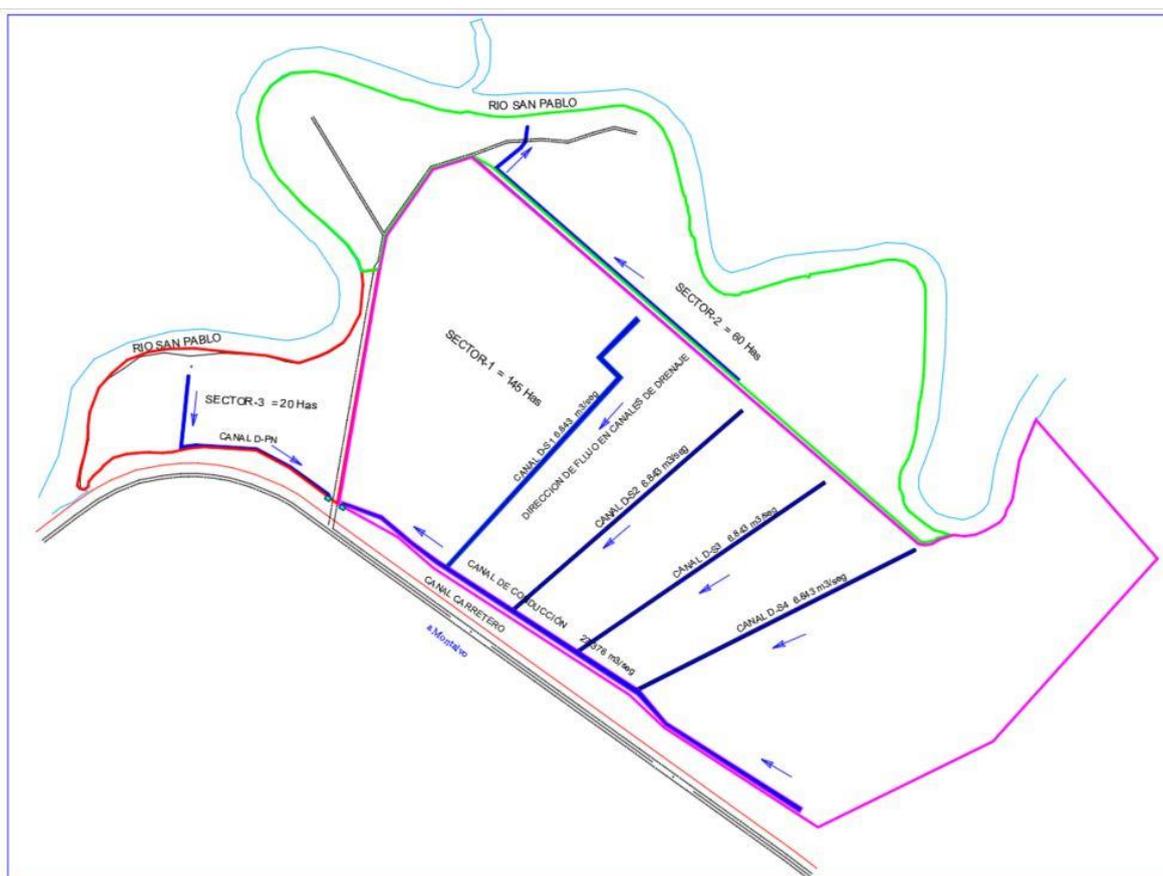
## **9.2 Trazado de la red**

La planificación de la red de drenaje implica la ubicación en el terreno de los drenes colectores y la definición de la dirección del flujo del agua. Es esencial que los drenes colectores se sitúen en los puntos más bajos del terreno, lo que requiere un análisis detenido de la topografía de la zona. Es importante evitar en todo momento que el trazado de la red de drenaje se adapte a consideraciones arquitectónicas o parcelarias. En lugar de eso, se debe priorizar el diseño de parcelas y estructuras de acuerdo con las vías de drenaje preestablecidas.

En esta fase del proceso, también es necesario identificar y definir los límites de cada microcuenca que contribuye al flujo de un determinado dren, y calcular el área correspondiente. Esta información es crucial para comprender cómo se distribuye el flujo de agua en la cuenca y cómo se puede gestionar de manera efectiva a lo largo de la red de drenaje.

En resumen, el trazado de la red de drenaje es un paso fundamental en la planificación y el diseño de sistemas de drenaje. Garantizar que los drenes colectores estén ubicados adecuadamente en los puntos más bajos del terreno y que el parcelamiento se ajuste a las vías de drenaje contribuye significativamente a la eficacia del sistema en la gestión de aguas pluviales y la prevención de inundaciones.

**Figura 2. Trazado del sistema de drenaje y definición de áreas de aportación**



### 9.3 Definición del tiempo de drenaje

El tiempo de drenaje se refiere al período de inundación que un cultivo puede soportar sin que su producción se vea significativamente afectada. Este tiempo de inundación se establece considerando un nivel de daño previamente definido, conocido como "daño permisible", que se determina a partir de consideraciones agronómicas y está relacionado con la combinación específica de factores como el tipo de cultivo, el tipo de suelo y las condiciones climáticas.

Cuando se produce una precipitación, comienza el proceso de infiltración y el suelo comienza a absorber agua. A medida que pasa el tiempo, la tasa de infiltración disminuye y, en algún momento, se vuelve menor que la intensidad de la lluvia. En este punto, comienza la acumulación de agua en la superficie del terreno, lo que lleva a inundaciones y escorrentía. Simultáneamente, el suelo se satura y puede acumular agua adicional. La lámina de inundación y la escorrentía aumentan hasta alcanzar su punto máximo a medida que el suelo acumula agua y se reduce la aireación. Una vez que cesa la lluvia, comienza un período de reducción de la lámina superficial debido a la disminución gradual de la escorrentía, y finaliza cuando desaparece la inundación. En este punto, el suelo comienza a recuperar la aireación, y cuando alcanza alrededor del 10% de aireación, se considera que ha finalizado el tiempo de exceso de agua.

El período desde el inicio de la inundación hasta que el suelo recupera aproximadamente un 10% de aireación se denomina tiempo total de exceso de agua. Las prácticas de drenaje pueden reducir únicamente el tiempo de inundación al modificar la topografía del terreno y construir sistemas de drenaje, lo que acelera la escorrentía. Por esta razón, para propósitos de diseño, el tiempo de inundación se considera equivalente al tiempo de drenaje.

Por lo tanto, el exceso de agua en la superficie debe ser evacuado en un período igual o menor al tiempo de drenaje para mantener el nivel de daño deseado. En consecuencia, el sistema de drenaje debe tener la capacidad necesaria para eliminar el exceso de agua superficial que se genere durante el tiempo de drenaje. En ausencia de datos locales, en Ecuador se adoptan los valores recomendados que se presentan en la siguiente tabla para determinar el tiempo de drenaje.

**Cuadro 12. Tiempo de drenaje (horas)**

Cultivos	Tiempo de drenaje (horas)
Hortalizas y cultivos delicados	6 – 8
Cultivos anuales	12 - 24
Pastos	48 - 72

Otra opción para determinar el período de drenaje es utilizar el cálculo del tiempo de concentración, que se define como el período en el que el agua que proviene del punto

más alejado en términos hidrológicos llega al lugar de drenaje. Este tiempo de concentración marca el momento a partir del cual el flujo de escorrentía se mantiene constante.

En los modelos de lluvia-escorrentía, se asume que la duración de la lluvia es igual al tiempo de concentración. Esto se debe a que durante este período, toda la cuenca contribuye al proceso de escorrentía, lo que significa que se esperan los caudales máximos en ese momento.

Es importante destacar que en la literatura especializada existen múltiples fórmulas y expresiones propuestas por diversos autores para calcular el tiempo de concentración. Estas fórmulas consideran una variedad de factores, como la topografía de la cuenca, la pendiente del terreno y la longitud de los canales de flujo, entre otros. La elección de la fórmula adecuada dependerá de las características específicas de la cuenca en estudio y de los objetivos del análisis hidrológico.

1. Témez:

$$T_c = 0.3 \left( \frac{L}{S^{0.25}} \right)^{0.75}$$

Tc: Tiempo de concentración (horas)  
L: Longitud del dren (km)  
S: Pendiente del dren (%)

2. Kirpich:

$$T_c = 0.066 \left( \frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0.77}$$

Tc: Tiempo de concentración (horas)  
L: Longitud del dren (km)  
S: Pendiente del dren (m/m)

#### 9.4 Estimación de la lluvia de diseño

Existen diversos métodos y procedimientos para calcular la escorrentía en diferentes situaciones hidrológicas, y muchos de ellos han sido desarrollados principalmente para estimar crecidas máximas durante eventos de lluvia intensa. Algunos ejemplos notables de estos métodos incluyen la fórmula Racional, el método de Cook y la fórmula de Mac Math. Sin embargo, cuando se trata de la gestión de drenaje superficial a nivel de parcelas agrícolas, la prioridad no suele ser la estimación de la crecida máxima.

En el contexto de la agricultura a nivel parcelario, lo que realmente importa es la capacidad de evacuar el agua de manera eficiente en un tiempo razonable que sea compatible con las necesidades del cultivo. Esto significa que en algunos casos, parte de

la cuenca o parcela puede estar temporalmente inundada durante ciertas horas, lo que no necesariamente representa un problema si la duración es compatible con la tolerancia del cultivo al exceso de agua. En estas situaciones, el objetivo principal es gestionar la escorrentía superficial de manera que no cause daños a los cultivos.

Solo en situaciones específicas, como el diseño de estructuras como alcantarillas o sistemas de control de inundaciones, se vuelve necesario calcular las crecidas máximas para garantizar la seguridad y el rendimiento adecuado de dichas estructuras. En resumen, la elección del método de cálculo de escorrentía depende en gran medida de los objetivos y las necesidades específicas de la gestión del agua en un determinado contexto, ya sea agrícola o de infraestructura.

En la estimación de la lluvia de diseño, se empleará un enfoque basado en las curvas de intensidad-duración y frecuencia, que están especificadas en el Estudio de Lluvias Intensas realizado por el INAMHI en el año 2015. Estas curvas proporcionan información crucial sobre la intensidad de la lluvia en relación con su duración y la frecuencia de ocurrencia.

En particular, se ha seleccionado un valor de 8.00 milímetros por hora (mm/h) en el gráfico correspondiente a una duración (D) de 24 horas y un período de retorno de 50 años. Esto significa que se está considerando un evento de lluvia extremadamente raro que se espera ocurra una vez cada 50 años en promedio. Bajo estas condiciones, se ha determinado que la lluvia de diseño tiene un valor de 19.20 centímetros (cm).

Este enfoque de cálculo de la lluvia de diseño es esencial para el diseño de infraestructuras de drenaje y control de inundaciones, ya que proporciona una base sólida para dimensionar adecuadamente estas estructuras y garantizar que sean capaces de gestionar eventos climáticos excepcionales. El uso de datos actuales y técnicas avanzadas de estimación de lluvia es fundamental para la planificación y la gestión eficiente del agua en diversas aplicaciones, desde la agricultura hasta la ingeniería civil.

$P_d$  = precipitación de diseño (cm)

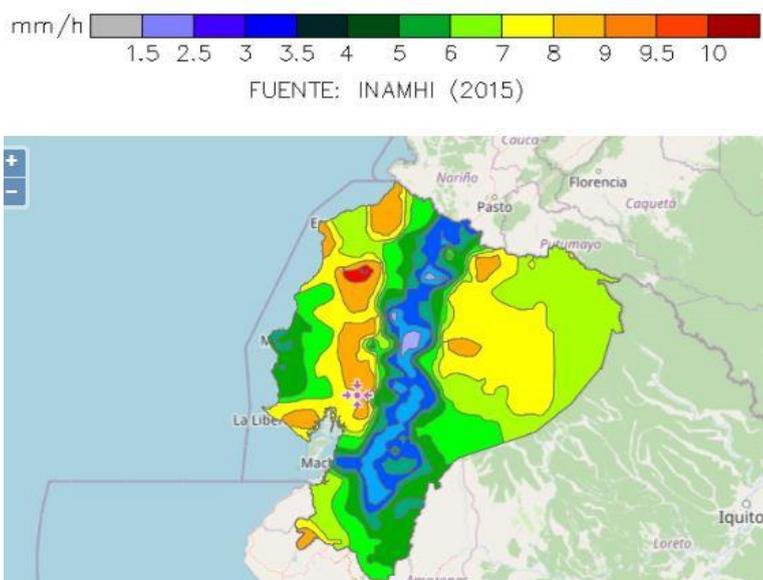
$I_{dtr}$  = intensidad diaria (mm/h)

$$P_d = \frac{i * 24}{10}$$

A continuación, se describe el procedimiento para calcular la intensidad máxima de precipitación.

Utilizando las coordenadas geográficas del sitio del proyecto, se procede a la identificación de la región de precipitación correspondiente, haciendo referencia a un mapa previamente elaborado por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). Esta identificación se basa en la ubicación geográfica precisa del proyecto y su relación con las regiones de precipitación definidas en el mapa.

Figura 3. Zonificación de intensidades de precipitación



Fuente: INAMHI, 2015

Cada una de estas áreas geográficas se asocia a una ecuación específica dentro del modelo de lluvia que se basa en la precipitación máxima registrada en un período de 24 horas. La Escorrentía de diseño (E) se refiere a la cantidad de agua superficial excedente que debe ser evacuada durante el tiempo de drenaje (td). Para calcular esta escorrentía, se recurre al método conocido como el "Número de Curva" del Servicio de Conservación de Suelos (Soil Conservation Service o SCS, por sus siglas en inglés), según lo establecido en 1972

Este método y ecuación son fundamentales en la hidrología y la ingeniería civil para estimar con precisión cuánta agua excedente se generará y debe ser manejada en un área determinada durante eventos de lluvia. La ecuación considera factores como la topografía, la vegetación, el tipo de suelo y la precipitación máxima para determinar la cantidad de escorrentía que se espera en una región específica. Este conocimiento es esencial para la planificación y el diseño de sistemas de drenaje y gestión de aguas pluviales.

Cuatro 13. Curvas Número (CN) para los complejos suelo cobertura en cuencas en condición de humedad media

USO DE SUELO O CUBIERTA	TRATAMIENTO Ó PRACTICA	CONDICIÓN HIDROLÓGICA	GRUPO DE SUELO HIDROLOGICO			
			A	B	C	D
Descuidado en descanso sin cultivo	Surco recto	Pobre	77	86	91	94
Cultivos en surcos	Surco recto	Pobre	72	81	88	91
	Surco recto	Buena	67	78	85	89
	Curvas de nivel	Pobre	70	79	84	88
	Curvas de nivel	Buena	65	75	82	86
	Curvas de nivel y en terrazas	Pobre	66	74	80	82
	Curvas de nivel y en terrazas	Buena	62	71	78	81
Pequeños Granos	Surco recto	Pobre	65	76	84	88
	Surco recto	Buena	63	75	83	87
	Curvas de nivel	Pobre	63	74	82	85
	Curvas de nivel	Buena	61	73	81	84
	Curvas de nivel y en terrazas	Pobre	61	72	79	82
	Curvas de nivel y en terrazas	Buena	59	70	78	81
Sembrios cerrados, legumbres o sembríos en rotacion	Surco recto	Pobre	66	77	85	89
	Surco recto	Buena	58	72	81	85
	Curvas de nivel	Pobre	64	75	83	85
	Curvas de nivel	Buena	55	69	78	83
	Curvas de nivel y en terrazas	Pobre	63	73	80	83
	Curvas de nivel y en terrazas	Buena	51	67	76	80
Pastizales o similares	sin especificar	Pobre	68	79	86	89
	sin especificar	Regular	49	69	79	84
	sin especificar	Buena	39	61	74	80

USO DE SUELO O CUBIERTA	TRATAMIENTO Ó PRACTICA	CONDICIÓN HIDROLÓGICA	GRUPO DE SUELO HIDROLOGICO			
			A	B	C	D
Pastizales o similares	Curvas de nivel	Pobre	47	67	81	88
	Curvas de nivel	Regular	25	59	75	83
	Curvas de nivel	Buena	6	35	70	79
Praderas (permanente)	sin especificar	Buena	30	58	71	78
Bosques	sin especificar	Pobre	45	66	77	83
	sin especificar	Regular	36	60	73	79
	sin especificar	Buena	25	55	70	77
Parques, patios	sin especificar		59	74	82	86
Caminos de tierra	sin especificar		72	82	87	89
Caminos de superficie dura	sin especificar		74	84	90	92

La categorización de los tipos hidrológicos de suelo se basa en su capacidad para generar escorrentía, y se divide en cuatro grupos distintos:

1. **Bajo potencial de Escorrentía (Tipo A):** Este tipo de suelo tiene una capacidad mínima para generar escorrentía, lo que significa que retiene una gran cantidad de agua y evita que se escurra rápidamente. La Tabla proporciona una descripción más detallada de esta categoría.
2. **Moderadamente bajo potencial de Escorrentía (Tipo B):** Los suelos en esta categoría tienen una capacidad algo mayor para generar escorrentía en comparación con el Tipo A, pero aún retienen una cantidad significativa de agua.
3. **Moderadamente alto potencial de Escorrentía (Tipo C):** Este tipo de suelo tiene una capacidad moderada para generar escorrentía, lo que significa que permite que el agua se escurra en cierta medida, pero no de manera excesiva.
4. **Alto potencial de Escorrentía (Tipo D):** Los suelos en esta categoría tienen un alto potencial para generar escorrentía, lo que significa que permiten que el agua se escurra rápidamente y retienen menos agua en comparación con los otros tipos.

La tabla proporciona definiciones más específicas y detalladas de cada tipo hidrológico de suelo. Esta clasificación es esencial para comprender cómo los diferentes tipos de suelo afectan el comportamiento de la

escorrentía y, en última instancia, para tomar decisiones informadas en la gestión de recursos hídricos y la planificación de proyectos hidrológicos.

**Cuadro 14. Grupos hidrológicos**

GRUPO DE SUELO SEGÚN POTENCIAL DE ESCURRIMIENTO		
GRUPO		DESCRIPCIÓN
A	(Bajo potencial de escorrentía)	Suelos que tienen altas tasas de infiltración aun cuando están bien mojados, consistentes principalmente en arenas o gravas profundas y bien a excesivamente drenados. Estos suelos tienen una alta tasa de transmisión de agua.
B	(Moderadamente bajo potencial de escorrentía)	Suelos con tasas de infiltración moderadas cuando están bien mojados, moderadamente profundos a profundos, moderadamente bien a bien drenados, con texturas moderadamente finas a moderadamente gruesas. Estos suelos tienen una tasa de transmisión de agua moderada.
C	(Moderadamente alto potencial de escorrentía)	Suelos con tasas de infiltración lentas cuando están bien mojados, principalmente con una capa que impide el movimiento hacia abajo del agua, o de textura moderadamente fina a fina y una tasa de infiltración lenta. Estos suelos tienen una tasa lenta de transmisión de agua.
D	(Alto potencial de escorrentía)	Suelos que tienen tasas de infiltración muy lenta principalmente suelos arcillosos con un alto potencial de expansión; suelos con una napa subterránea permanente alta; suelos con claypan o capa arcillosa en la superficie o cercana a ella; y suelos poco profundos sobre materiales casi impermeables. Estos suelos tienen una tasa muy lenta de transmisión de agua.

La condición hidrológica, depende de la cobertura vegetal, de acuerdo a lo siguiente:

- Cobertura mayor al 75% → Condición hidrológica BUENA.
- Cobertura entre 50 y 75% → Condición hidrológica REGULAR.
- Cobertura menor al 50% → Condición hidrológica MALA.

## 10. Cálculo del caudal de diseño

El cálculo del caudal de diseño se realiza utilizando la Ecuación del Cypress Creek, una fórmula específica que se utiliza para estimar el caudal necesario en una determinada ubicación o sistema hidrológico.

Esta ecuación es fundamental en la ingeniería hidráulica y se utiliza para determinar el flujo de agua en función de una serie de variables, como el área de drenaje, las condiciones geográficas y climáticas, entre otras. La Ecuación del Cypress Creek permite obtener un valor preciso del caudal de diseño, lo que es esencial para el diseño y dimensionamiento adecuado de infraestructuras de drenaje y control de agua.

Al emplear esta ecuación, los ingenieros y profesionales hidrológicos pueden tomar decisiones informadas y garantizar que las estructuras y sistemas hidráulicos sean capaces de manejar de manera efectiva las condiciones específicas de un lugar determinado. La Ecuación del Cypress Creek se convierte en una herramienta invaluable en la planificación

y ejecución de proyectos relacionados con la gestión del agua y la prevención de inundaciones.

(Mc Crory, 1965):

$$Q = CA^{\frac{5}{6}}$$

Donde:

Q = Caudal de diseño (l/s).  
C = Coeficiente de drenaje. (l/s/ha)  
A = Área a drenar (ha).

El Coeficiente C, se obtiene de una ecuación propuesta por Stephen y Mills (1965):

$$C = 4.573 + 1.63 \frac{24E}{t_d}$$

Donde:

C = Coeficiente de drenaje, (l/s/ha).  
E = Escorrentía de diseño (cm).  
td = Tiempo de drenaje, (hr).

La fórmula mencionada anteriormente ofrece la ventaja de considerar el efecto del aumento del área que necesita ser drenada en el valor final del caudal de diseño.

Cuando se trata de áreas de drenaje muy pequeñas, es común calcular el caudal de diseño multiplicando simplemente el coeficiente de drenaje por el área. Sin embargo, es ampliamente reconocido que a medida que el área de la cuenca de drenaje aumenta, el caudal de drenaje generado por unidad de área tiende a disminuir. Esto se debe a diversos factores, como la capacidad de almacenamiento de agua en la cuenca, las pérdidas en la red de recolección y el tiempo requerido para que el agua se concentre hacia el punto de drenaje.

A continuación, se describe la metodología utilizada para calcular el caudal de diseño:

Esta metodología se basa en considerar la variación en el caudal de diseño en función del área de drenaje. A medida que el área de la cuenca de drenaje aumenta, se toman en cuenta factores que influyen en la cantidad de agua que necesita ser drenada, incluyendo la retención de agua en la cuenca, las pérdidas en la red de drenaje y el tiempo que toma que el agua fluya hacia el punto de drenaje. Este enfoque más completo permite calcular de manera más precisa el caudal necesario para diseñar adecuadamente el sistema de drenaje, teniendo en cuenta las condiciones específicas de la cuenca de drenaje en cuestión.

Periodo de Retorno	<b>50 Años</b>
Intensidad máxima en 24h (mm/h)	<b>8</b>
Precipitación máxima (mm/24h)	<b>192</b>
Precipitación de diseño (cm)	<b>19.20</b>

### 1.- Estimación de la escorrentía de diseño

$$E = (P-0.2*S)^2 / (P+0.8*S)$$

$$E \text{ (cm)} = \mathbf{14.12}$$

### 2.- Infiltración Potencial

$$S = (2540/NC) - 25.4$$

$$S \text{ (cm)} = \mathbf{5.20}$$

$$\mathbf{CN = 83}$$

### 3.- Lámina de escorrentía (E)

$$E_{24} = E * 24 / T_d$$

$$E_{24} \text{ (cm)} = \mathbf{16.94}$$

### 4.- Coeficiente de drenaje

$$C_d = 4.573 + 1.62 * E_{24}$$

$$C_d \text{ (l/s/ha)} = \mathbf{32.01}$$

### 5.- Caudal de Diseño

$$Q = C_d * A^{5/6}$$

$$\text{Caudal } Q \text{ (m}^3\text{/s)} = \mathbf{2.03}$$

$$\text{TOTAL (ha)} = \mathbf{145}$$

$$3.03 \text{ m}^3\text{/s} = 32118.36 \text{ gpm}$$

$$32118.36 \text{ gpm} / 19000 \text{ gpm} = 1.69 \sim \mathbf{2 \text{ bombas sector 1 (145 has)}}$$

**Cuadro 14. Resultados de Caudales de diseño**

CAUDAL DE DISEÑO SECTOR- 1	SIMBOLOGÍA	VALOR	DESCRIPCION
Área de drenaje	A	145	has

Periodo de retorno	TR	50	Años
Intensidad diaria INAMI	Idtr	8.00	mm/h
Precipitación de diseño	PD	19.200	cm
Numero de curva	CN	83	Adimensional
Infiltración potencial	S	5.20	cm
Lamina de escorrentía	LE	14.12	mm
Escorrentía 24/h	E	16.94	cm
Coeficiente de drenaje	C	32.01	l/s/ha
Caudal de diseño	Q	2.03	m <sup>3</sup> /s
	Q	32118.36	Gpm
<b>CAUDAL DE DISEÑO SECTOR- 2</b>	<b>SIMBOLOGIA</b>	<b>VALOR</b>	<b>DESCRIPCION</b>
Área de drenaje	A	60	has
Periodo de retorno	TR	50	Años

Intensidad diaria INAMI	Idtr	8.00	mm/h
Precipitación de diseño	PD	19.200	cm
Numero de curva	CN	83	Adimensional
Infiltración potencial	S	5.20	cm
Lamina de escorrentía	LE	14.12	mm
Escorrentía 24/h	E	16.94	cm
Coefficiente de drenaje	C	32.01	l/s/ha
Caudal de diseño	Q	0.97	m <sup>3</sup> /s
	Q	15395.9 4	Gpm
<b>CAUDAL DE DISEÑO SECTOR- 3</b>	<b>SIMBOLOGIA</b>	<b>VALOR</b>	<b>DESCRIPCION</b>
Área de drenaje	A	20	has
Periodo de retorno	TR	50	Años

Intensidad diaria INAMI	Idtr	8.00	mm/h
Precipitación de diseño	PD	19.20	cm
Numero de curva	CN	83	Adimensional
Infiltración potencial	S	5.20	cm
Lamina de escorrentía	LE	14.12	mm
Escorrentía 24/h	E	16.9387441	cm
Coeficiente de drenaje	C	32.0137655	l/s/ha
Caudal de diseño	Q	0.39	m <sup>3</sup> /s
	Q	6163.18	Gpm

## 11. Dimensionamiento

- **Selección de canal de drenaje**

En el proceso de diseñar los canales de riego, el primer paso crucial fue la consideración del caudal de diseño. Este caudal se determinó teniendo en cuenta factores como la extensión de tierra en cada sector que requería drenaje y datos meteorológicos que influyeron en la estimación de dicho caudal. A partir de esta

información inicial, se procedió a realizar los cálculos hidráulicos y a diseñar los canales de riego.

Es importante destacar que en esta etapa del diseño, ya existía una red de canales de drenaje preexistente. Estas dimensiones de los canales de drenaje existentes se utilizaron como punto de partida para verificar la capacidad de drenaje requerida en cada uno de ellos. Para realizar estas verificaciones y análisis, se empleó el software Hcanales V 3.0, el cual proporcionó resultados detallados y precisos.

Este enfoque garantizó que los canales de riego se diseñaran de manera adecuada, teniendo en cuenta tanto las condiciones específicas de cada sector como la capacidad de la infraestructura de drenaje existente. El uso de herramientas de software especializado permitió realizar cálculos hidráulicos precisos y tomar decisiones informadas para lograr un diseño efectivo y eficiente de los canales de riego.

**Figura 4. Cálculos de parámetros hidráulicos y los elementos geométricos del canal**

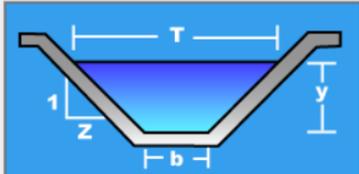
Cálculo del caudal, sección trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar:	BABAHOYO	Proyecto:	DRENAJE UTB
Tramo:	PRINCIPAL	Revestimiento:	TIERRA

**Datos:**

Tirante (y):	2.5	m
Ancho de solera (b):	1.5	m
Talud (Z):	1	
Coefficiente de rugosidad (n):	0.035	
Pendiente (S):	0.0005	m/m

**Resultados:**

Caudal (Q):	7.0804	m <sup>3</sup> /s	Velocidad (v):	0.7080	m/s
Área hidráulica (A):	10.0000	m <sup>2</sup>	Perímetro (p):	8.5711	m
Radio hidráulico (R):	1.1667	m	Espejo de agua (T):	6.5000	m
Número de Froude (F):	0.1823		Energía específica (E):	2.5256	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Subcrítico				

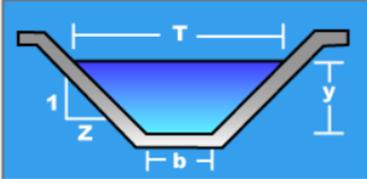
Calculador, Limpiar Pantalla, Imprimir, Menú Principal, Calculadora

Cálculo del caudal, sección trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar: **BABAHOYO** Proyecto: **DRENAJE UTB**  
Tramo: **SECUNDARIO** Revestimiento: **TIERRA**

**Datos:**

Tirante (y):  m  
Ancho de solera (b):  m  
Talud (Z):   
Coeficiente de rugosidad (n):   
Pendiente (S):  m/m



**Resultados:**

Caudal (Q):  m<sup>3</sup>/s Velocidad (v):  m/s  
Área hidráulica (A):  m<sup>2</sup> Perímetro (p):  m  
Radio hidráulico (R):  m Espejo de agua (T):  m  
Número de Froude (F):  Energía específica (E):  m-Kg/Kg  
Tipo de flujo: **Subcrítico**

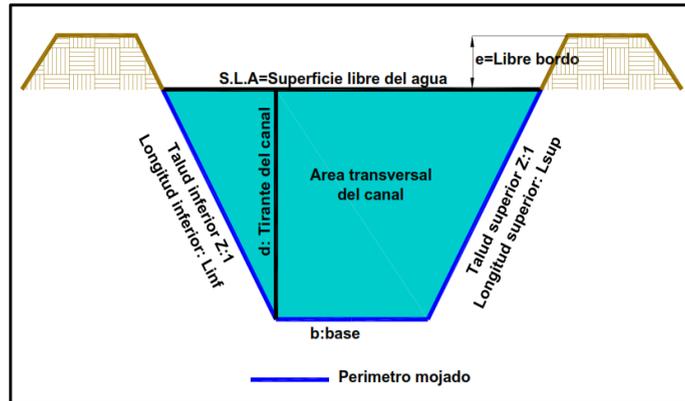
Calcular Limpiar Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora

- **Especificaciones técnicas de diseño del canal**

Un canal de desviación, cuyo diseño es ajustado de acuerdo con las condiciones del terreno, debe cumplir con dos criterios esenciales: en primer lugar, debe ser capaz de transportar la cantidad máxima de flujo de agua sin exceder una velocidad que pueda erosionar o dañar la estructura del canal. Una vez que se ha establecido el valor máximo de caudal y la velocidad permitida, se puede determinar el área mínima que debe tener la sección transversal del canal. A partir de este punto, el canal será capaz de cumplir con las especificaciones de diseño necesarias.

Este enfoque asegura que el canal de desviación sea capaz de manejar eficazmente las cargas de agua máximas sin poner en peligro su integridad estructural. También garantiza que el diseño del canal sea adecuado para las condiciones específicas del terreno y las necesidades de transporte de agua. En última instancia, la selección apropiada del área de la sección hidráulica es fundamental para lograr un funcionamiento seguro y eficiente del canal de desviación.

**Figura 5. Parámetros de diseño en la construcción en canales de tierra**



- **Velocidades permisibles en canales**

Es posible calcular la velocidad del flujo de agua utilizando la fórmula de Manning. Esta fórmula es una herramienta fundamental en la ingeniería hidráulica y se utiliza para estimar la velocidad de flujo en canales abiertos, ríos y otros sistemas de transporte de agua.

La fórmula de Manning relaciona la velocidad del flujo (V) con varios parámetros, como la pendiente del canal (S), el coeficiente de rugosidad del canal (n) y el área de la sección transversal del canal (A). Esta relación matemática permite calcular la velocidad de manera precisa, teniendo en cuenta las condiciones específicas del canal y su geometría.

El uso de esta fórmula es esencial para diseñar canales de manera efectiva y asegurarse de que el flujo de agua se mantenga dentro de los límites deseados, evitando problemas como la sedimentación o la erosión. En resumen, la fórmula de Manning desempeña un papel crucial en la planificación y el diseño de sistemas de transporte de agua, proporcionando una base sólida para la toma de decisiones relacionadas con la velocidad del flujo.

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

Cuando se trata de canales excavados en tierra, especialmente canales de distribución de agua, es esencial cumplir con una serie de condiciones críticas para garantizar su eficiencia y funcionamiento adecuado:

1. **Velocidad Mínima para Evitar Sedimentación:** Es necesario mantener una velocidad mínima en el flujo de agua para evitar la sedimentación de partículas en suspensión. Esto es fundamental para garantizar que el canal no se obstruya con sedimentos y que el agua fluya libremente.
2. **Velocidad Limitada para Evitar Erosión y Facilitar Estructuras:** La velocidad del flujo de agua debe estar dentro de ciertos límites. Por un lado, no debe ser tan alta como para causar erosión en las paredes del canal, lo cual dependerá del tipo de material presente. Por otro lado, no debe ser tan alta como para dificultar el funcionamiento adecuado de las diversas estructuras del canal, como compuertas y derivaciones.

Con el tiempo, se han realizado numerosos experimentos para determinar los límites seguros de velocidad en canales de tierra. Según Máximo Villón Bejar, para canales excavados en tierra, las velocidades permisibles se encuentran en el rango de 0.30 a 0.90 metros por segundo. Valores cercanos o por debajo del límite mínimo pueden provocar problemas de sedimentación, mientras que velocidades por encima del límite máximo pueden causar erosión en el canal.

Teniendo en cuenta estos criterios, en el proyecto actual se ha optado por una velocidad de diseño de 0.70 metros por segundo en el canal principal y 0.84 metros por segundo en los canales secundarios. Esta elección tiene varias justificaciones. En primer lugar, contribuye a la autolimpieza del canal. Además, reduce el tiempo de permanencia del agua en el canal, lo que puede ser beneficioso en términos de eficiencia en la distribución de agua. También se tiene en cuenta que el material utilizado para la construcción del canal no siempre es arcilla pura y puede contener un porcentaje significativo de suelos francos. Esta variedad de factores ha influido en la selección de las velocidades mencionadas.

**Tabla 1. Velocidades máximas recomendadas en función de las características del suelo.**

Característica de los suelos	Velocidades máximas (m/s)
Canales en tierra franca	0,60
Canales en tierra arcillosa	<b>0,90</b>
Canales revestidos con piedra y mezcla	1,00
Canales con mampostería de piedra y concreto	2,00
Canales revestidos con concreto	3,00
Canales en roca:	
Pizarra.	1,25
Areniscas consolidadas	1,50
Roca dura. Granito. Etc.	3 a 5

Fuente: Hidráulica de Canales

Autor: Máximo Villón Béjar.

### **Coefficiente de Rugosidad.**

Para los canales de pequeña escala que se construyen excavando la tierra, un rango apropiado para el coeficiente "n" es de 0.025 a 0.035. Existen numerosos valores de este coeficiente disponibles en la literatura, lo que brinda al diseñador del canal una variedad de opciones. La elección específica de "n" dependerá en última instancia del juicio del proyectista, teniendo en cuenta las condiciones particulares de funcionamiento del canal. A continuación, proporcionamos algunos valores de referencia para este coeficiente que pueden servir como guía.

Es esencial reconocer que la elección del coeficiente "n" en el diseño de canales tiene un impacto significativo en la eficiencia y el rendimiento del flujo de agua. Por lo tanto, el proyectista debe considerar cuidadosamente las condiciones de trabajo específicas del canal, como la naturaleza del terreno, el tipo de vegetación circundante y otros factores ambientales que puedan afectar la resistencia al flujo del agua. La elección adecuada de "n" contribuirá a garantizar que el canal funcione de manera eficiente y cumpla con los objetivos de transporte de agua de manera efectiva.

**Tabla 2. Valores de rugosidad para los diferentes materiales de construcción para canales**

Condiciones de trabajo	Valor del coeficiente (n) Manning			
	Excelente	Bueno	Regular	Pobre
Canales en tierra rectos.	0.017	0.020	0.023	0.025
Excavados mediante palas	0.023	0.028	0.030	0.040
Cortados en rocas rectos	0.023	0.030	0.033	0.035
Excavados con voladura y alguna vegetación	0.025	0.030	<b>0.035</b>	0.040
Muchas curvas y baja velocidad	0.020	0.025	0.028	0.030
Revestido en roca cogida con mortero	0.017	0.020	0.025	0.030
Concreto lanzado	0.014	0.016	0.019	0.021
Concreto normal	0.013	0.014	0.014	0.015
Concreto alisado con madera.	0.015	0.016	0.016	0.018

Fuente: Hidráulica de Canales

Autor: Máximo Villón Béjar.

La elección de las pendientes para el canal que estamos planeando debe cumplir con ciertos criterios específicos. Estos criterios son esenciales para garantizar un funcionamiento óptimo del canal y para cumplir con los objetivos establecidos. Aquí están los requisitos que debemos considerar:

1. **Velocidad en el Rango Adecuado:** La pendiente seleccionada debe permitir que las velocidades del flujo de agua se mantengan dentro del rango predefinido, que oscila entre 0.4 y 1.20 metros por segundo. Mantenerse dentro de este rango es crucial para garantizar que el flujo sea eficiente y controlable.
2. **Adaptación a la Topografía Natural:** Es importante que la pendiente del canal se adapte de la mejor manera posible a la pendiente natural del terreno en el que se encuentra. Esto ayuda a minimizar la necesidad de construir caídas de protección adicionales, lo que podría aumentar los costos y la complejidad del proyecto.
3. **Rango Adecuado de Variación de Pendiente:** Para estos canales, se recomienda un rango de variación de pendiente que generalmente se encuentra entre 0.5% y 1.0%. Esto se traduce en un valor de 0.001. Esta variación es beneficiosa porque cumple con varias de las condiciones mencionadas anteriormente, incluyendo el control de velocidad y la adaptación a la topografía circundante.

La selección cuidadosa de la pendiente del canal es fundamental para garantizar que el flujo de agua se mantenga dentro de los parámetros deseados y que el canal funcione de manera eficiente y sostenible en armonía con el entorno natural.

### **Pendiente longitudinal.**

Los taludes se refieren a la pendiente que se establece en las paredes laterales de una estructura, y esta pendiente se mide como la relación entre la proyección horizontal y la vertical de dichas paredes. La inclinación de estos taludes dependerá en gran medida de las características del material o terreno en el que se encuentren. En general, cuanto más inestable sea el material, menor será el ángulo de inclinación recomendado para los taludes.

A continuación, se presenta una tabla que ofrece las recomendaciones para los valores de los taludes según el tipo de material o terreno en consideración. Estos valores son esenciales para garantizar la estabilidad y seguridad de las estructuras, ya que un diseño adecuado de los taludes es fundamental para prevenir deslizamientos, colapsos u otros problemas relacionados con la topografía del terreno.

**Tabla 3. Relación talud & material de acuerdo a la composición**

Características de los suelos	Canales pocos profundos	Canales profundos
Roca con buenas condiciones	Vertical	0.25: 1
Arcillas compactas o conglomerados	0.5: 1	1: 1
Limos Arcilloso		
Limo Arenosos	1: 1	<b>1.5: 1</b>
Arenas sueltas	1.5: 1	2: 1
	2: 1	3: 1

Fuente: Hidráulica de Canales

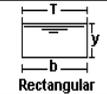
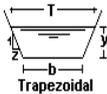
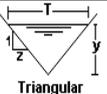
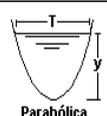
Autor: Máximo Villón Béjar.

### **Borde libre.**

En el caso de estos canales, es importante destacar que cualquier error en la gestión o funcionamiento de las estructuras del sistema podría resultar en un aumento incontrolado del nivel del agua, lo que a su vez podría desencadenar desbordamientos y causar daños significativos en las parcelas agrícolas circundantes. Por lo tanto, una precaución

razonable sería establecer un margen de seguridad del 30% con respecto al tirante hidráulico como medida de prevención. Esto significa que se debería dejar un espacio libre equivalente al 30% de la profundidad del agua para mitigar el riesgo de desbordamiento. Esta práctica conservadora ayuda a proteger las tierras de cultivo de posibles inundaciones y problemas relacionados con el manejo de aguas.

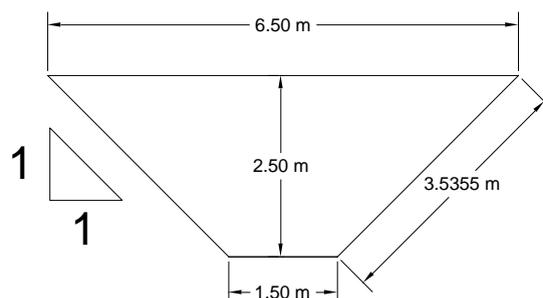
**Figura 6. Relaciones geométricas de las secciones transversales más frecuentes.**

Sección	Area hidráulica A	Perímetro mojado P	Radio hidráulico R	Espejo de agua T
 Rectangular	$by$	$b+2y$	$\frac{by}{b+2y}$	$b$
 Trapezoidal	$(b+zy)y$	$b+2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{(b+zy)y}{b+2y\sqrt{1+z^2}}$	$b+2zy$
 Triangular	$zy^2$	$2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{zy}{2\sqrt{1+z^2}}$	$2zy$
 Circular	$\frac{(\theta - \text{sen}\theta)D^2}{8}$	$\frac{\theta D}{2}$	$(1 - \frac{\text{sen}\theta}{\theta})\frac{D}{4}$	$\frac{(\text{sen}\frac{\theta}{2})D}{2}$ ó $2\sqrt{y(D-y)}$
 Parabólica	$\frac{2}{3}Ty$	$T + \frac{8y^2}{3T}$	$\frac{2T^2y}{3T+8y^2}$	$\frac{3A}{2y}$

Fuente: Hidráulica de Canales

Autor: Máximo Villón Béjar.

**METODOLOGÍA APLICADA DEL SOFTWARE HCANALES V3.0 PARA EL DISEÑO DE CANALES DE DRENAJE**



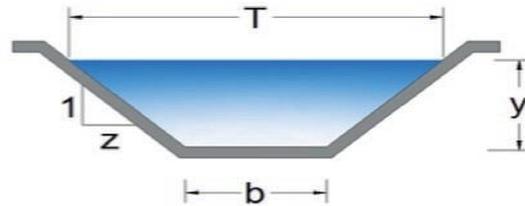
$$V = 1/n * R^{(2/3)} * I^{(1/2)}$$

V= Velocidad

N= Coeficiente de rugosidad (0.035)

R= Área Hidráulica

I= Pendiente



$$R = A/S$$

A= Área

S= Perímetro Mojado

### Cálculo de Área de la sección

$$A = ((B+b) / 2) * HA = ((6.5 \text{ m} + 1.5 \text{ m}) / 2) * 2.5 \text{ m}$$

$$\mathbf{A = 10 \text{ m}^2}$$

### Cálculo de Perímetro mojado

$$S = b + 2y (z^2 + 1)^{0.5}$$

$$S = 1.5 + 5 (1^2 + 1)^{0.5}$$

$$\mathbf{S = 8.57 \text{ m}}$$

### Cálculo del Área Hidráulica

$$R = A/S$$

$$R = 10 \text{ m}^2 / 8.57 \text{ m}$$

$$\underline{R = 1.166 \text{ m}}$$

### Cálculo de Velocidad del Agua

$$V = 1/n \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

$$V = 1/0.025 \cdot 0.334^{2/3} \cdot 0.0005^{1/2}$$

$$\underline{V = 0.70 \text{ m/s}}$$

### Cálculo del Caudal

$$Q = A \cdot V$$

$$Q = \text{Caudal (m}^3\text{/s)}$$

$$A = \text{Área (m}^2\text{)}$$

$$V = \text{Velocidad (m/s)}$$

$$Q = 10 \text{ m}^2 \cdot 0.70 \text{ m/s}$$

$$\underline{Q = 7.0 \text{ m}^3\text{/s}}$$

### **Equipo de Bombeo**

La elección de la bomba de riego se determinó utilizando la siguiente fórmula:

Datos:

Se necesita transportar un flujo de agua de 2.03 metros cúbicos por segundo a través de una elevación de 6 metros, teniendo en cuenta que hay 1 metro adicional de pérdida de carga debido a accesorios y tuberías, lo que resulta en un total de 7 metros de carga manométrica (m.c.a.). La eficiencia de bombeo es del 75%.

Este flujo se dividirá en dos partes iguales, lo que equivale a 1.015 metros cúbicos por segundo para cada bomba de menor capacidad.

La selección de la bomba de riego se realizó utilizando la siguiente fórmula.

$$P: \frac{Q \times ADT}{\eta \times 75} = \text{HP}$$

- donde: P en hp
- Q en litros por segundo (lps)
- ADT en metros (m)
- $P = 1015 \times 7 / (0,70 \times 75) = 135 \text{ hp}$

Se incrementa el resultado del ejercicio del 15% al 20% con el objetivo de evitar que la bomba funcione al límite de su capacidad máxima, lo que reduce la carga de trabajo y garantiza una mayor durabilidad del equipo de bombeo.

$$\text{HP: } 50 \times 0.20\% = 27 + 135 = \mathbf{162 \text{ HP}}$$

### **Equipo de drenaje sector 1**

En el sector 1, se necesitan dos bombas con una capacidad mínima de 1015 litros por segundo cada una. Teniendo en cuenta este caudal de bombeo, se requieren tuberías de succión y descarga de 26 pulgadas de diámetro. La potencia necesaria para los motores de cada bomba sería de 162 caballos de fuerza (HP), funcionando a 1800 revoluciones por minuto en una operación continua, y el total de la altura de la cabeza (TDH) sería de 7 metros.

### **Equipo de drenaje sector 2**

Para el sector 2, se necesita una bomba que tenga una capacidad de bombeo mínima de 970.80 litros por segundo. Con base en este caudal de bombeo, las tuberías de succión y descarga deben ser de 20 pulgadas de diámetro. La potencia requerida para los motores

sería de 146 caballos de fuerza (HP) funcionando a 1800 revoluciones por minuto en una operación continua, y la altura total de la cabeza (TDH) sería de 6 metros.

### **Equipo de drenaje sector 3**

Para el tercer sector, se necesitaría una bomba que tenga una capacidad de bombeo mínima de 368.62 litros por segundo. Teniendo en cuenta este caudal de bombeo, las tuberías de succión y descarga deben tener un diámetro de 14 pulgadas. La potencia requerida para los motores sería de 60 caballos de fuerza (HP) funcionando a 1800 revoluciones por minuto en una operación continua, y el total de la altura de la cabeza (TDH) sería de 6 metros.

### **RESUMEN DE EQUIPOS DE DRENAJE FACIAG**

<b>CAUDAL BOMBA L/s</b>	<b>POTENCIA MOTOR HP</b>	<b>DIÁMETRO TUBERÍAS PULGADAS</b>	<b>TDH</b>
1015	162	26	7
1015	162	26	7
970.80	127	20	6
368.62	51	14	6

Se requiere de 4 equipos de bombeo para drenaje en la Facultad de Ciencias agropecuarias de la Universidad Técnica de Babahoyo

## ANEXOS CLIMATOLÓGICOS

### Temperatura (Anexo 1)

TEMPERATURA MEDIA (°C)													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA
1980	27.1	26.1	26.6	27.3	26.4	24.7	23.3	23.6	24.2	24.7	24.7	26	25.39
1981	26.1	25.5	26.9	26.7	24.6	23.8	23.7	23.2	24.6	24.5	24.6	26.6	25.07
1982	26.1	26.4	26.6	26.2	25.6	24.6	24.3	24.4	25.9	25.8	26.5	26.8	25.77
1983	26.35	27.9	28.4	27.7	27.7	27.7	27	26.3	25.3	24.6	25.2	25.3	26.65
1984	26.6	26.1	26.8	26.7	26.1	24.5	23.2	23.8	23.4	24.4	24.9	26.2	25.23
1985	25.4	26	26.5	26.3	25.4	24.5	22.8	23.5	24.4	24.3	25	25.4	24.96
1986	25.2	26.3	26.9	26.6	25.3	23.3	23.4	23.6	24.5	24.4	25.3	25.6	25.03
1987	26.5	27.1	27.6	27.3	26.7	25.6	24.6	24.7	25.2	25.5	26.6	27.1	26.21
1988	25.9	26.55	26.9	26.6	26.2	24	23.9	23.6	24.5	24.5	24.9	25.5	25.14
1989	25.4	26	27	26.8	25.5	23.7	23.2	22.6	23.7	24.8	25.4	25.7	24.98
1990	26.5	26.1	27	26.2	25.9	25.1	24	23.5	24.1	24.3	25.2	26.3	25.35
1991	26.3	26.3	27.1	27.8	27.4	25.3	24	23.8	23.8	24.9	25.7	26.2	25.72
1992	26.4	26.6	27.2	27.4	27	25.8	24.2	23.8	23.8	24.4	24.5	25.4	25.54
1993	25.8	25.9	27	27.3	26.9	25.5	24.8	24.1	24.5	24.7	25	26	25.63
1994	25.8	26.2	26.1	26.3	26	24.3	23.2	22.8	24.1	25	24.9	26.2	25.08
1995	26.3	26.5	27.1	26.8	26.3	25.6	24.5	24.5	24.8	25	25.2	26.3	25.74
1996	25.8	26.3	26.8	26.6	26.2	23.8	23.2	24.3	24.7	24.6	25.2	26.8	25.36
1997	26.95	26.4	27.2	27	27.5	27	27	26.5	26.8	26.9	27	27.6	26.99
1998	28.1	28.2	28.1	28.3	27.9	26.8	25.6	24.8	24.9	24.7	25.1	25.8	26.53
1999	26.2	25.8	26.9	26.6	26	23.9	23.7	23.1	24.2	24.8	25.2	25.1	25.13
2000	25.6	25.7	26.5	26.7	25.4	24.1	23	23.3	24	24.8	25	26.2	25.03
2001	25.8	26.4	26.9	26.9	25.6	24.1	23.5	23.1	24.1	24.2	25.6	26.2	25.2
2002	27.2	26.2	27.2	27	27	25.3	24.8	23.8	24.7	25.1	25.6	26.4	25.86
2003	26.5	26.7	27.1	27.5	26.5	24.6	24	24.7	23.9	25.3	25.6	26.7	25.76
2004	27.3	26.6	27	26.9	26.5	24.7	23.9	23.8	24.2	25.2	25.1	26.4	25.76
2005	27.2	26.4	26.5	27.4	25.5	24.85	23.8	23.7	24.5	24.2	25.1	25.9	25.47
2006	26.6	26.5	27.4	27.2	26.4	25	24.1	24.6	25.4	25.5	25.4	26.5	25.88
2007	26.6	27.5	27.4	27.1	26.4	25.1	24.6	23.3	24.1	23.7	25	25.6	25.53
2008	24.8	26.3	27.3	27.7	26	25	24.9	24.6	24.9	25.1	25.3	26.4	25.69
2009	26.4	26.3	26.9	27.3	26.8	25.4	24.7	24.8	24.8	25.1	25.5	26.2	25.85
2010	26.3	26.6	27	27.2	26.6	25	24.6	24.7	24.6	24	23.4	24.1	25.34
2011	24.7	25.4	26.4	26	25.7	24.7	23.9	23.6	24	23.5	24.2	25.1	297.2
2012	24.5												24.5
<b>Media</b>	26.16	26.4	27.01	26.98	26.28	24.92	24.17	24.02	24.53	24.77	25.22	26.05	
<b>Mínima</b>	24.5	25.4	26.1	26	24.6	23.3	22.8	22.6	23.4	23.5	23.4	24.1	
<b>Máxima</b>	28.1	28.2	28.4	28.3	27.9	27.7	27	26.5	26.8	26.9	27	27.6	
<b>Desv. Stand.</b>	0.79	0.61	0.46	0.53	0.76	0.99	0.98	0.87	0.69	0.64	0.66	0.67	
<b>CV</b>	0.03	0.02	0.02	0.02	0.03	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	

TEMPERATURA MÍNIMA (°C)													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA
1980						18.9	18		18	19.8	18.2	20.8	18.95
1981		21.4	21.7		20.1	19.2		18	20		20.6	19.6	20.08
1982	20.6	20.8	21	19.6	19.8	20.1	19.5	18.9	19.7	20.9	21.2		20.19
1983		22.8	23.3	23.5		23.4		21.5	20		20.6	20.8	21.99
1984		21.5		21.5		19.7	18.2	18.2	17.2		19	20.5	19.48
1985		20.7		20.9		19		17.8	18.4		18.5		19.22
1986	20.5	20.8	21.3	21.5	20.5	19.8			18.9	18.8	20.5	19	20.16
1987		22.8		22.6	20.4	20.3		19	18.3	20.1	19.5		20.38
1988	20.4	21.2	22.5	21.6	20.5	18.5	19.2		19.6		20		20.39
1989	20.6	21.5		21.5	20.2	19.4			19.1		19.5		20.26
1990		21.2		21.2	21.8	21.3	19.2		19.3	19.4	19.9		20.41
1991	20	21.8		22.4	20.2	19.4		18.4			18.5		20.1
1992							19.5	19.3	19.6		19.5	20.2	19.62
1993	20.6	21		22.3	22.7	21	19.9		19.8	19.9	20.4		20.84
1994		22		22.4	20.7	19.6	19	18.4	19.2	20	19.4		20.08
1995	22.4	21.6		22.1	21.3	20.4	20.2	19.5	20.2	20.3		20.6	20.86
1996	20.9	20.8	22.3		20.7	19.4		19.4	19.4	18.9	19.5	21.1	20.24
1997		21		22.4	23.3	22.7	22.9	22.1	22.8	21.9	22.6	23.1	22.48
1998		23		22.4		21	19.6	19.4	18.3	18.4	18.8	18.7	19.96
1999	17.3	19.2	19.6	19.4	18.7	17.2	17.2	18.4	19.1	19.6	19.8	20.4	18.83
2000	20	21	20.3	21	20	19.3	18.5	18.7	18.9	19.5	18.8	20.3	19.69
2001		22	21.8	22.2	20.1		17.9	19			19.2	21.2	20.43
2002	22	21.7	22.6	23	20.3	19.7	20.4	19.6	20	20.4	21.2	21.6	21.04
2003		21.3	21.5	22.4	22.1	19.5		19.8	19	19.6	20.7	21.3	20.72
2004	22.2	21	22.4	22.2		19.6	19.3	18.1		20.6	20.6	21.5	20.75
2005	21.7	21.6	21.8	23			19.7	19	18.8	19.6	20.1	20.6	20.59
2006	20.8	20.5	22.2	22.8	21.3	20.5	20.5	20.7	20.8	21.3	20.7	21.8	21.16
2007		23	22	22.5		19.8	19.5	18.8	19.5	18.8	19.8	19.8	20.35
2008	21.2	20.5	22.6	21.2	22	21.4	20.7	20.5		19.8	20.4	20.8	21.01
2009	21.2	21.7	21.4	22.2	22.2	21.1	19.7	19.9	19.5	19.8	20.2	21.8	20.89
2010	22.2	22.6	22.8	22	22	20.5	19.8	18.7	19.8	19.5	18.5	20.2	20.72
2011		21.2			21.6	21.1			19.2			20.2	20.66
2013						20							20
<b>Media</b>	20.86	21.44	21.84	21.92	20.98	20.09	19.47	19.24	19.37	19.86	19.87	20.69	
<b>Mínima</b>	17.3	19.2	19.6	19.4	18.7	17.2	17.2	17.8	17.2	18.4	18.2	18.7	
<b>Máxima</b>	22.4	23	23.3	23.5	23.3	23.4	22.9	22.1	22.8	21.9	22.6	23.1	
<b>Desv. Stand.</b>	1.2	0.84	0.91	0.95	1.09	1.21	1.17	1.06	1	0.83	0.98	0.96	
<b>CV</b>	0.06	0.04	0.04	0.04	0.05	0.06	0.06	0.06	0.05	0.04	0.05	0.05	

TEMPERATURA MÁXIMA (°C)													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA
1980													
1981	34	33.1	33.9		31.7	30.9	30.7	31.8	33.5	33	33.4	33.4	32.63
1982	32.8	33	34.1	33.7	33	33.2	32.6	33.4	34.4	33.5	33	32.8	33.29
1983		34.1	34.7	34.4	34.4	34.2	33.6	32.5	32.3	31.4	32.3	32.7	33.33
1984		32.6		34	33.2	32.3	32	32.4	32.3	33.1	34.5	34.3	33.07
1985		33.5	33.2	33.8	32.7	33.2	32	32	32.5	33.5	34.2		33.06
1986	33.1	32.4	33.4	33.2	32.9	31	33.3	32.7	33.5	33.4	34.5	33.8	33.1
1987		32.6		33.5	33.6	31.9	32	32.5	32.3	34.8	35.4	35.4	33.4
1988	34.4	32.4	33.6	33.4	33.5	30.9	30.8		32		35	34.5	33.05
1989	31.6	32.3		32		30.2			31.8		33.2	34.3	32.2
1990	35	32.8	33.7	33.2	33.2	31.3	31.8	30.9	32.6	31.5	33.2	34.1	32.78
1991	33.6	32.8	33.8	32.9		32.6	31.6	30.4	32.7	32.9	33.3		32.66
1992	33.8	32.5		33.1	32.6	31.9	31.9	31	30.9	32	32.4	33.7	32.35
1993	33	31.5		33	33	31.8	31.1	32.1	31.8	32.8	32		32.21
1994			33		32	30.7	29.9	29.5	32.6	31.9	32		31.45
1995	33	32.5		33.5	32.4	32.6	32.1	31.8	32.1	32.2	32.9	34.8	32.72
1996	33.5	33.4	32.7	33.3	33	30.9	31	32	33.3	34.6	33.6	35.2	33.04
1997		32.7	33.3	33	33.1	33.2	32.8	32.6	33.2	32.3	33	34	33.02
1998	34.5	34.5	34.5	34			33	31.5	33.2	32	33.4	33.5	33.41
1999	33.8	32.7	33.2	33	32.5	30.5	30.9	31.2	32.3	31.8	35	34	32.58
2000	33.8	33.1	33.5	33.6	32.5	33	30.5	32	33.4	33.7	35	35.2	33.28
2001	35.1	33.8	33.7	33.4	33.4		31.6	31.5	32.7	34	33.4	35	33.42
2002	35.2	33	32.6	32.5	33	30.6			32	32.4	32.9	33.5	32.77
2003	33	33	32.9	33.2	32.3	29.9		31.3	31	32.2	32.5	33.6	32.26
2004	33.5	33.9	32.8	32.5		30.1	29.5	31.1		32.5	32.5	35	32.34
2005	35	31.8	33	33.5			30.5	30.5	32.3	32.3	32.5	33.5	32.49
2006	33.5	32.2	32.5	32.7	32.8	30.8		32.2	32.5	32.5	32.8	33.5	32.55
2007		33.5	33.5	33.6	33.2	31.5	31	30.6	32.2	31.5	33.3	33.3	32.47
2008	32.6	31.6	32.6	33.5	33.2	32.3	30.7	31.2	32.2	32.6	33.5	34.5	32.54
2009	34.2	33.7	34.4	34.5	33.7	32.5	31.7	33.5	33.7	34	34.4	33.7	33.67
2010	34.7	34.2	34.2	34.5	33.5	33.6	33.7	33.5	33.5	35.2	32.6	32.6	33.85
2011	34.4	33.7	35.3	34.2	34.2		32.4		33.2	33.1	34.8		33.92
2013						31.3							31.3
<b>Media</b>	33.8	32.96	33.52	33.4	33.02	31.75	31.66	31.67	32.59	32.85	33.43	34.01	
<b>Mínima</b>	31.6	31.5	32.5	32	31.7	29.9	29.5	29.5	30.9	31.4	32	32.6	
<b>Máxima</b>	35.2	34.5	35.3	34.5	34.4	34.2	33.7	33.5	34.4	35.2	35.4	35.4	
<b>Desv. Stand.</b>	0.9	0.76	0.72	0.6	0.61	1.16	1.08	0.93	0.77	1	0.95	0.78	
<b>CV</b>	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.04	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.02	

## Precipitación (Anexo 2)

PRECIPITACIÓN (mm)													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL ANUAL(mm)
1981	194.5	521.9	403.8	190.3	3.6	0	8.2	0.6	0.5	0.4	1.4	49.3	1374.5
1982	249.4	249.7	121.7	149.1	6.9	0.5	0.2	0	2.8	20.6	351.8	616.9	1769.6
1983	0	722.1	846.6	400.2	737.4	433.5	455.1	51.6	143.6	50.2	95.6	189.1	4125
1984	25.4	689.6	565.1	479.6	6.5	49.2	1.3	0.3	7.2	2.8	27	113	1967
1985	210.3	120.6	307.5	123	21.6	0.2	0	0.8	0.4	0.6	6.3	102.9	894.2
1986	752.4	440.4	361.4	389.6	4	1	0.2	0.7	2.1	10.5	8.3	89.6	2060.2
1987	712.9	959.5	590.6	562.9	164.7	0.1	3.1	4.2	0.7	3.7	1.2	31.6	3035.2
1988	552.5	365.2	50.5	541.3	104.2	10.9	1.6	0.1	1.1	2.7	4.7	75	1709.8
1989	528	745	775.6	289.1	22.8	11.1	1.4	1.4	0.3	6.7	7.8	17.4	2406.6
1990	206.6	330.8	282.3	283	32.1	35.3	0.3	0.1	0.6	2.9	1.2	128.8	1304
1991	198	758.3	326.7	101.2	14.8	1	2.7	0	0.3	3.4	5.9	124.2	1536.5
1992	473.2	698.9	787.4	621	688.3	131.6	4.4	0.6	0.6	0.1	11.1	30.3	3447.5
1993	224.9	919.5	519.4	466.4	84.6	23.3	0.6	0.6	0.7	5.1	1.3	131.3	2377.7
1994	476.5	507.9	609	380.7	35.3	0.8	0.3	0.1	0	4.2	26.5	261	2302.3
1995	503.8	323.5	131	279.6	51.5	1.8	8.4	1.8	0.3	1.3	13.9	39.3	1356.2
1996	214.4	616.8	263.7	61.4	6.2	2.4	3.6	0.5	0	2	0.2	92.1	1263.3
1997	438.3	566.1	764.3	412.2	206.2	219.5	90.6	51.9	234.4	84	560.6	916.4	4544.5
1998	761.3	740.7	812.6	1024.9	690.1	210.9	62.8	10.4	2	1.1	4.7	50.4	4371.9
1999	167	501.9	1109.8	484.8	179.3	5.6	1.8	0.5	11.9	3.1	13	143.7	2622.4
2000	223.3	407.7	732.5	209	207	10.4	0.4	0.5	8	0	0	54.2	1853
2001	562.6	608	664.2	430.8	25.2	0.3	1.9	0.6	0.5	1.3	1.5	6.8	2303.7
2002	77.1	540.6	565	552.3	101	5.2	0.2	0.3	0.4	13.9	5.9	63.8	1925.7
2003	177.8	491	344.2	397	38.4	9	3.5	1.5	0.4	6	32.5	21	1522.3
2004	104.9	356.5	300.5	243.8	91.3	23.8	1.1	0	0	6.2	0.6	1.6	1130.3
2005	35.2	109.2	282.2	327.9	1.9		1.6	0.1	0	0.8	0.5	160.6	920
2006	276.7	618.4	371.8	77	20.2	3.8	0.4	1.6	1.6	0.7	13.5	44.1	1429.8
2007	264.9	243.9	415.8	349.2	53.8	17.8	1.2	0.4	0	3.3	2	47.3	1399.6
2008	516.7	652.4	836.4	623.2	105.9	2.9	1.1	4.4	3.3	2.8	6.7	3.8	2759.6
2009	437.3	467	322.8	72.7	55	17.5	0	0	0	2.6	0.2	102.1	1477.2
2010	207.3	632.6	259.7	381.9	142.1	4.9	7.3	0.8	2.2	0	6.5	373.7	2019
2011	261.6	350.2	154.3	575.7	1.9	31.6	103.3	0.4	3.5	0.3	8.6	58.4	1549.8
<b>Media</b>	323.7	524.38	479.95	370.35	125.93	42.2	24.79	4.41	14.31	7.85	39.39	133.54	
<b>Mínima</b>	0	109.2	50.5	61.4	1.9	0	0	0	0	0	0	1.6	
<b>Máxima</b>	761.3	959.5	1109.8	1024.9	737.4	433.5	455.1	51.9	234.4	84	560.6	916.4	
<b>Desv. Stand.</b>	213.72	210.08	261.57	207.4	202.44	93.11	83.9	12.8	49.03	16.98	115.86	190.31	
<b>CV</b>	0.66	0.4	0.54	0.56	1.61	2.21	3.38	2.9	3.43	2.16	2.94	1.43	

## Humedad Relativa (Anexo 3)

HUMEDAD RELATIVA (%)													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA
1980						84	83	81	77	78	77	74	79.14
1981	75	86		81	83	84	84	82	79	78			81.33
1982	80	82	80	81	83	82	81	78	74	79	83	84	80.58
1983		82	82	84	83	83	83	80	83	84	81	81	82.36
1984	75	81	78	79	78	84	83	80	81	78	76	76	79.08
1985	81	81	80	80	80	82	83	79	75	77	73	77	79
1986	86		79		82		83	81		80		78	81.29
1987	82	84	82	84	84	81	83	82	79	79	73	74	80.58
1988	84		80	83	83	85	84	83	80	80	79	78	81.73
1989	83	83	79	80	80	85	84	85	83	79	79	77	81.42
1990	79	86	84	86	84	85	84	83	82	81	76	74	82
1991	80	84	83	80	82	83	85	85	82	78	77	81	81.67
1992	85	86	87	86	86	86	84	84	83	80	80	77	83.67
1993	83	83	83	81	81	82	81	81	79	77	77	78	80.5
1994	82	82	82	83	83	84	83	85	80	78	78	79	81.58
1995	82	84	80	82	82	81	83	80	77	78	78	73	80
1996	82	82	82	79	78	84	83	79	78	76	74	71	79
1997		84	85	84	84	84	84	85	85	86	87	86	84.91
1998	84	85	85	85	86	86	87	87	85	83	82	80	84.58
1999	81	87	86	84	85	87	84	82	82	80	77	83	83.17
2000	80	83	82	82	87	87	86	84	83	80	76	76	82.17
2001	83	84	85	84	85	85	86	86	82	81	77	77	82.92
2002	76	86	84	85	83	81	80	83	81	82	82	81	82
2003	83	85	83	80	83	84	83	81	79	79	76	75	80.92
2004	76	81	82	81	82	83	82	80		77	76	72	79.27
2005	73	79	82	82	82		82	80	77	77	74	72	78.18
2006	74	79	76	73	75	77	78	76	74	74	75	74	75.42
2007	80	76	77	78	79	83	81	81	78	79	73	72	78.08
2008	84	78	75	73	79	80	78	77	75	73	70	68	75.83
2009	72	79	77	75	76	79	79	76	75	74	72	76	75.83
2010	79	81	82	82	82	82	81	78	78	80	80	81	80.5
2011	83	84	79	83	82	86	87	83	82	82	81	82	82.83
2012	88												88
2013						86							86
<b>Media</b>	80.5	82.66	81.37	81.33	82	83.39	82.88	81.47	79.6	78.97	77.3	77	
<b>Mínima</b>	72	76	75	73	75	77	78	76	74	73	70	68	
<b>Máxima</b>	88	87	87	86	87	87	87	87	85	86	87	86	
<b>Desv. Stand.</b>	3.99	2.7	3	3.35	2.82	2.33	2.23	2.85	3.18	2.78	3.68	4.17	
<b>CV</b>	0.05	0.03	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05	0.05	

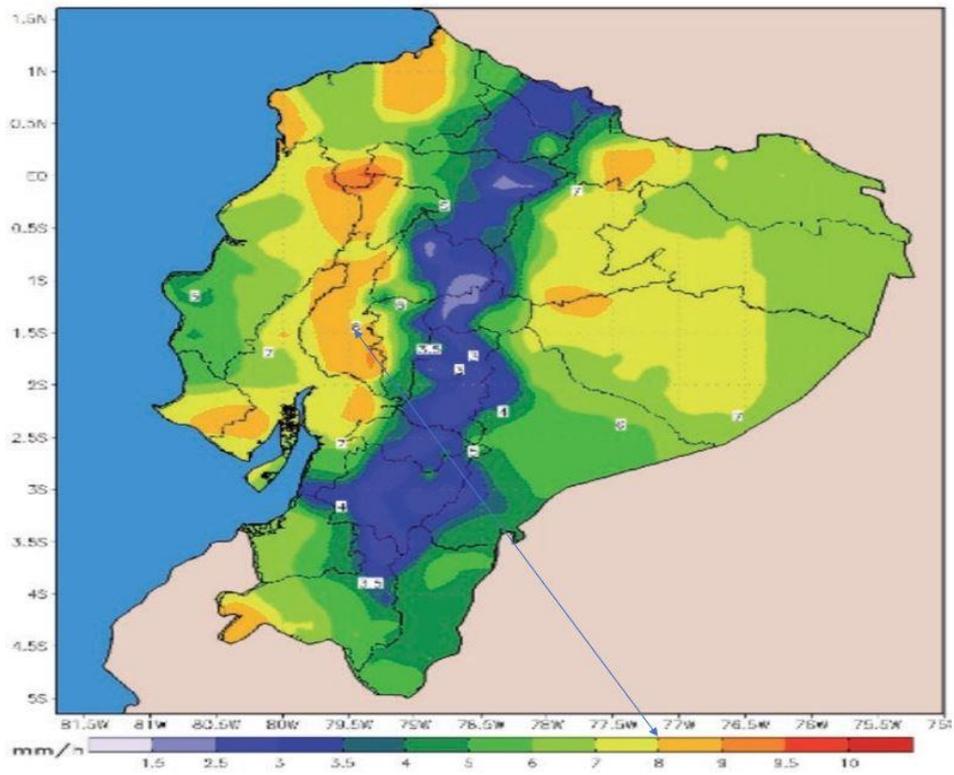
## Heliofanía (Anexo 4)

AÑO	HELIOFANÍA (horas)												MEDIA
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
1980						39.4	65.8	82.4	82.9	48.1	49.1	59.7	61.06
1981	84.6	67.2	114.1	96.8	66.9	43.5	44.3	56.9	67.3	60.8	50.6	64.4	68.12
1982	78.8	100.4	120.3	113.8	55.2	50	40.6	93.7	95	30.7	77.8	121.4	81.48
1983	116.6	135	159.8	148.4	181.1	189.7	168.2	136.1	41.2	37.7	69.8	78.3	121.83
1984	158.4	115.1	122.1	118.7	117.5	54.5	47.1	59.9	44.5	45.2	49.1	78.4	84.21
1985	65.1	103	132.6	108	127.9	66	69.2	71.5	81	91	95.6	81.8	91.06
1986	82.2	97	126	130.8	70.2	61.8	53.8	85.8	103.3	43.1	48.8	73.8	81.38
1987	84.8	91.6	149.1	118	92.2	68.6	53.9	83.6	59.7	59.1	112.7	71.3	87.05
1988	78.8	97.2	97.2	104.4	101.3	36.6	48.7	47.4	51	25.9	44.5	58.6	65.97
1989	63.3	91.7	138.8	111.1	72.7	29.3	58.9	65.6	57.1	55.2	77.7	80.1	75.13
1990	95.4	81.8	138.7	95.1	90.2	59.3	58.6	77.8	73.2	49.1	85.3	80.9	82.12
1991	102	104.5	143.5	144.4	98.7	68.9	42.9	39.2	42.3	54.4	47.3	73.4	80.13
1992	80.8	94	123.4	149	140.4	73.7	59.2	67	26.9	59.5	55.6	73.6	83.59
1993	84.5	70.9	152	154.9	118.4	65.4	66.6	74	46.2	54.3	46.1	63.5	83.07
1994	75	78.3	104.6	91.9	81.9	28.5	61.2	43.7	99.9	57.3	45.4	58.1	68.82
1995	81.9	80.2	147.7	109.6	85.7	86.9	46.9	73.3	86.6	59.3	72.3	91.3	85.14
1996	79.2	116	109.1	151	101.8	39	77.8	92.9	76.9	70.3	76.8	81.4	89.35
1997	75.7	94.8		140.7	148.3	95	128.6	109	96.6	78.5	113.3	146.7	111.56
1998	149.7	115.9	149.9	161	117.7	79.8	64	41.3	38.3	44.1	40	68.3	89.17
1999	71.1	58.4	147.4	105.5	83.6	19.8	47.7	44.8	40.7	38.6	63.1	33.2	62.83
2000	84.8	69.8	103.9	122.1	47.1	31.9	29.3	56.1	54.6	58.1	57.4	60	64.59
2001	89.5	90.6	120.7	140.3	39.5	48	37.5	28.9	63.2	70.5	65.2	58	70.99
2002	89	57.1	114.4	121.1	94.6	58.3	62.9	67.7	54.3	30.5	43.1	48.6	70.13
2003	71	86.8	118.4	148.8	82.8	27.2	37.2	37.2	60.4	45.6	30.5	62.1	70.07
2004	104	88	97.8	103.2	60.3	23.5	23.3	80.5	44.2	48.7	66.1	128.9	72.38
2005	97.2		73.3	74.7	75.1	32.3	40.1	47.5	72.8	26.6	41.6	57.8	58.09
2006	110.5	75.7	126.3	116.8	103.6	39	41.3	49.5	56.6	69.8	40.2	82.9	76.02
2007	62.9	93.3	97.3	89.7	40.3	19.1	50.8	41.4	51.1	26.5	43.9	55.5	55.98
2008		69.3	139.1	146.5	70.5	38.8	38.7	38.3	35.3	41.7	60.6	66.1	67.72
2009	54.3	81.7	124.1	139.3	107.2	49.2	57.5	56.9	78.5	80.7	61.2	48.3	78.24
2010	74.6	71	82.9	103.8	71	38.1	35.6	40.4	24.9	67.8	32.9	36	56.58
2011	76.4	96.6	163.8	125.6	102.9	48.3	33.6	33.4	64.8	39.4	86	97.2	80.67
2012	52.7												52.7
<b>Media</b>	86.28	89.1	124.61	122.1	91.83	53.42	56.6	63.24	61.6	52.13	60.93	73.11	
<b>Mínima</b>	52.7	57.1	73.3	74.7	39.5	19.1	23.3	28.9	24.9	25.9	30.5	33.2	
<b>Máxima</b>	158.4	135	163.8	161	181.1	189.7	168.2	136.1	103.3	91	113.3	146.7	
<b>Desv. Stand.</b>	23.35	18.02	22.59	22.48	31.75	31.6	28.02	24.31	21.29	16.48	21.23	24.29	
<b>CV</b>	0.27	0.2	0.18	0.18	0.35	0.59	0.5	0.38	0.35	0.32	0.35	0.33	

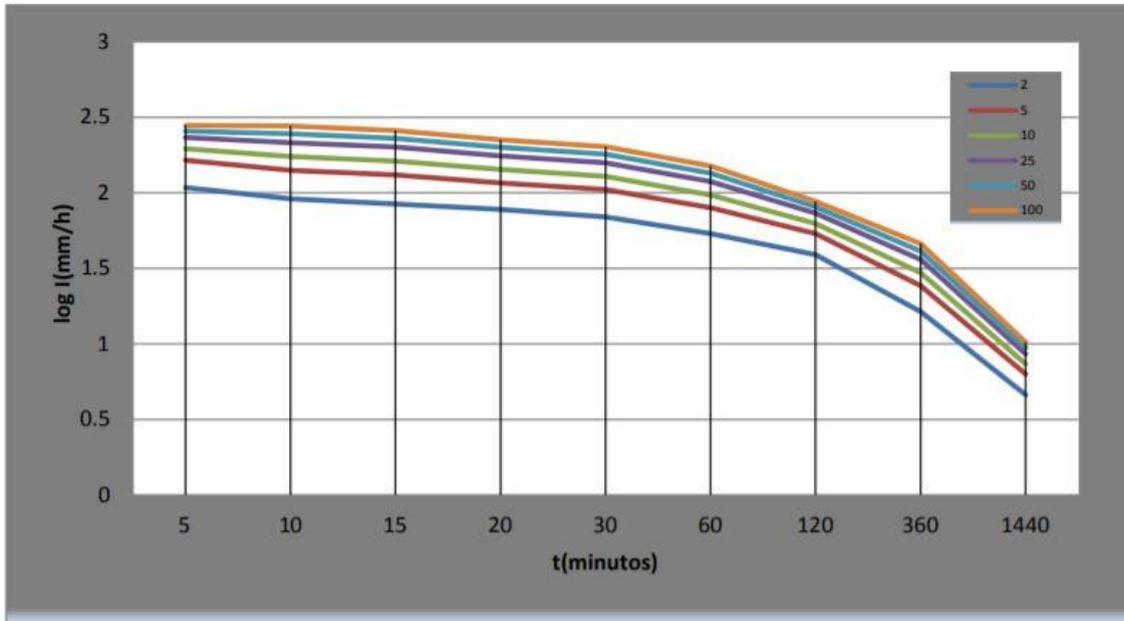
## Evaporación (Anexo 5)

EVAPORACIÓN (mm)													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA
1980						90.4	96.1	101.2	125.1	113	108.8	109.5	106.3
1981	123.1	70.9		124.3	99.5	78.9	80.8	89.7	106.6	114.3			98.68
1982	102.7		139.5		92.7		84.1	116.8		109.3		123.6	109.81
1983			142.6		123		116.6	113.8		90.6		96.3	113.82
1984	134.7		134		117.3		81.5	95.9		104.2		118.1	112.24
1985	107.4	121	131.9	120.7	101.7	81.7	79.3	91.9	126.6	137.4	138.8	120.6	113.25
1986	103	117.4	138.9	124.6	101.3	80.9	83.8	104.7	129.9	105	106.9	119.1	109.63
1987	110.1	117	149.1	112.6	102.3	91.9	81.7	100.9	103.9	109.2	156.2	132	113.91
1988	102.1		135.2	112	95.6	79.4	86.9	96.9	105.7	101.9	105.3	106	102.45
1989	89.3	95.8	122.5	118.7	96.4	72.5	78.6	83.2	93	103.3	121.1	136.3	100.89
1990	123.1		146.1		110.6		93.7	98.3		109.8		148.5	118.59
1991	126.1	118	149.7	148.9	130.9	115.1	83.5	94.5	108.5	124.2	117.3	120.8	119.79
1992	100.9		125.8	119.4	113.1	85.1	86.2	86.5	81.2	106.7	102.2	117.8	102.26
1993	110.8	87.1	129.8	123.3	114	83.3	86.9	98.9	93.5	113.8	111.7	99.3	104.37
1994	97.9	92.7	115.7	98.9	91.8	67.4	86.8	88.3	123.3	114.2	117.2	112.9	100.59
1995	97.2	109.5	138.4	123.2	111.3	109.3	94.5	120.3	129	137.2	126.5	146.6	120.25
1996	115.6	119.2	123.3	142.3	123.4	80.8	93.2	118.3	136.4	142.8	141.9		121.56
1997		109.7	128.4	129.3	122.3	107.4	112.7	108.8	110.5	106.5	123.3	135.1	117.64
1998	149.5	115.5	159.8	136.9	124.8	98.5	93.4	91.7	94.5	107	101.9	117.7	115.93
1999	121.2	91.9		119.9	99.9	67.1	85.5	89.9	94.1	101.4	112.7	90.2	97.62
2000	114.6	103.9	119.6	120.2	88.8	77.3	73.8	94.1	96.6	110.7	107.2	116.6	101.95
2001	106.9	99.8	123.1	127.6	84.8	77.4	80.3	76	114.9	121.5	127.5	121.5	105.11
2002	126.3	83.5	134.4	104.8	99.2	90.8	96.9	90.9	105.2	110.2	105.5	112.4	105.01
2003	99.1	101.9	126.6	128.1	102	64.8	74.5	78.8	104.4	110.1	115.4	118.4	102.01
2004	124.5	99.5	119.2	101.9	93.4	71.1	67.8	96.2		113.9		153.6	104.11
2005	138.5	84.7	97.7	136.1	96	79.4	79.4	90.6	110.2	101.5	109.4	101.3	104.13
2006	109.7			126.2	105	88.9	86.6	101.4	114.4	137.2	110.3	122.1	110.18
2007	96.3	113.8	116.1	122.9	86.8	71.5	92	88.8	110.2	98.2	113	121.6	102.6
2008	68.9	94.2	128.7	139.6	96.4	79.6	86.4	93.2	100	112.7	124.2	137.9	105.15
2009	92.9	88.9	111.3	127.1	127.2	77.7	85.7	99.5	117	131.7	134.9	107	108.41
2010	99.4	91.3	107.3	118.7	99.2	77.9	84.4	91.2	92.5	113.6	91.3	81	95.65
2011	105.4	100.4	152	115.9	118	82.5	74	84.3	83.8	109.1	135.5	136.3	108.1
2013						72.5							72.5
<b>Media</b>	110.25	101.15	130.24	123.11	105.44	82.92	86.49	96.11	107.81	113.19	117.92	119.34	
<b>Minima</b>	68.9	70.9	97.7	98.9	84.8	64.8	67.8	76	81.2	90.6	91.3	81	
<b>Máxima</b>	149.5	121	159.8	148.9	130.9	115.1	116.6	120.3	136.4	142.8	156.2	153.6	
<b>Desv. Stand.</b>	16.54	13.54	14.35	11.62	12.9	12.6	10.09	10.75	14.38	12.37	14.68	16.86	
<b>CV</b>	0.15	0.13	0.11	0.09	0.12	0.15	0.12	0.11	0.13	0.11	0.12	0.14	

**Mapa de Intensidades Máximas en 24 horas(Período de retorno 50 años)**



ESTACIÓN		INTERVALOS DE TIEMPO (minutos)	ECUACIONES	R	R <sup>2</sup>
CÓDIGO	NOMBRE				
M0051	BABAHOYO	5 < 60	$i = 161.4674 * T^{0.2600} * t^{-0.2744}$	0.9759	0.9524
		60 < 1440	$i = 1639.1433 * T^{0.2267} * t^{-0.8115}$	0.9916	0.9833



## ANEXOS FOTOGRÁFICOS

Recaba de drenaje principal



## Drenaje del lado hacia puerta negra



## Primer drenaje secundario



## Segundo drenaje secundario



## Demarcación de canales de drenaje



**Tercer drenaje secundario**





## Rotura de canales secundarios de drenaje



## Vista panorámica de drenajes secundarios



**Presupuesto general del proyecto**

**Presupuesto por aportantes**

**APORTANTES**

	<b>DESBROCE, LIMPIEZA Y PREPARACIÓN DE TERRENO</b>	<b>PRESUPUESTO REFERENCIAL</b>	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO</b>	<b>GOBIERNO O PROVINCIAL DE LOS RIOS</b>
1	DESBROCE CON BULLDOZER	13.200,00	13.200,00	0
2	ROME PLOW 2 PASES	3.600,00	3.600,00	0
3	RASTRA LIVIANA 2 PASES	3.000,00	3.000,00	0
		<b>19.800,00</b>	<b>19.800,00</b>	0
<b>VÍAS DE ACCESO</b>				
1	TRAMO 1 VIA DE INGRESO 270 ML / ANCHO DE VIA 6 METROS REPLANTEO Y NIVELACIÓN	2.041,20	2.041,20	0
	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL DE SITIO	13.173,30	13.173,30	0
	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL DE PRESTAMO IMPORTADO (LASTRE)	8.336,52	8.336,52	0
2	TRAMO 2 VIA DE INGRESO 540 ML / ANCHO DE VIA 4 METROS REPLANTEO Y NIVELACIÓN	3.061,80	3.061,80	0
	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL DE SITIO	5.382,01	5.382,01	0
	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL DE PRESTAMO IMPORTADO (LASTRE)	12.370,32	12.370,32	0
3	PLATAFORMA DE ARCILLA COMPACTADA DE MATERIAL DE SITIO REPLANTEO Y NIVELACIÓN	3.291,75	3.291,75	0
	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL DE SITIO	14.013,72	14.013,72	0
	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL DE PRESTAMO IMPORTADO (LASTRE)	12.370,32	12.370,32	0

4	PLATAFORMA REPLANTEO Y NIVELACIÓN	6.583,50	6.583,50	0
	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL DE SITIO	31.984,32	31.984,32	0
	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL DE PRESTAMO IMPORTADO (LASTRE)	26.020,50	26.020,50	0
5	INSTALACION DE TUBOS DRENAJE E=1500 mm INCLUYE EXCAVACION	4.000,00	4.000,00	0
6	PROVISION DE TUBOS DE H. SIMPLE DE 1500 mm	15.375,00	15.375,00	0
		<b>158.004,25</b>	<b>158.004,25</b>	0
	<b>INFRAESTRUCTURA</b>			
1	POZO PROFUNDO DE 60 ML DE 8 PULGADAS CON BOMBA SUMERGIBLE DE 10HP	22500,00	22500,00	0
2	POZO SEPTICO DE CAPTACION DE AGUAS SERVIDAS	2800,00	2800,00	0
3	DUCTO CAJON DOBLE DE 3,80 X 2,50 X 19 m EN EL INGRESO DE LA FACIAG	<b>95129,67</b>	<b>0</b>	<b>95129,67</b>
4	<b>ESTACIONES DE BOMBEO DRENAJE PLUVIAL (4 ESTACIONES)</b>	<b>300402,41</b>	<b>0,00</b>	<b>300402,41</b>
5	CANALES DE DRENAJE PLUVIAL PRIMARIOS REPLANTEO Y NIVELACIÓN	1679,29	1679,29	0
6	DESASOLVE, RECAVA, PERFILADO CANAL DE DRENAJE PLUVIAL PRINCIPAL	17280,00	17280,00	0
7	CANALES DE DRENAJE PLUVIAL SECUNDARIOS REPLANTEO Y NIVELACIÓN	3837,96	3837,96	0
8	DESASOLVE, EXCAVACIÓN CANALES DE DRENAJE PLUVIAL SECUNDARIOS	43200,00	43200,00	0
		<b>486829,33</b>	<b>91297,25</b>	<b>395532,08</b>
	<b>EQUIPAMIENTO CIVIL</b>			

7	SALON DE USO MULTIPLE	129.600,00	129.600,00	0
8	VIVIENDA	76.800,00	76.800,00	0
		<b>206400,00</b>	<b>206400,00</b>	0
<b>INFRAESTRUCTURA ELÉCTRICA</b>				
1	CONSTRUCCION RED DE MEDIA TENSION Y BAJA INC LUMINARIAS Y POSTES DE HORMIGON	11.400,00	11.400,00	0
2	TRANSFORMADOR DE 25 KVA	3.000,00	3.000,00	0
3	ALUMBRADO ELECTRICO DE PLAZOLETA INTERIOR INCLUYE POSTES Y LAMPARAS	2.400,00	2.400,00	0
		<b>16.800,00</b>	<b>16.800,00</b>	0
		<b>\$ 887833,58</b>	<b>\$ 492301,50</b>	<b>\$ 395532,08</b>

## Presupuesto de bombas y cárcamos

**SR(ES):** UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO

**RUC:** 1260001110001

**FECHA:** 11/02/2023

**DIRECCIÓN:** AV. UNIVERSITARIA S/N

*A CONTINUACIÓN SÍRVASE ENCONTRAR COTIZACIÓN, CORRESPONDIENTE IMPLEMENTACIÓN DE TRES ESTACIONES DE BOMBEO PARA DRENAR LAS AGUAS DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD DE BABAHOYO.*

**COTIZACIÓN MR- 06-**

**2023**

ITE	RUB	UNI	CANTID	P	P
	<b>CONSTRUCCION DE ESTACIÓN DE BOMBEO PARA BOMBA DE</b>				
1	Replanteo y nivelación	m	2	\$	\$
2	Excavación a mano para plintos	m	9	\$	\$
3	Acero de refuerzo en barras f'y= 4200 kg/cm2	k	253,03	\$	\$
4	Mejoramiento con piedra bola para plinto en edificaciones	m	2	\$	\$
5	Hormigón simple en replantillo f'c=140 kg/cm2; e=6 cm	m	7	\$	\$
6	Hormigón simple en plintos f c=210kg/cm2 inc. encofrado	m	1	\$	\$
7					
8					
9	Relleno compactado con material arcilloso en				
	Hormigón simple en contrapiso; esp = 15 cm; f c=210kg/cm2; inc. encofrado y malla electrosoldada			\$	\$
				42 57	851 40
1	Cubierta de galvalume tipo duratecho	m	3	\$	\$
1	Cerramiento con malla electrosoldada (inc. sujeción inferior y puerta de ingreso)				
1	Estructura metálica (correas y tubos cuadrados),inc. pintura de acabado				
1	Puerta de malla y tubo (malla 50/11 tubo=2")	m	6	\$	\$
1	Subacometida 2 conductores nº 10 en tubería pvc 3/4"	m	2	\$	\$
1	Panel de disyuntores (breakers) 2x4 incl. breakers 15-20 amp	u	1	\$	\$
1	Punto de alumbrado 120 voltios	p	4	\$	\$
1	Aplique con foco ahorrador de 20 vatios	u	4	\$	\$
1	Punto de tomacorriente polarizado 120 voltios	p	2	\$	\$
2					
<b>SUBTOTAL 1:</b>					<b>\$</b>
	<b>INSTALACION DE BOMBA</b>				
	Suministro, transporte e instalación de grupo de bombeo motor				
2		U	1	\$	\$

	Tuberías y accesorios metálicos para grupo de bombeo INC. (14m tubería 16", 10m tubería 14", neplo exentrico,				
2	Tanque metálico de 200 litros Inc. Base metálica.	U	1	\$	\$
	Hormigón simple en base de motor y bomba f'c=210kg/cm2 inc. encofrado				
<b>SUBTOTAL 2:</b>					<b>\$</b>
<b>CARCAMO DE SUCCION</b>					
2	Tazado y Replanteo	m	2	\$	\$
2					
2					
2					
2					
3					
3					
<b>SUBTOTAL 3:</b>					<b>\$</b>
<b>CONSTRUCCION DE ESTACIÓN DE BOMBEO PARA BOMBA DE</b>					
3	Replanteo y nivelación	m	3	\$	\$
3	Excavación a mano para plintos	m	9	\$	\$
3	Acero de refuerzo en barras f'y= 4200 kg/cm2	k	277,50	\$	\$
3	Mejoramiento con piedra bola para plinto en edificaciones	m	2	\$	\$
3	Hormigón simple en replantillo f'c=140 kg/cm2; e=6 cm	m	7	\$	\$
3	Hormigón simple en plintos f'c=210kg/cm2 inc. encofrado	m	1	\$	\$
	Relleno compactado con material arcilloso en edificaciones				
	Hormigón simple en contrapiso; esp = 15 cm;				
4	Cubierta de galvalume tipo duratecho	m	4	\$	\$
	Cerramiento con malla electrosoldada (inc. sujeción inferior y puerta de ingreso)				
	Estructura metálica (correas y tubos cuadrados),inc. pintura de acabado				
4	Puerta de malla y tubo (malla 50/11 tubo=2")	m	6	\$	\$
4	Subacometida 2 conductores nº 10 en tubería pvc 3/4"	m	2	\$	\$
4	Panel de disyuntores (breakers) 2x4 incl. breakers 15-20 amp	u	1	\$	\$
4	Punto de alumbrado 120 voltios	p	4	\$	\$
4	Aplique con foco ahorrador de 20 vatios	u	4	\$	\$
5	Punto de tomacorriente polarizado 120 voltios	p	2	\$	\$
5	Sistema de protección puesta a tierra	u	1	\$	\$
<b>SUBTOTAL 4:</b>					<b>\$</b>
	Suministro, transporte e instalación de grupo de bombeo motor				

	Tuberías y accesorios metálicos para grupo de bombeo INC. (14m tubería 22", 10m tubería 20", neplo exentrico 22"x20", codo de				
5	Tanque metálico de 200 litros Inc. Base metálica.	U	1	\$	\$
	Hormigón simple en base de motor y bomba f'c=210kg/cm2 inc. encofrado				
<b>SUBTOTAL 5:</b>					<b>\$</b>
5	Tazado y Replanteo	m	2	\$	\$
5	Excavación a máquina en canal	m	2	\$	\$
5	Mejoramiento con piedra bola para plinto en edificaciones	m	1	\$	\$
5	Hormigón simple cárcamo f'c=210kg/cm2 inc. Encofrado	m	2	\$	\$
6	Acero de refuerzo en barras f'y= 4200 kg/cm2	k	2.360,2	\$	\$
6	Rejilla de limpieza con tubo de 50x50x3mm y platina de 2" x 3mm	m	2	\$	\$
6	Rejilla superior con tubo 100x100x3mm y platina de 2" x 3mm	m	4	\$	\$
<b>SUBTOTAL 6:</b>					<b>\$</b>
	<b>CONSTRUCCION DE ESTACIÓN DE BOMBEO PARA BOMBA DE</b>				
6	Replanteo y nivelación	m	4	\$	\$
6					
6	Acero de refuerzo en barras f'y= 4200 kg/cm2	k	445,83	\$	\$
6					
6	Hormigón simple en replantillo f'c=140 kg/cm2; e=6 cm	m	7	\$	\$
6	Hormigón simple en plintos f'c=210kg/cm2 inc. encofrado	m	1	\$	\$
	Relleno compactado con material arcilloso en edificaciones				
7	Hormigón simple en contrapiso; esp = 15 cm;	m	4	\$	\$
7	Cubierta de galvalume tipo duratecho	m	6	\$	\$
	Cerramiento con malla electrosoldada (inc. sujeción inferior y puerta de ingreso)				
	Estructura metálica (correas y tubos cuadrados),inc. pintura de acabado				
7	Puerta de malla y tubo (malla 50/11 tubo=2")	m	6	\$	\$
7	Subacometida 2 conductores nº 10 en tubería pvc 3/4"	m	2	\$	\$
7	Panel de disyuntores (breakers) 2x4 incl. breakers 15-20 amp	u	1	\$	\$
7	Punto de alumbrado 120 voltios	p	4	\$	\$
8	Aplique con foco ahorrador de 20 vatios	u	4	\$	\$
8	Punto de tomacorriente polarizado 120 voltios	p	2	\$	\$
8	Sistema de protección puesta a tierra	u	1	\$	\$
<b>SUBTOTAL 7:</b>					<b>\$</b>

	<b>INSTALACION DE BOMBA</b>				
	Suministro, transporte e instalación de grupo de bombeo motor				
	Tuberías y accesorios metálicos para grupo de bombeo INC. (14m tubería 28", 10m tubería 26", neplo exentrico 28"x26", codo de				
8					
	Hormigón simple en base de motor y bomba				
<b>SUBTOTAL 8:</b>					<b>\$</b>
	<b>CARCAMO DE SUCCION</b>				
8	Tazado y Replanteo	m	3	\$	\$
8	Excavación a máquina en canal	m	3	\$	\$
8	Mejoramiento con piedra bola para plinto en edificaciones	m	2	\$	\$
9	Hormigón simple cárcamo f c=210kg/cm2 inc. Encofrado	m	3	\$	\$
9	Acero de refuerzo en barras f'y= 4200 kg/cm2	k	3.410,9	\$	\$
<b>SUBTOTAL 9:</b>					<b>\$</b>
<b>TOTAL</b>					

f c=210kg/cm2 inc. encofrado

## 4.1. Presupuesto ducto cajón

### Presupuesto referencial

CONSTRUCCIÓN DE DUCTO CAJON DOBLE DE 3.80 x 2.50 x 19.00 M EN EL INGRESO DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

<b>N</b>	<b>Ru</b>	<b>Unid</b>	<b>Cantida</b>	<b>Precio</b>	<b>Precio</b>
	<b>DUCTO CAJON DE 3.80X2.50X19.00M</b>				
1	PERFILADA DE CARPETA ASFALTICA EXISTENTE	M	38,00	5,53	2
2	EXCAVACION A MAQUINA	M	9	5,47	5.2
3	MEJORAMIENTO CON PIEDRA BOLA	M	1	23,52	3.3
4	REPLANTILLO F'C=140 KG/CM2	M	24,05	183,10	4.4
5	HORMIGON ESTRUCTURAL CLASE B F'C=240 KG/CM2	M	1	230,95	41.7
6	ACERO DE REFUERZO	K	15.3	2,35	36.0
				<b>SUBTOT</b>	<b>90.9</b>
	<b>REPOSICION DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO</b>				
7	MATERIAL DE PRESTAMO IMPORTADO	M	1	5,92	8
8	MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE CON SUELO SELECCIONADO	M	59,85	5,30	3
9	BASE CLASE 3	M	42,75	8,27	3
1	TRANSPORTE DE MATERIAL PETREO DTM=50KM	M3-	3.9	0,24	9
1	ASFALTO MC-250 PARA IMPRIMACIÓN	L	2	0,60	1
1	CAPA DE RODADURA DE HORMIGÓN ASFÁLTICO MEZCLADO EN	M	1	8,00	1.3
				<b>SUBTOT</b>	<b>4.1</b>
				<b>TO</b>	<b>95.1</b>

## Bibliografía

- Álvarez, F. 2008. Sistemas de distribución: Goteo (diapositivas). Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. 41 diapositivas.
- Anibal Sacbajá, O., Brown Manrique, O., Armengol Rodriguez, J., & Mujica Cervantes, A. (2012). Diseño de un sistema de drenaje subsuperficial a pequeña escala para la remoción de zinc en suelos agrícolas de Almolonga en Guatemala. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 21( ), 49-53.
- Cevallos F. (2015). Respuesta del cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris*) a cinco tiempos de inundación en las épocas de floración y fructificación en la zona del cantón La Troncal, provincia del Cañar (Tesis de grado). Universidad Agraria del Ecuador, Ecuador.
- Gavilánez, F. El drenaje agrícola y sus elementos de diseño. - Mawil, (2020). <https://mawil.us/wp-content/uploads/2021/03/el-drenaje-agricola.pdf>.
- Herrera, J., Duarte, C., González, F., & Cid Lazo, G. (2018). Efecto del exceso de humedad del suelo sobre el rendimiento en algunos cultivos de importancia agrícola en Cuba. *Ingeniería Agrícola*, 6(2), 3–7. <https://ojs.edicionescervantes.com/index.php/IAgric/article/view/811>
- Julca-Otiniano, Alberto, Meneses-Florián, Liliana, Blas-Sevillano, Raúl, & Bello-Amez, Segundo. (2006). La materia orgánica, importancia y experiencia de su uso en la agricultura. *Idesia (Arica)*, 24(1), 49-61. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292006000100009>.
- Liotta, M. (2015). Manual de capacitación: drenaje de suelos para uso agrícola. UCAR: Buenos Aires.
- Solís G. (2016). Respuesta del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) a cinco tiempos de inundación en la etapa de floración, cantón Bucay, provincia del Guayas (Tesis de grado). Universidad Agraria del Ecuador, Ecuador.

Vázquez Amabile, Gabriel G, Bosch, Nicolas, Ricca, Alejandra P, Rojas, Dante E, Ortiz de Zárate, María L, Lascombes, Joaquín, Feiguín, María F, & Cristos, Diego. (2017). Napa freática: Dinámica, variables de control y contenido de nitratos en suelos de pampa arenosa. *Ciencia del suelo*, 35(1), 117-134. Recuperado, de [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1850-20672017000100011&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-20672017000100011&lng=es&tlng=es).

Villón M. (2004). *Drenaje*. Cartago, Costa Rica: Centro de Información Tecnológica, Instituto Tecnológico de Costa Rica.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO



EDITORIAL  
**UNIVERSIDAD**  
TÉCNICA DE BABAHOYO



ISBN: 978-9942-606-30-3



9 789942 606303

