

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingenierías

**Diseño de un sistema de riego parcelario para la comunidad
San Pedro, ubicada en la Parroquia La Matriz, Cantón
Guamote**

Proyecto Técnico

Josué Ignacio Mullo Naula

Ingeniería Civil

Trabajo de titulación presentado como requisito
para la obtención del título de
Ingeniero Civil

Quito, 25 de julio de 2016

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ
COLEGIO DE CIENCIAS E INGENIERÍAS

**HOJA DE CALIFICACIÓN
DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

**Diseño de un sistema de riego parcelario para la comunidad San Pedro,
ubicada en la Parroquia La Matriz, Cantón Guamote**

Josué Ignacio Mullo Naula

Calificación:

Nombre del profesor, Título académico

Miguel Araque, Ingeniero Civil

Firma del profesor

Quito, 25 de julio de 2016

Derechos de Autor

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma del estudiante: _____

Nombres y apellidos: Josué Ignacio Mullo Naula

Código: 00025276

Cédula de Identidad: 172025719-3

Lugar y fecha: Quito, 15 de Julio de 2016

RESUMEN

La necesidad de incrementar la producción agrícola en el país para satisfacer las demandas alimenticias básicas de la población, hace primordial el estudio y análisis de sistemas técnicos para el mejoramiento del rendimiento agrícola actual. Y precisamente, siendo el riego una parte fundamental en el crecimiento de las plantaciones, es de vital importancia que la dotación que se les brinda se reparta de acuerdo sus diferentes propiedades. Y de aquí la importancia del presente trabajo en el que se realiza el diseño de un sistema de riego parcelario para una comunidad, con el objetivo de que el agua sea repartida de forma eficiente en cada cultivo, tomando en cuenta las diferentes variables que afectan en la distribución de este recurso limitado. De igual forma, conociendo la importancia de preservar el ecosistema, se realiza una evaluación del impacto ambiental que implicaría la ejecución del proyecto. Por último, y de manera complementaria, se realiza una estimación del presupuesto necesario para su materialización.

ABSTRACT

The need to increase agricultural production in the country, in order to satisfy the basic nutritional demands of the population, makes primary the study and analysis of technical systems to improve the current agricultural performance. And precisely, being the irrigation a key part in the growth of plantations, it is vital that the amount provided to them is distributed according to their different properties. Hence the importance of this work, in which the design of a farm irrigation system for a community is carried out, with the aim of water to be distributed in an efficient way to each crop, taking into account the different variables that affect the distribution of this limited resource. Similarly, knowing the importance of preserving the ecosystem, an environmental impact assessment is done. Finally, in a complementary manner, an estimate of the budget needed for its realization is done.

TABLA DE CONTENIDO

Índice de tablas	8
Índice de figuras	9
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	10
1.1 Generalidades.....	10
1.2 Objetivos.....	13
1.3 Hipótesis.....	13
1.4 Problematización	14
1.5 Fuentes de consulta	15
CAPÍTULO 2: DESARROLLO DEL TEMA	16
2.1 Marco conceptual	16
2.1.1 Riego.....	16
2.1.2 Riego por goteo.....	17
Definición y descripción	17
Ventajas.....	21
Desventajas	22
Bases de diseño	22
2.1.3 Riego por aspersion	29
Definición y descripción	29
Ventajas.....	36
Desventajas	37
Bases de diseño	38
2.1.4 Riego por surcos.....	39
Definición y descripción	39
Ventajas.....	41
Desventajas	41
Bases de diseño	42
2.2 Zona del proyecto	43
2.2.1 Ubicación	43
2.2.2 Demografía e idioma.....	44
2.2.3 Economía.....	45
2.2.4 Datos climáticos.....	46
Precipitaciones	46
Vientos.....	48
Temperatura.....	48

Heliofanía	50
2.2.5 Tipos de Suelo	51
2.2.6 Cultivos de la zona.....	52
2.3 Diseño del sistema de riego parcelario	55
2.3.1 CROPWAT	55
Evapotranspiración	56
Precipitaciones mensuales	57
Tipo de suelo.....	58
Cultivos seleccionados	58
Programación de riego de cultivo	59
2.3.2 Cálculo de dotación	60
2.3.3 Línea de conducción de agua	62
WATERCAD	63
2.4 Evaluación del Impacto Ambiental	66
2.4.1 Preliminares.....	66
2.4.2 Método aplicado	68
Matriz de Importancia.....	69
2.4.3 Resultados.....	73
2.5 Estimación del Presupuesto	74
2.5.1 Consideraciones	74
ProExel	74
2.5.2 Presupuesto.....	74
Rubros	74
Materiales.....	75
Mano de obra.....	75
Equipo.....	76
Costo estimado	76
CAPÍTULO 3: RESULTADOS Y CONCLUSIONES	77
CAPÍTULO 4: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81
Anexo a: Aspersor de impacto	83
Anexo b: Programación de cultivos	84
Anexo c: Actividades de influencia para la EIA.....	90
Anexo d: APU's para el riego parcelario.....	91

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Idioma empleado mayoritariamente en la región del proyecto.....	45
Tabla 2. Precipitaciones cercanas al proyecto, año 2013.....	47
Tabla 3. Precipitación media mensual cercana al proyecto	47
Tabla 4. Periodos secos y lluviosos de la región	47
Tabla 5. Temperatura promedio de la zona	48
Tabla 6. Temperaturas máximas y mínimas cercanas al proyecto.....	49
Tabla 7. Heliofanía de la localidad	51
Tabla 8. Taxonomía del suelo de la localidad.....	51
Tabla 9. Principales cultivos de la zona del proyecto.....	52
Tabla 10. Principales cultivos y tecnología utilizada en el Cantón Guamote.....	54
Tabla 11. Cultivos y sus periodos agrícolas.....	58
Tabla 12. Caudal máximo por hectárea de los cultivos de diseño	60
Tabla 13. Dotación de agua por lote	61
Tabla 14. Elementos dentro de la Importancia de Impacto	71
Tabla 15. Escala de valor Matriz de Importancia	72
Tabla 16. Rubros del proyecto	74
Tabla 17. Materiales para el proyecto.....	75
Tabla 18. Mano de obra para el proyecto	75
Tabla 19. Equipo necesario para el proyecto	76
Tabla 20. Costo estimado del proyecto.....	76

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Rendimiento de la tierra sembrada y cosechada usada para cultivos transitorios	12
Figura 2. Sistema de riego por goteo y sus características	19
Figura 3. Tipos de emisores en riego por goteo.....	20
Figura 4. Sistema de Riego por goteo a gravedad para pequeñas parcelas.....	21
Figura 5. Proceso general del sistema de riego localizado	24
Figura 6. Evapotranspiración	25
Figura 7. Filtración profunda y emisores	27
Figura 8. Sistema estacionario de aspersion	30
Figura 9. Sistema pivote de aspersion.....	30
Figura 10. Aspersor de impacto	33
Figura 11. Aspersor de turbina en el riego de un parque	33
Figura 12. Aspersores “rotator” de plato rotativo y con boquilla de baja deriva.....	34
Figura 13. Difusores modernos para laterales móviles.....	34
Figura 14. Tubo Perforado.....	35
Figura 15. Surcos en terreno nivelado	40
Figura 16. Surcos en terreno con gran pendiente.....	40
Figura 17. Ubicación del proyecto.....	44
Figura 18. Temperaturas máximas y mínimas cercanas al proyecto	50
Figura 19. Principales productos comerciales del cantón Guamote	53
Figura 20. Evapotranspiración de la región	57
Figura 21. Precipitación efectiva de la región	57
Figura 22. Precipitación efectiva de la región	58
Figura 23. Propiedades de la cebada.....	59
Figura 24. Programación de riego para la cebada.....	59
Figura 25. Corte tipo, tubería.....	62
Figura 26. Diseño hidráulico del sistema de riego parcelario.....	64

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1 Generalidades

El riego en los cultivos, ha sido implementado y desarrollado por la humanidad desde hace miles de años. A saber, se dice que “es un arte tan antiguo como la propia existencia del hombre. Esto lo comprueban las ruinas de obras de riego encontradas en diversas regiones del mundo tan distantes unas de otras como: Egipto, Irán China, India y España” (García & Briones, 2015). De esta forma se puede apreciar como el riego ha aportado en el desarrollo de grandes civilizaciones. Pero, por otro lado, también se debe considerar que una mala aplicación de un sistema de riego podría causar que la actividad agrícola en una zona desaparezca, debido a los daños que una inadecuada distribución de agua puede ocasionar en las propiedades del suelo.

De este modo, la idea principal de la dotación de agua por medio de un sistema de riego es “suministrar la humedad esencial para el crecimiento de la planta” (García & Briones, 2015). Y evidentemente el suministro de agua para lograr esa humedad se debe realizar de modo que se minimicen los desperdicios de este recurso tan importante. Siendo, el diseño de un sistema de riego parcelario, un medio de repartición de agua para que éste llegue a las chacras, y generalmente se lo realiza por medio de canales o tuberías.

Así pues, entrando al contexto nacional, y siendo el agua un recurso limitado e indispensable para la vida, necesario para alcanzar el concepto del buen vivir, que se expone actualmente en el plan nacional del gobierno ecuatoriano, es de suma importancia la

optimización de este recurso para que su distribución, hacia sus distintos usos, sea sostenible en el tiempo.

En este marco, debemos resaltar la importancia de este recurso hídrico dentro de la agricultura, ya que es en este sector productivo donde se utiliza un mayor porcentaje de agua, siendo de aproximadamente 80% del total del agua accesible (Castañon, 2000).

Es por esto que se debe prestar especial atención a los sistemas de riego ya que, como se mencionó antes, una mala aplicación de un sistema de riego para la distribución del agua en los cultivos puede terminar en el estropeo e inutilización de un suelo para posteriores siembras. Lo que ocasionaría pérdidas económicas para el agricultor y además incrementaría la problemática del Ecuador de satisfacer la producción de alimentos tan básicos y necesarios para llenar la canasta básica familiar, lo cual implica también mayor importación de estos productos que sí se podrían sustentar con una debida planificación técnica.

Y justamente, dentro de la coyuntura del Ecuador en el tema agrario, las consecuencias de la problemática de una baja producción agrícola se mencionan en el plan nacional del buen vivir 2013-2017 cuando se señala que:

Si la productividad en cultivos transitorios que integran buena parte de la canasta básica de alimentos continúa estancada o decreciente (Figura 1), el Ecuador deberá importar alimentos. Por ello, la producción agrícola se debe basar en principios agroecológicos y los cultivos asociados, permanentes o transitorios, tendrán una mayor representación que los monocultivos. Esto contribuirá a la diversificación del sector agrícola. Y finalmente en este aspecto se pretende que

a largo plazo, el Ecuador logre un relativo nivel de autosuficiencia alimentaria, al importar cada vez menos alimentos y garantizando la producción de los alimentos de la canasta básica, en vinculación con la agricultura familiar campesina (Senplades, 2013).

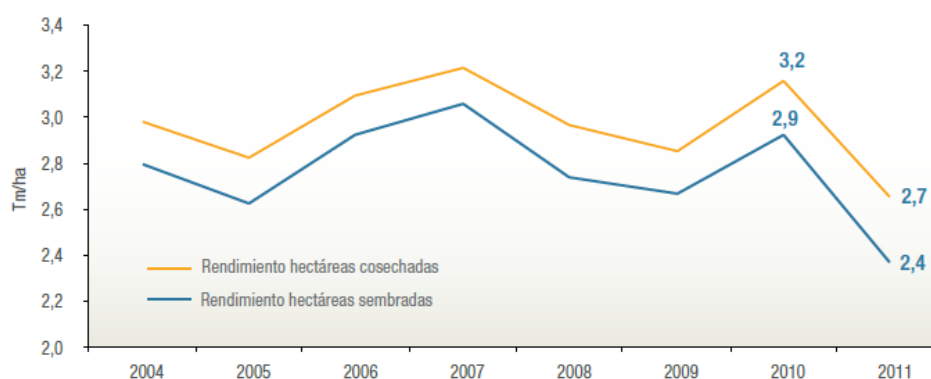


Figura 1. Rendimiento de la tierra sembrada y cosechada usada para cultivos transitorios

Fuente: Senplades

Y precisamente para aportar a este mejoramiento agrícola, tan necesario para el desarrollo del país, la aplicación de cultivos asociados juntos con la optimización del uso del agua en sectores rurales agrarios se puede lograr con una buena planificación técnica tomando en cuenta todas las variables que inciden dentro de un cultivo, y de esta forma poder minimizar el desperdicio de este recurso hídrico y finalmente aumentar el rendimiento de este sector primario de la economía.

En suma, por lo expuesto anteriormente, es evidente la importancia que tiene un buen sistema de riego dentro del sector agrícola, ya que mediante una correcta elección del sistema de irrigación se puede mejorar los niveles de productividad, derivando en mejor calidad de vida de la población al lograr satisfacer los requerimientos básicos alimenticios.

1.2 Objetivos

Examinar y exponer los conceptos e importancia que tienen los sistemas de riego dentro del sector agrícola tanto en aspectos económicos como sociales, para contrastarlos y aplicarlos a la zona del proyecto.

Estudiar y analizar los principales sistemas de riego: por goteo, por aspersión y por surcos. Y de esta forma seleccionar la alternativa de irrigación óptima para los diferentes cultivos transitorios propuestos.

Desarrollar el diseño de un sistema de riego parcelario, para una comunidad campesina ubicada en el cantón Guamote, provincia de Chimborazo.

Presentar una evaluación del impacto ambiental que implicaría la realización del proyecto de riego, de tal forma que se pueda reducir la huella en el ecosistema como consecuencia de las actividades necesarias para su materialización.

Realizar una estimación del presupuesto necesario para la construcción del proyecto, mediante el análisis de precios unitarios.

1.3 Hipótesis

Con el diseño de este sistema de riego parcelario se incrementa la productividad agraria de la zona del proyecto. Y como consecuencia de suministrar un correcto sistema de riego para los diferentes tipos de cultivos asociados, se logra obtener ganancias y prosperidad para el agricultor.

1.4 Problematización

La falta de conocimiento sobre la aplicación de sistemas técnicos, para la distribución de agua, ha ocasionado que muchas parcelas sean ineficientes o improductivas. Además, la escasa disponibilidad de personal técnico calificado en la zona, ha impedido que los productores tengan sistemas de riego apropiados.

La mayoría de los cultivos del lugar dependen únicamente de precipitaciones naturales (lluvia), lo cual en ciertas épocas puede causar varias pérdidas ya que no se aplican dotaciones de riego técnicamente calculadas. Ya que, al existir un “exceso de humedad, o una insuficiencia de agua en el suelo, el crecimiento del cultivo es retardado” (García & Briones, 2015), y de este modo no se logra el mejor rendimiento del cultivo.

La práctica de monocultivos, tradicionalmente sembrados dentro de la comunidad, junto con el desconocimiento sobre los beneficios de la rotación de cultivos o cultivos asociados, así como la posibilidad de ampliar los productos agrícolas que se podrían plantar, hace que las propiedades del suelo se deterioren y no se aproveche toda su capacidad.

Los bajos recursos económicos, desconocimiento y falta de asesoría hacia el acceso a medios de financiamiento para implementar sistemas de riego adecuados para sus cultivos hacen que se dificulte el mejoramiento de la producción agrícola.

1.5 Fuentes de consulta

Para conocer la realidad de la zona del proyecto, se consultó los planes de desarrollo y ordenamiento territorial elaborados por el municipio del cantón Guamote (GAD Guamote, 2014); además se investigó documentación de la Secretaria Nacional del Agua relacionados al sitio del proyecto. Y conjuntamente se investigó material del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, para obtener datos climatológicos cercanos a la ubicación del proyecto.

Además, para sustentar los aspectos teóricos y técnicos desarrollados dentro de este trabajo, se buscó apoyo en libros y diferentes textos (estudios y tesis) confiables y de credibilidad, referentes a los temas agrícolas y de irrigación. Éstos se detallan en el capítulo de referencias bibliográficas.

CAPÍTULO 2: DESARROLLO DEL TEMA

2.1 Marco conceptual

2.1.1 Riego

Cuando se habla del concepto de riego, éste se refiere a la provisión de agua que se brinda a las plantas de un cultivo. En donde, esta actividad tiene dos objetivos primordiales que son: “1. Suministrar la humedad esencial para el crecimiento de la planta; y 2. Lavar o diluir las sales en el suelo” (García & Briones, 2015). Y al mismo tiempo, con el riego se logra “enfriar el suelo y la atmosfera, ocasionando un mejor medio ambiente para el crecimiento de la planta” (García & Briones, 2015). Y su implementación es especialmente importante cuando la cantidad de precipitaciones (lluvia) de una zona no suplen los requerimientos de las plantas, esto principalmente en temporadas secas o de baja humedad.

Pero previo a que las plantas se beneficien de la irrigación, es necesaria la implementación de sistemas de riego parcelario que son “obras para que llegue el agua a las chacras y riegue las siembras: acequias, canales, tubos y aspersores” (MAGAP, 2014). Para lo cual se realiza una canalización o una red de tubería.

Para logra el primer objetivo, proveer de agua a la planta, se tienen varios métodos, cuyo desempeño obedecen esencialmente al tipo de cultivo, topografía del terreno, climatología, tipo de suelo y cantidad de agua disponible. En cuanto al segundo objetivo, su importancia radica en el hecho de que: “si las sales acumuladas en la zona de las raíces de la planta no son periódicamente lavadas, la tierra se hará improductiva en esa región” (García & Briones, 2015). Es decir que también se debe cuidar la cantidad de flujo de agua para

evitar daños en las propiedades de la tierra, debido a la erosión y acumulación de sales. Este segundo objetivo normalmente se lo puede alcanzar realizando un sistema de drenaje conjuntamente con el de riego.

Seguidamente, y como se indicó anteriormente, para lograr un riego eficiente reduciendo los desperdicios, se debe elegir de entre los diferentes sistemas que se han desarrollado. Entre los principales que tomaremos en consideración están, el riego por goteo, aspersión y surcos. La elección de un sistema se debe basar en varios aspectos, que tienen como meta, lograr una mejor producción agrícola y preservar el suelo para posteriores cultivos.

2.1.2 Riego por goteo

Definición y descripción

El riego por goteo es un tipo de riego localizado, es decir que la distribución de agua se la realiza por sistemas que se encuentran fijos en el terreno, y gracias a esto la repartición se puede controlar de mejor manera de acuerdo al tipo de plantación. Cabe mencionar que dentro del riego localizado también se encuentra el riego por micro-aspersores o aspersión que se analiza en la siguiente sección de este trabajo. Ahora, continuando con el riego por goteo, para que éste funcione se utilizan goteros o perforaciones en la tubería como medios de emisión de agua (Castañón, 2000). En este sistema, principalmente se pretende mantener el agua en la zona radicular, aplicándola gota a gota de forma más eficiente y ofreciendo mayor beneficio a la plantación. Y en general, la eficiencia en el uso del agua empleando este sistema de riego puede aumentar en un 50% o más (Hiler & Howell, 1972).

Entendiendo la eficiencia como el “rendimiento del cultivo por unidad de agua aplicada” (García & Briones, 2015).

En este método también se puede añadir fertilizantes al flujo de agua, lo que se conoce con el nombre de fertirrigación, siempre y cuando también exista un filtro que ayude a garantizar la calidad del agua. Ya que “el agua que se utiliza en este sistema debe estar libre de impurezas porque éstos pueden bloquear el flujo” (SEP, 2014) en las tuberías o más probablemente en los emisores que son muy susceptibles a taponarse frente a las impurezas.

El elemento principal, del sistema de riego por goteo, es el mecanismo de carga que está conformada por: “la bomba, el filtro, el medidor de gasto, los manómetros de presión, el inyector de fertilizantes, la válvula de control, el regulador de presión y la unidad de control automático” (García & Briones, 2015). Y luego de pasar por éste sistema de carga, la distribución se la realiza por medio de tuberías, conexiones, válvulas y emisores. Este mecanismo se lo puede apreciar en la Figura 2.

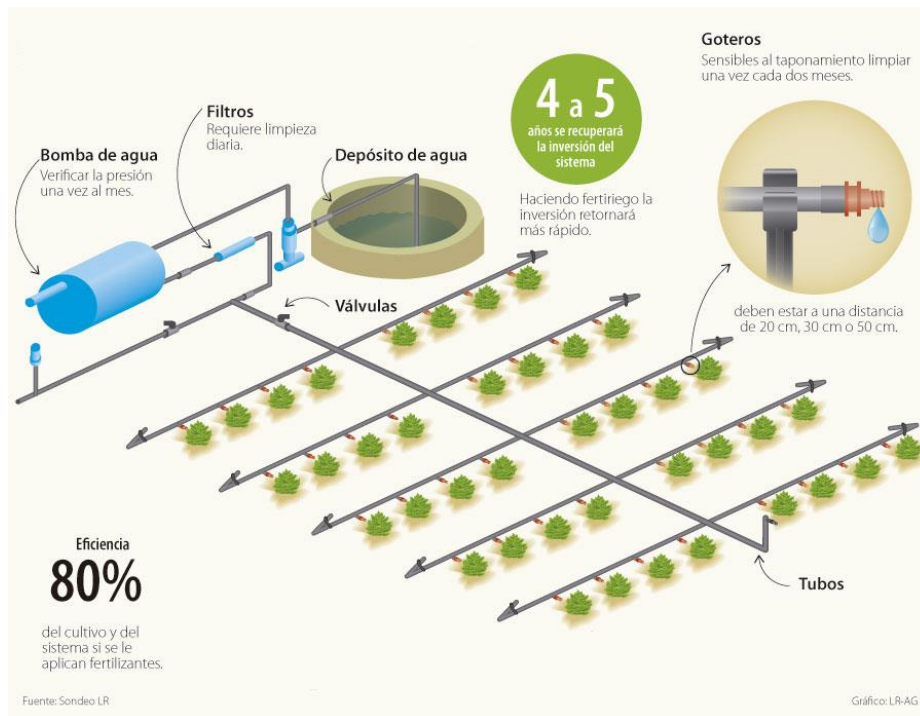


Figura 2. Sistema de riego por goteo y sus características

Fuente: LaRepublica.co/Agronegocios

Los emisores tienen la tarea de generar un cambio en la presión y consecuentemente se pueda controlar el flujo de agua, de modo que la salida sea por medio de gotas y con la cantidad necesaria según el cultivo. Esta emisión puede variar entre 1 y 8 litros/seg/ha (SEP, 2014). Y debido a que “el promedio de los diámetros de apertura en los orificios se encuentran en un rango de 0.25 a 0.0025 mm” (García & Briones, 2015), los filtros son necesarios por la facilidad que tienen los emisores o goteros a taponarse. Y por último, respecto a la presión necesaria para todo el sistema por goteo, éste opera a relativamente baja presión que puede variar entre 0.5 a 2.5 kg/cm², comparada con la presión que requieren los sistemas de aspersión, cuyos valores pueden ir de 3 a 7 kg/cm².

La emisión de las gotas puede darse en puntos específicos de la tubería, por medio de goteros o perforaciones (Figura 3). Y ahora también se han desarrollado tuberías porosas basadas en “tejidos de poliéster (...), debido a sus capacidad exudativa” (Ciencia y Campo, 2016) que permiten la salida del agua a lo largo de toda la extensión de la tubería. A estas

tuberías se las conoce con el nombre de “cintas o tubos de riego exudantes” (Ciencia y Campo, 2016). Estas cintas de goteo “distribuyen el agua de forma continua a través de los poros, lo que da lugar a la formación de una franja continua de humedad, que las hace muy indicadas para el riego de cultivos en línea” (PREDES, 2016) . Pero se debe considerar que “las presiones de trabajo son menores que las de los goteros; esto hace necesario el empleo de reguladores de presión especiales o microlimitadores” (Ramos & Báez, 2013). Este tipo de emisión por tubería se muestra en la Figura 3.



Figura 3. Tipos de emisores en riego por goteo

Fuente: auladeagricultura.com y CienciyCampo.com

Es importante mencionar que al sistema de riego por goteo, tradicionalmente solo se lo conocía mediante el uso de bombas que generan la presión necesaria desplazando el agua desde un reservorio hacia la tubería y finalmente por medio de goteros poder llegar hacia las plantas. Pero en los últimos años se ha desarrollado sistemas simples de riego por goteo a gravedad utilizando un tanque elevado, sin necesidad de energía y presión adicional, con

la limitación de que está destinada a áreas pequeñas de hasta 500 metros cuadrados con un tanque elevado de 700 litros de capacidad. Así, lo menciona la empresa NaanDanJain (NDJ, 2016) que provee este sistema para pequeñas parcelas y cuyo esquema se presenta en la figura 4.

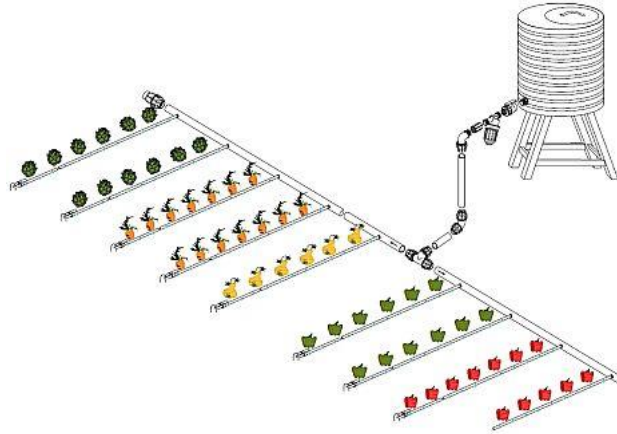


Figura 4. Sistema de Riego por goteo a gravedad para pequeñas parcelas

Fuente: NaanDanJain.com

Ventajas

Existen varias ventajas inherentes a la aplicación del riego localizado por goteo, las cuales se exponen en la siguiente lista:

- Ahorro de agua.
- Respuesta del cultivo.
- Ahorro de mano de obra.
- Uso óptimo y ahorro en el fertilizante.
- Menos crecimiento de hierbas (malezas).
- Ahorro en pesticidas y control de ciertas enfermedades en las plantas.

- Una rápida maduración.
- Minimiza la formación de costras en la superficie del suelo.
- Mejora la penetración de las raíces.
- Puede operar en suelos con muy baja tasa de infiltración (García & Briones, 2015).

Desventajas

Así mismo, al momento de emplear el riego por goteo se debe tomar en cuenta los siguientes inconvenientes:

- Sensibilidad a taparse.
- Peligros de salinidad.
- Problemas con la distribución de la humedad.
- Alto costo inicial comparado con los sistemas de superficie o los sistemas portátiles de aspersion.
- Suelo seco y formación de polvo durante las operaciones mecánicas.
- Alta especialización y habilidad para el diseño, instalación y mantenimiento (García & Briones, 2015).

Bases de diseño

Existen varios parámetros que se deben analizar antes de la aplicación de un sistema en particular. Y como en la mayoría de sistemas de riego, incluyendo al sistema por goteo, en

general, es imprescindible realizar estudios de: aspectos agroeconómicos, climatológicos, tipo de suelo, disponibilidad y calidad de agua

No obstante, previamente se debe entender que:

El diseño de una instalación de riego localizado es un proceso muy importante ya que de él depende el buen funcionamiento posterior del sistema. La clave para un buen diseño está en fijar previamente las prestaciones que se le van a exigir a la instalación como caudal, presión, uniformidad esperada, etc. y seguidamente conocer las limitaciones a las que se debe someter al proyecto, tal como tipo de suelo, tipo y necesidades de agua del cultivo o cantidad y calidad del agua a aportar. Una vez que se ha determinado este tipo de información se proyecta todo el sistema de riego, tratando que la relación entre los costes que suponen la instalación y las prestaciones necesarias para alcanzar los objetivos previamente establecidos sea la mejor posible. A este proceso se le denomina diseño de la instalación y está destinado al proyectista. Cuando en un sistema de riego localizado se completa la instalación, ésta se presta a muy pocas modificaciones, por lo que es necesario prever con relativa precisión desde un principio los cultivos a implantar, las necesidades de agua de los mismos y determinar así los requerimientos que se van a exigir a la instalación (Fernández, 2010).

Ahora, en relación al proceso de diseño de riego, éste:

Se divide normalmente en dos fases, diseño agronómico del riego, con el que se determina la cantidad de agua que ha de transportar la instalación, correspondiente a las necesidades brutas de riego en las épocas de máxima necesidad; y diseño hidráulico de la instalación, cuyo fin es determinar las

dimensiones, ubicación y funcionamiento óptimo de las conducciones, componentes y resto de elementos, para satisfacer las exigencias establecidas previamente en el diseño agronómico (Fernández, 2010).

El resumen de estas dos fases de diseños se las puede apreciar en la figura 5.

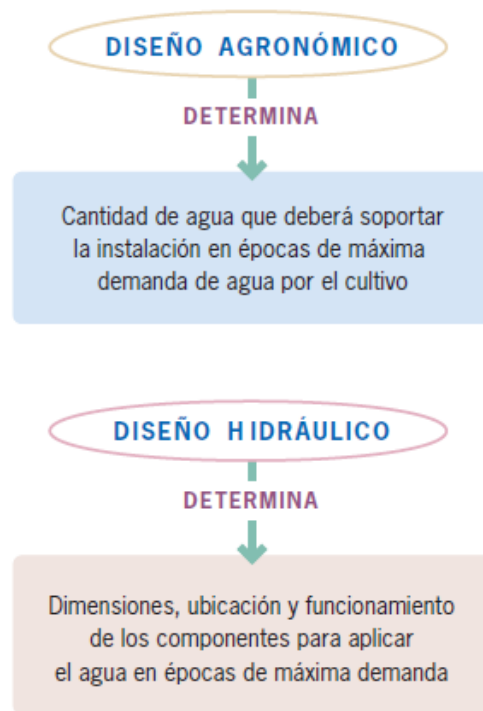


Figura 5. Proceso general del sistema de riego localizado

Fuente: (Fernández, 2010)

Así pues, el objetivo de la fase de diseño agronómico es conocer las “necesidades de agua en épocas en que el cultivo requiere mayor cantidad” (Fernández, 2010), ya que con este resultado se obtendrán las dimensiones de la red de tubería dentro de la plantación. Y es por esto que, este diseño se lo debe realizar con las mejores estimaciones posibles, ya que un error demasiado grande en esta etapa puede conducir a un mal diseño hidráulico, generando pérdidas al agricultor.

Ahora, la variable principal en la que se basa la etapa del diseño agronómico es la evapotranspiración (ET), cuyo valor representa “las cantidades de agua consumida por dos procesos distintos: la transpiración (que depende del tipo de cultivo y su fase de desarrollo); y la evaporación (producidas desde la superficie del suelo y dependiente de las condiciones climáticas de la zona)” (Fernández, 2010). El valor de evapotranspiración mayoritariamente se lo expresa en unidades de milímetros por día (mm/día), que se interpreta como la altura de agua “evapotranspirada” en cada día. En la figura 6, se puede observar los dos procesos constitutivos de la evapotranspiración.

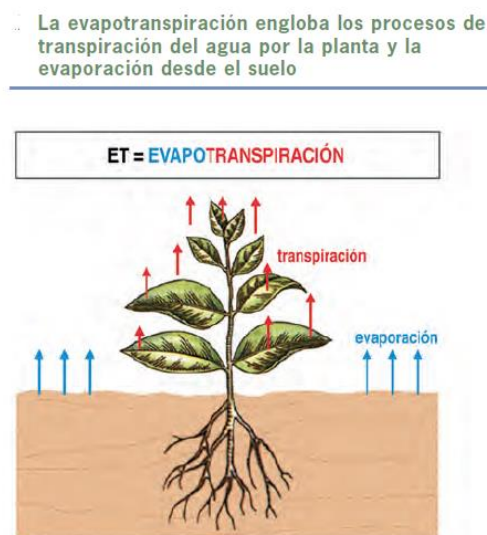


Figura 6. Evapotranspiración

Fuente: (Fernández, 2010)

Por lo general este dato de evapotranspiración se lo puede conseguir en las estaciones meteorológicas, la cual debe ser la más cercana posible al proyecto. En estas estaciones se manejan valores históricos, los cuales se deben estudiar y para lograr obtener un valor promedio máximo, ya que “desde el punto de vista de diseño agronómico, lo que realmente interesa es conocer el valor máximo de la evapotranspiración (ET)” (Fernández, 2010).

El valor de evapotranspiración (ET) que se utiliza para el diseño de la instalación es el máximo de todos los valores de ET calculados multiplicando la evapotranspiración de referencia por el coeficiente de cultivo para cada mes. Ese valor máximo de evapotranspiración es el que se denomina evapotranspiración de diseño (ETd). Representa las necesidades netas es decir, la cantidad de agua que necesita el cultivo para su desarrollo en periodos de máximas necesidades. Si en la zona a regar existe más de un tipo de cultivo, la instalación deberá diseñarse para satisfacer las cantidades de agua del cultivo que tenga mayores necesidades en épocas punta. Es muy importante destacar que las necesidades netas de agua han de incrementarse como consecuencia de las pérdidas que puedan producirse por filtración profunda (Figura) o percolación, obteniéndose así las necesidades brutas (Fernández, 2010).

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

Igualmente, hay que considerar que en caso de tratarse de terrenos con alta concentración de sales, o por el hecho de utilizar aguas salinas, es necesario aumentar la cantidad de agua a aportar con el riego. Este incremento se denomina necesidades de lavado, y en el riego localizado es práctica habitual aportar en cada riego esta cantidad de agua extra para lavar de sales del suelo o evitar que se concentren demasiado. En este caso, las necesidades de riego brutas se calculan teniendo en cuenta dicha cantidad, sabiendo que el valor de las necesidades de lavado hay que transformarlo (simplemente dividiendo por 100) en fracción de lavado:

Necesidad bruta de riego

$$= \frac{\text{Necesidad netas de riego}}{\text{Eficiencia aplicación del riego} * (1 - \text{Fracción de lavado})} * 100$$

En definitiva, una instalación de riego debe estar diseñada de tal manera que permita aplicar el agua equivalente a las necesidades brutas, en los periodos en que éstas sean mayores, sea o no necesario añadir agua para lavado de sales (Fernández, 2010).

En lo concerniente a los emisores, “a la hora de determinar el número de emisores y la disposición de los mismos, habrá que considerar aquellos cultivos que tienen un amplio marco de plantación (cultivos arbóreos y perennes), y los que presentan una alta densidad de plantación (cultivos herbáceos)” (Fernández, 2010). Es decir que de modo general, mientras mayor número de emisores para una planta, la pérdida por filtración profunda es menor. Esto se ilustra en la siguiente figura 7. Pero, se debe hacer un estudio de los beneficios y los costos que se debe asumir al aplicar un mayor número de emisores.

Para un mismo volumen de agua aplicado, el uso de mayor número de emisores supone reducir las pérdidas por filtración profunda y aumentar la eficiencia de aplicación del agua

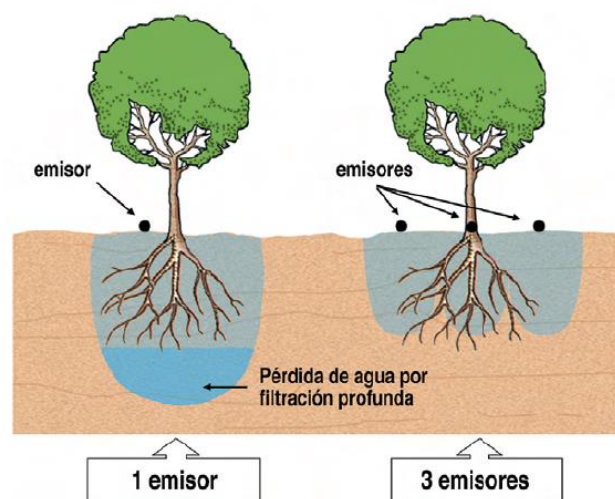


Figura 7. Filtración profunda y emisores

Fuente: (Fernández, 2010)

Por último, referente a la fase de diseño hidráulico, aquí se determina los “componentes, dimensiones de la red y funcionamiento de la instalación de riego, de tal manera que se puedan aplicar las necesidades de agua al cultivo en el tiempo que se haya establecido, teniendo en cuenta el diseño agronómico previamente realizado” (Fernández, 2010). Se deben determinar los materiales tomando en consideración la cantidad de presión, caudal, etc., en general se deben basar en conceptos de mecánica de fluidos. En donde, se debe tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

La aportación de agua por los emisores deberá ser lo más uniforme posible, es decir, todos los emisores deberán aplicar aproximadamente la misma cantidad de agua, por lo que la uniformidad constituye el punto de partida del diseño hidráulico de cualquier instalación de riego localizado. Para lograr una buena uniformidad será necesario: que todos los emisores de la instalación sean de buena calidad, garantizados por el fabricante y que cumplan las normas de calidad y que la presión del agua en todos los emisores sea lo más parecida posible, para lo que habrá que dimensionar la red correctamente. El agua en su recorrido por la instalación va perdiendo presión como consecuencia de su paso por conexiones, rozamientos con las paredes de las tuberías, cambios bruscos de dirección a través de codos, té, etc. y cuando pasa por elementos como filtros o equipos de fertirrigación, por ejemplo. Esta pérdida de presión se conoce como pérdidas de carga. De igual manera, también se producirán pérdidas de presión cuando el recorrido del agua en la tubería sea ascendente, mientras que ganará presión cuando sea descendente (Fernández, 2010).

Así pues, una vez analizados los puntos mencionados arriba, la fase de diseño y de manera resumida se la puede dividir de la siguiente manera:

- Cálculo de los factores preliminares (requerimientos y estimado de ahorro en agua).
- Selección de los emisores.
- Selección del número y trazado de las subunidades
- Diseño de la línea de distribuidora y las líneas laterales.
- Diseño de las líneas de conducción principal, subprincipal y auxiliares.
- Sistema de filtración.
- Requerimientos de bombeo (García & Briones, 2015).

2.1.3 Riego por aspersión

Definición y descripción

Para comenzar, se estima que del total de las áreas de riego en el mundo, un 10% corresponde a sistemas de aspersión, “siendo este porcentaje más elevado en países desarrollados” (Santos, Valero, Picornel, & Tarjuelo, 2010), debido a su alto costo de implementación. Por lo cual, este sistema podría considerarse como un símbolo de desarrollo, al brindar eficiencia en el uso de los recursos necesarios para la agricultura.

En general el riego por aspersión se puede clasificar en dos grandes grupos: estacionarios (Figura 8) y móviles (Figura 9). Donde los estacionarios permanecen fijos en el

terreno mientras el agua fluye por los aspersores. Mientras que “en las instalaciones móviles, con desplazamiento continuo, los aspersores funcionan mientras se mueven, de forma independiente o junto con las tuberías donde van montados, siguiendo una trayectoria lineal o circular” (Santos, Valero, Picornel, & Tarjuelo, 2010).



Figura 8. Sistema estacionario de aspersión

Fuente: (Santos et al., 2010)



Figura 9. Sistema pivote de aspersión

Fuente: (Santos et al., 2010)

Respecto a su funcionamiento, el propósito de un sistema de riego por aspersión es de racionar el agua en un cultivo en forma de lluvia. Para esto se necesita que se provea presión a la red de tuberías, de modo que el agua llegue con cierta “velocidad a la salida de la boquilla del aspersor en forma de chorro. A medida que dicho chorro de agua pasa sobre

el terreno del campo éste queda esparcido en forma de gotas de agua” (García & Briones, 2015), que caerán en la zona requerida. Estos aspersores están implantados en la tubería, a una distancia previamente calculada para que la irrigación se distribuya uniformemente por toda la zona de plantación.

Habitualmente, la presión requerida en el circuito de tuberías se logra mediante el uso de “bombas hidráulicas las cuales aspiran el agua desde un canal, río o pozo. Sin embargo, el sistema también puede operar sin bombas cuando la fuente de agua se encuentra en una posición más elevada que el terreno a regar” (Ramos & Báez, 2013), siempre y cuando genere la presión calculada previamente. Esta presión, debe estar repartida en todo el sistema y es un punto esencial dentro de la irrigación por aspersión. Ya que una elevada discrepancia entre en el flujo de emisión y las necesidades de la planta puede incurrir en un “crecimiento retardado” (García & Briones, 2015), ineficiencia en el uso del agua y baja productividad.

Ahora, continuando con la descripción del funcionamiento del riego por aspersión, y pese a las distintas variaciones o adaptaciones creadas, éste se sigue fundamentando en los siguientes componentes básicos:

Bomba. Accionada por un motor combustión o eléctrico, que tiene la función de elevar el agua a partir de su origen, una balsa, un pozo o un río, y alimenta el sistema de riego con la presión necesaria para el funcionamiento de los aspersores.

Tuberías. La tubería principal conduce el agua desde la bomba a las tuberías secundarias, y de éstas a los ramales. En la mayoría de los casos, la tubería principal es fija, instalada sobre el suelo o, más generalmente, enterrada. En otros casos es desplazable, pudiendo ser trasladada de parcela a parcela. Las tuberías fijas pueden ser de acero galvanizado, de fibrocemento o de plástico de alta densidad. Las tuberías móviles son de aluminio ligero o de plástico, para que sean fácilmente transportables de un lugar a otro.

Los Ramales, o laterales, que son las tuberías donde se montan los aspersores, pueden ser fijos (en este caso, van generalmente enterrados), desplazables o móviles.

Aspersores, que son los dispositivos que aplican el agua sobre el suelo y los cultivos en forma de gotas pequeñas, imitando la lluvia, y que constituyen los elementos principales en el diseño de los sistemas de riego y en la calidad de su funcionamiento (Santos, Valero, Picornel, & Tarjuelo, 2010).

En cuanto a los aspersores, existen gran variedad que se ajustan a las necesidades de cada cultivo, y entre los más importantes podemos mencionar los siguientes:

Aspersores rotativos de impacto (Figura 10), los más utilizados, en los que el giro es producido por el impacto del chorro sobre una pala oscilante, disponiéndose de una amplia gama de presiones, caudales y alcances.

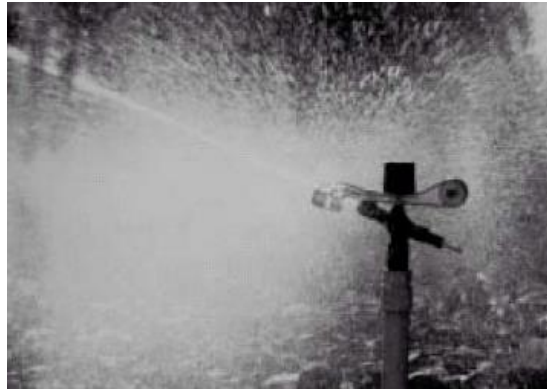


Figura 10. Aspersor de impacto

Fuente: (Santos et al., 2010).

Aspersores rotativos de turbina (Figura 11), disponibles en una amplia gama de características, donde la rotación se debe al accionamiento de una pequeña turbina instalada en el mismo aspersor. Su uso en la agricultura es escaso, al contrario de lo que pasa en el riego de jardines, campos de golf y otros espacios verdes.



Figura 11. Aspersor de turbina en el riego de un parque

Fuente: (Santos et al., 2010).

Aspersores de plato rotativo (Figura 12), con boquilla de bajo arrastre de gotas por el viento (“LDN, Low Drift Nozzles”), que son, generalmente, de baja presión y pequeño alcance, y que constituyen la generación moderna de aspersores; han substituido los de turbina en usos agrícolas.

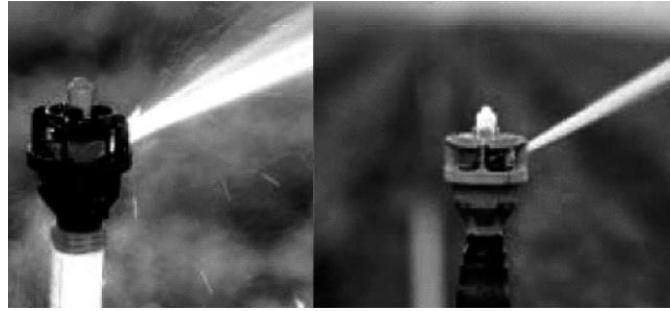


Figura 12. Aspersores "rotator" de plato rotativo y con boquilla de baja deriva

Fuente: (Santos et al., 2010).

Difusores, o aspersores estáticos (Figura 13), muy populares en los laterales móviles porque requieren una presión muy baja; el agua se dispersa en círculo al chocar el chorro contra una placa, que puede ser plana o estriada, fija o balanceante. Existe una gama muy variada de características, tanto para el riego con ramales estacionarios como para laterales móviles.

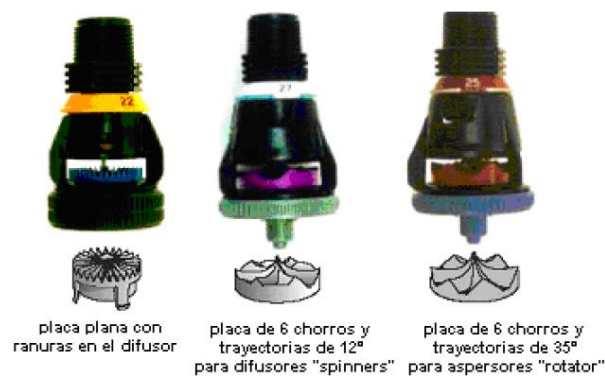


Figura 13. Difusores modernos para laterales móviles

Fuente: (Santos et al., 2010).

Tubos de perforados (Figura 14), consistentes en una tubería con pequeños orificios colocados longitudinalmente y por los cuáles el agua sale en pequeños chorros. Estas tuberías pueden ser estacionarias u oscilantes alternativamente para ambos lados de su eje central; se utilizan en horticultura y jardinería (Santos, Valero, Picornel, & Tarjuelo, 2010).



Figura 14. Tubo Perforado

Fuente: (Santos et al., 2010).

El detalles de las partes del aspersor de impacto, y sus propiedades de presión y caudal se los puede apreciar de mejor manera en el Anexo a.

En relación con las tuberías estas pueden ser de acero, PVC o aluminio. Cuyos diámetros mayormente varían entre 50 a 250 mm, y el espesor de la pared de la tubería obedecerá al material y la presión que soportarán (García & Briones, 2015).

Adicionalmente, a causa del constante y acelerado desarrollo tecnológico, se han logrado mejoras en este sistema, que básicamente buscan la automatización para que la mano de obra necesaria para poner en funcionamiento el mecanismo, disminuya. Y aunque:

Una importante parte de los sistemas del riego por aspersión, actualmente utilizados, todavía usan tuberías que se mueven manualmente, (...), la carencia de la mano de obra va haciendo la automatización cada vez más popular. En su forma más simple, la automatización consiste en el uso de las válvulas volumétricas que, como el nombre indica, controlan el volumen de agua deseado y cierran automáticamente después de su suministro. En un nivel más avanzado, estas válvulas se pueden programar para funcionar según una secuencia

determinada. Más sofisticado, es el uso de unidades de control, que ordenan automáticamente la apertura y el cierre de las válvulas de acuerdo con el manejo del riego deseado. Finalmente, la automatización permite que varias parcelas puedan regarse sin la intervención de la mano de obra uniendo las unidades de control de campo a una unidad principal comandada por una computadora y ordenando el riego a partir de la computadora o por teléfono móvil (Santos, Valero, Picornel, & Tarjuelo, 2010).

Sin embargo, se debe considerar que esta automatización requiere de personal técnico altamente calificado, que aumentaría la inversión inicial. Y en muchas ocasiones este personal técnico no siempre estará disponible dentro de una región, o dispuesto a brindar servicios en sectores campesinos muy alejados con parcelas pequeñas.

Ventajas

A continuación se presenta los principales beneficios que conllevaría la implementación del sistema de riego por aspersión.

- Un control efectivo sobre la cantidad y tasa de aplicación del agua es provisto en la mayoría de los sistemas de aspersión, al ser diseñados a una tasa de aplicación menor o igual que la tasa de infiltración básica del suelo. Los sistemas de aspersión son así adaptables a:
 - a) Suelos de textura variable.
 - b) Cultivos que requieren de ligeras pero frecuentes aplicaciones.
 - c) Suelos con baja capacidad de retención de agua.

- La superficie del suelo no necesita ser uniformemente nivelada de tal manera que:
 - a) La nivelación de la superficie del campo es eliminada o reducida.
 - b) Terrenos con una topografía de superficie ondulada puede ser utilizada.
 - c) La tierra puede ser puesta rápidamente dentro de producción.
 - d) Es adaptable a suelos poco profundos.
- Los gastos pequeños pueden ser usados eficientemente.
- Acequias, canales, etc. Pueden ser eliminados.
- Buenas eficiencias de riego son usualmente posibles.
- Una relativa eficiencia en la aplicación de sustancias químicas con el agua de riego posible.
- Las operaciones de labranza son agilizadas.
- Los riesgos de erosión son minimizados.
- La mano de obra que se requiere es reducida. Y puede ser poco especializada para operar estos sistemas (García & Briones, 2015).

Desventajas

Asimismo, es necesario nombrar los inconvenientes que trae consigo el uso de este tipo de irrigación:

- La inversión inicial puede ser alta.

- El viento distorsiona el patrón de esparcimiento del agua arrojada por el aspersor y puede resultar en grandes pérdidas por evaporación.
- Los insecticidas pueden ser lavados del follaje de las plantas.
- Un daño en la floración puede ocurrir (y por lo tanto puede reducir la cantidad de fruto), también como enfermedades o reducción en la calidad del fruto.
- El sistema requiere para su mejor utilización condiciones de continuo suministro de agua.
- Se presentan problemas de tracción en algunos sistemas móviles debido a suelos arcillosos.
- El agua de alta salinidad puede causar problemas en las plantas.
- Los problemas de aspersión son generalmente sistemas que requieren de uso intensivo de energía (García & Briones, 2015).

Bases de diseño

Preliminarmente, es importante recordar que “cuando el diseño es el adecuado, el agua puede ser aplicada con buena uniformidad y con pluviometría compatible con la tasa de infiltración del suelo, siendo posible controlar la escorrentía y evitar daños al suelo y a los cultivos” (Santos, Valero, Picornel, & Tarjuelo, 2010).

Toda instalación de riego localizado requiere diversos elementos de medida de caudal y presión (caudalímetros y contadores, y manómetros), de control del paso del agua (principalmente válvulas de accionamiento manual o automático) y

de protección frente a sobrepresiones o depresiones. El uso de cada tipo de elemento dependerá del control que se requiera en la instalación aunque algunos, como los manómetros, válvulas de apertura y cierre o ventosas, son de uso obligado (Fernández, 2010).

Y al ser el sistema por aspersión un tipo de riego localizado, nos podemos basar en las dos fases principales de diseño (agronómico e hidráulico), descritas detalladamente en la sección “Bases de diseño” para riego por goteo, previamente estudiada en este trabajo.

2.1.4 Riego por surcos

Definición y descripción

Este sistema es un modelo de riego por gravedad. En este sistema, el agua se distribuye en el cultivo por medio de corrugaciones o surcos construidos dentro de la parcela. En donde, los surcos son conjuntos de pequeños valles y altos, elaborados manualmente o con maquinaria, en la superficie del suelo y tienen una profundidad de 20 a 30 centímetros aproximadamente. Los surcos siguen una dirección de tal forma que el flujo del agua no tenga una pendiente muy pronunciada, y de este modo evitar la erosión del suelo. “En terrenos nivelados, los surcos son rectos. En el caso de terrenos ondulados los surcos siguen las curvas de nivel” (SEP, 2014). En la figuras 15 y 16 se puede observar los surcos en estos dos tipos de topografías.



Figura 15. Surcos en terreno nivelado

Fuente: Engormix.com



Figura 16. Surcos en terreno con gran pendiente

Fuente: Vanguardia.com

A diferencia de los sistemas de riego por aspersión y por goteo, en el riego por surcos es necesario un mayor acondicionamiento del terreno, ya que su distribución depende exclusivamente de la gravedad.

En estos sistemas, el agua corre lentamente y se infiltra a través de los surcos, pequeños canales abiertos regularmente, equidistantes, en el sentido de la mayor distancia (...) Los surcos deben tener pendiente suave y uniforme y ser alimentados por pequeños caudales para que la mayor parte del agua que

escurre por ellos se vaya infiltrando uniformemente a lo largo de la parcela. La búsqueda de la combinación ideal entre caudal, longitud y pendiente del surco para que, en las condiciones dominantes de la tasa de infiltración del suelo, se de tal infiltración máxima y uniforme, hace del proyecto y gestión del riego por surcos una tarea particularmente difícil (Santos, Valero, Picornel, & Tarjuelo, 2010).

Por lo expuesto anteriormente, es importante resaltar que la “calidad del riego depende en un principio de la sistematización del terreno y por eso es muy importante realizar un buen levantamiento topográfico del lote a regar y un correcto diseño de los surcos especialmente en orientación y en longitud” (Ramos & Báez, 2013).

Finalmente, para que el agua llegue a los surcos, normalmente se utiliza una red de tuberías principales y secundarias que reparten el caudal de agua requerido por las plantas.

Ventajas

- Se adapta a cultivos en línea.
- Se usa en todo tipo de suelos, con buena infiltración y baja erosión.
- Los suelos más favorables son los francos y francos-arcillosos.
- Los costos de instalación y operación son bajos (Ramos & Báez, 2013).

Desventajas

- No es conveniente regar en terrenos salinos o con agua con sales.
- Los terrenos arenosos no son aptos por las pérdidas por infiltración.

- Los suelos muy arcillosos tampoco favorecen el método por las pérdidas por escorrentía (Ramos & Báez, 2013).

Bases de diseño

El sistema de riego por surcos está “compuesto por: una cañería de conducción (manga de polietileno, caño de PVC o de aluminio) que se ubica en la cabecera de los surcos, y boquillas, válvulas o ventanas para verter el agua en los surcos” (Ramos & Báez, 2013). El tamaño y material de la tubería dependerá de la presión que exista dentro de éste y del caudal necesario para la plantación, que se obtuvo en la fase de diseño agronómico.

Este sistema de canales se compone de una red principal, una secundaria y un desfogue. Se llama sistema de riego de gravedad por surcos porque precisamente los canales de transporte de agua son surcos. Entendiéndose por surcos a hendiduras hechas a lo largo del terreno que permiten el transporte del agua de riego. Estos canales o surcos deben tener una pendiente ya que es la gravedad la encargada de mover en un sentido a trayectoria del agua.

Primero se busca la fuente del agua, buscando un lugar alto comparado con el terreno. Cuando el agua llega al terreno por una parte no muy alta se necesita de una bomba para llevar el agua hacia lo que llamaremos como nuestra fuente, que debe estar en una parte alta del terreno. El agua sale de su fuente por la red principal, y luego se conecta a la red secundaria. Esta conexión se da por aberturas en los costados de la red principal, por compuertas en los cortos, por sifones o por tubos cortos. Finalmente, el agua se infiltra en los cultivos y los excesos son recogidos por el sistema de desfogue (Guerra, 2009).

Por último, como se dijo anteriormente, se debe tener cuidado con la pendiente en la cual va a fluir el agua. Se recomienda que dicha pendiente esté dentro del rango de 0.5 y 3%. Ya que una pendiente demasiado pequeña o elevada, no permitirá que el agua se infiltre uniformemente en las zonas radiculares de las plantas.

2.2 Zona del proyecto

2.2.1 Ubicación

La comunidad de San Pedro se encuentra situada dentro de la Parroquia La Matriz, a pocos minutos del sector urbano del Cantón Guamote, Provincia de Chimborazo.

Las coordenadas referenciales de la Parroquia La Matriz son: “X: 754905,380; Y: 9786299,910; Z:3059 (Sistema De Proyección UTM, Elipsoide, DATUM Horizontal Sistema Geodésico Mundial WGS 84, 17 Sur Sistema de Proyección Vertical: Nivel Medio del Mar Estación Mareográfica La Libertad Provincia de Santa Elena Año 1959)” (GAD Guamote, 2014).

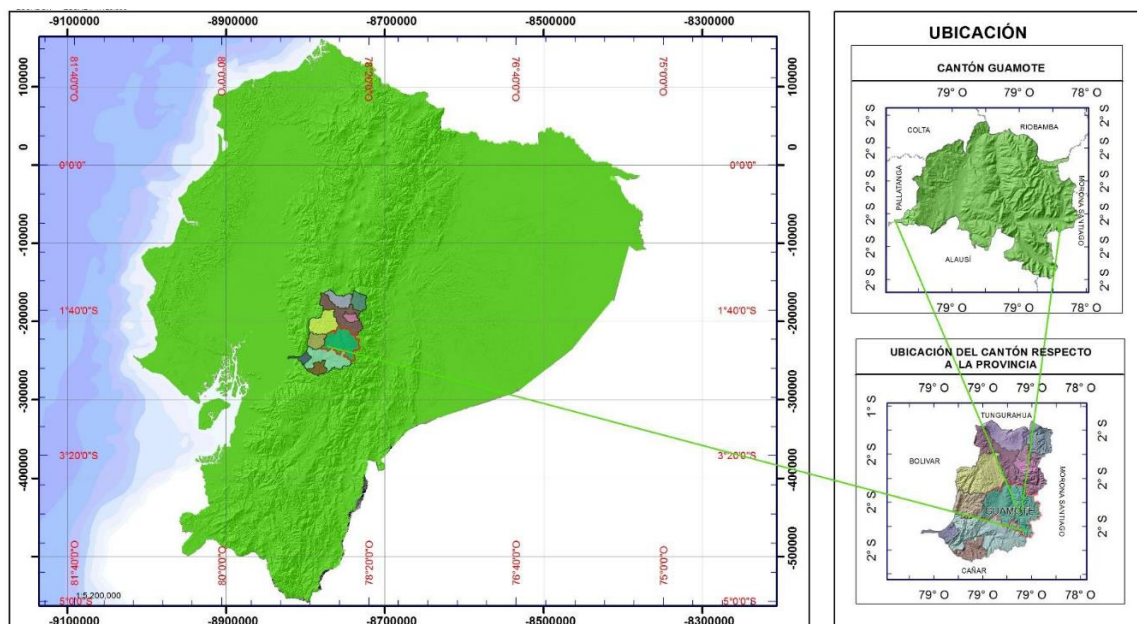


Figura 17. Ubicación del proyecto

Fuente: (GAD Guamate, 2014)

2.2.2 Demografía e idioma

En la Parroquia La Matriz se asienta la comunidad de San Pedro. Y de acuerdo al censo poblacional del año 2010, realizado por el INEC, en esta localidad aproximadamente el 94,49 % de la población se auto identifica como indígena. La población indígena pertenece al pueblo Puruhá.

El cantón abarca una superficie de 117.327,60 (ha) y posee una población total de 45.1532 habitantes, de los cuales el 94,1 % se ubican en el sector rural (42.505 habitantes); del total de la población (15.183 habitantes) el 33,63 % se encuentran involucrados directamente con el sector de la agricultura y ganadería, esta última creciente en los últimos años. Así, en el sector rural el 81,62 % de la población está vinculada al sector primario agropecuario, el 4,60 %

al sector secundario, el 6,24 % al sector terciario, el 6,61 % pertenece a las actividades no declaradas y el 0,93 % representa a los trabajadores nuevos.

Actualmente los habitantes del cantón, aún conservan costumbres, tradiciones y el idioma kichwa. Más del 94 % de la población habla el idioma kichwa y el español, es decir la mayor parte de la población del cantón (GAD Guamote, 2014).

Idioma	Porcentaje
Español	5,05%
Kichwa	94,49%
Total	100%

Tabla 1. Idioma empleado mayoritariamente en la región del proyecto

Fuente: INEC, Censo de población y vivienda 2010

2.2.3 Economía

El sector productivo, que también muestra un número significativo de familias dedicadas dentro de la parroquia La Matriz, es la actividad agrícola con un aproximado de 80 familias, equivalente al 11,56%, notándose claramente, que esta actividad se identificó en barrios circundantes o periféricos, tal es el caso, San Pedro, en los talleres se identifican a actores dedicados a la actividad agrícola en general, sin hacer una diferenciación entre agricultura de subsistencia o de autoconsumo, pero con la particularidad, de que sus terrenos se hallan cercanos a sus domicilios (GAD Guamote, 2014).

2.2.4 Datos climáticos

Al estar dentro de la sierra ecuatoriana, en general, “el clima dominante de esta parroquia es el frío, y considerando la altitud de esta localidad (3000 m.s.n.m.), se tiene una temperatura que fluctúa entre los 8 y 24°C” (GAD Guamote, 2014).

Existen dos estaciones meteorológicas cercanas a la zona, de las cuales se logró obtener valores históricos que se utilizaran para calcular el valor de evapotranspiración (ET). Los datos que se pudo obtener de estas estaciones fueron las de: precipitación, temperatura y velocidad del viento. Respecto a los datos de heliofanía (cantidad de luz solar), las estaciones no contaban con el equipo (heliógrafo) preciso para realizar estas mediciones, por lo cual estos datos se tomaron de la siguiente estación más cercana que poseía estos valores, la cual se encuentra localizada en Riobamba. La información meteorológica obtenida se presenta a continuación.

Precipitaciones

En el cantón Guamote se encuentran instalada la estación meteorológica Totorillas, ubicada en la hacienda Totorillas entre las coordenadas X= 784664.57E Y= 9768704.09S, en donde se recogen y reposan los datos climatológicos del cantón.

Las precipitaciones que se presentaron en el cantón Guamote, para el año 2013, según los datos que reposan en la estación meteorológica de Totorillas son los siguientes:

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agost	Sept	Oct	Nov	Dic	Total
	31,3	75,5	93	8,1	67,00	14,2	36,6	25,8	35,1	104,70	19	31,3	541,6
Porcentaje	5,8	13,9	17,2	1,5	12,4	2,6	6,8	4,8	6,5	19,3	3,5	5,8	100,0
Clasificación	SV	L	ML	MS	L	S	SV	S	SV	ML	S	SV	

Tabla 2. Precipitaciones cercanas al proyecto, año 2013

Fuente: (GAD Guamote, 2014)

NOMBRE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
GUAMOTE	23.87	48.06	44.45	36.69	22.87	18.61	11.51	11.47	23.92	33.56	22.00	22.74	362.79

Tabla 3. Precipitación media mensual cercana al proyecto

Fuente: (GAD Guamote, 2014)

Las precipitaciones promedio del cantón Guamote en el período desde el 2006 hasta el 2013 alcanzaron los 544.5mm. La clasificación de los períodos secos y lluviosos en los meses en el mismo período se exhibe a en la siguiente tabla:

MESES (2006-2013)	CLASIFICACIÓN
Enero	SV
Febrero	LV
Marzo	ML
Abril	ML
Mayo	LV
Junio	SV
Julio	SV
Agosto	S
Septiembre	MS
Octubre	LV
Noviembre	SV
Diciembre	SV

Tabla 4. Periodos secos y lluviosos de la región

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología

Donde cada clasificación representa a los periodos: seco variable (SV), lluvioso variable (LV), muy lluvioso (ML), seco(S) y muy seco (MS).

Vientos

La principal característica de los vientos del cantón Guamote es que se dirigen en diferente dirección, y la velocidad de viento promedio, entre los años 2006-2013, es de 3.34 m/s. Y la mayor incidencia de corrientes de aire, se producen entre los meses de Julio y Agosto con direcciones sur, sur oeste y oeste (GAD Guamote, 2014).

Temperatura

La temperatura del aire es el elemento del clima al que se asigna mayor importancia como causa de las variaciones que experimentan el crecimiento, el desarrollo y la productividad de los cultivos agrícolas. Por esta razón, es necesario conocer la disponibilidad (cantidad y duración) y el régimen térmico de una localidad, que con las disponibilidades hídricas (precipitación y humedad edáfica) permitirá cuantificar la aptitud climática regional.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media
13.5	13.9	13.9	13.9	13.1	12.9	13.0	13.1	13.2	13.1	13.8	14.2	13.5

Tabla 5. Temperatura promedio de la zona

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología

Los meses de febrero, marzo y abril son los que presentan el mayor valor de temperatura, mientras que los meses desde mayo hasta octubre son los que presentan valores ligeramente más bajos con respecto a la media anual.

La temperatura promedio del cantón entre los años 2006-2013 es de 13.6 °C; sin embargo, en el transcurso del tiempo ha sido evidente la inestabilidad de la temperatura.

Las temperaturas máximas y mínimas registradas en la estación meteorológica Totorillas, pertenecientes al año 2013 son las siguientes:

Temperaturas máximas y mínimas- Estación de Totorillas año 2013													
	Ener o	Febrer o	Marz o	Abril	May o	Juni o	Julio	Agost o	Septiembr e	Octubr e	Noviembr e	Diciembr e	Total
Máx	16,4 7	15,31	17,85	18,67	16,8 1	18,2 3	16,63	16,66	16,77	18,16	18,80	18,23	17,38
Min	6,72	6,05	6,70	6,71	6,01	6,57	6,44	6,34	5,97	6,64	6,93	6,38	6,45

Tabla 6. Temperaturas máximas y mínimas cercanas al proyecto

Fuente: (GAD Guamote, 2014)

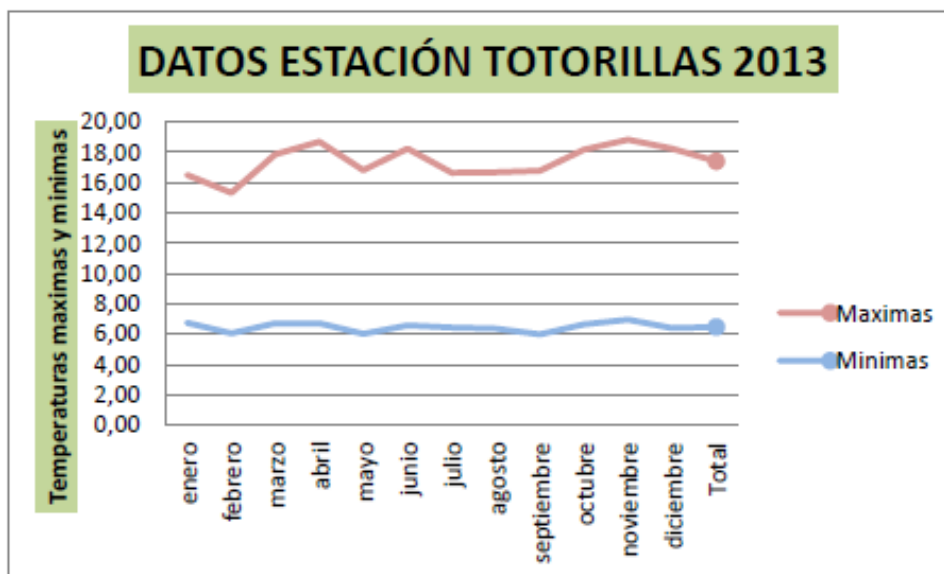


Figura 18. Temperaturas máximas y mínimas cercanas al proyecto

Fuente: (GAD Guamote, 2014)

Cabe mencionar que según estudios realizados se ha estimado que “para el año 2030, si la temperatura aumenta en 20C y la lluvia se reduce un 15%, se afectará la oferta de alimentos, por ejemplo la papa en un 34%, colocando a las poblaciones rurales vulnerables en una crisis alimentaria” (GAD Guamote, 2014). Y de aquí, la importancia de estudiar la implementación de un mayor número de sistemas de riego.

Heliofanía

Este aspecto meteorológico, que representa la insolación o cantidad de luz solar, está dentro del monitoreo que realiza la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Dichos valores históricos disponibles y sus promedios se presentan en la tabla 7, donde cada número está en unidades de: horas sol/día.

Heliofania promedio [horas sol/día]

AÑOS/MES	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	PROM.
1997	5,9	4,8	5,2	5,7	5,9	6,3	6,3	5,2	4,4	5,5	4,2	5,4	5,4
1998	4,9	2,7	4,5	4,9	5,1	5,0	4,9	5,0	5,0	5,7	6,7	7,9	5,2
1999	5,2	2,9	4,3	4,8	4,4	4,6	5,7	5,0	3,4	5,0	6,7	4,7	4,7
2000	4,9	4,2	3,8	4,7	4,5	5,2	6,0	4,7	3,8	6,6	7,6	6,5	5,2
2001	5,4	5,5	4,2	4,7	5,2	6,8	3,1	2,7	4,3	7,1	5,5	6,1	5,1
2002	6,3	4,8	3,6	4,6	3,8	3,4	4,2	4,8	4,7	3,8	2,6	2,9	4,1
2003	3,8	3,3	2,3	3,1	1,8	1,5	5,0	2,6	1,7	5,3	5,3	4,7	3,4
2004	8,1	4,8	3,4	4,2	4,9	5,5	5,5	6,3	4,5	5,2	5,3	6,1	5,3
2005	6,7	4,4	3,2	5,9	4,9	5,4	7,2	5,2	5,5	3,8	7,6	3,1	5,2
2006	4,8	6,7	4,3	3,9	6,7	5,5	5,3	4,2	4,1	5,7	5,2	4,2	5,0
2007	3,2	6,2	3,8	3,8	5,3	3,7	7,0	5,2	3,1	4,4	5,0	4,5	4,6

Tabla 7. Heliofania de la localidad

Fuente: ESPOCH

2.2.5 Tipos de Suelo

De acuerdo a los estudios realizados por el gobierno autónomo descentralizado (GAD) del cantón Guamote, descritos en su “plan de desarrollo y ordenamiento territorial” (GAD Guamote, 2014), el suelo usado para cultivos de la zona es de tipo franco-arenoso.

PARROQUIA	PISOS ALTITUDINALES (m.s.n.m)		TIPO DE SUELO	CULTIVOS AGRÍCOLAS
	Cota Baja	Cota Alta		
	LA MATRIZ	2560		
3000		3800	Franco arenoso	Chochos
3800		4640	Limoso	Papa, arveja

Tabla 8. Taxonomía del suelo de la localidad

Fuente: (GAD Guamote, 2014)

Este tipo de suelo (franco-arenoso) es una clasificación según su textura. Donde la textura, se refiere “al contenido relativo de partículas de diferente tamaño, como la arena, el limo y la arcilla” (FAO, 2014). Es decir, que al conocer el tipo de suelo según su textura se

puede “comprender la facilidad con que se puede trabajar el suelo, la cantidad de agua y aire que retiene y la velocidad con que el agua penetra en el suelo y lo atraviesa” (FAO, 2014). Y debido a las características de “buena capacidad de retención hídrica y fertilidad natural media” (OAS, 2016) del suelo franco-arenoso, este tipo de terreno es óptimo para los distintos tipos de cultivos del proyecto.

2.2.6 Cultivos de la zona

Los principales cultivos que se generan en la zona, con sus respectivas áreas dentro del cantón, se aprecian en la tabla 9 y en la figura 19.

Principales cultivos del cantón		
Cultivos	Superficie[ha]	Superficie[%]
Pasto cultivado	17756.63	59.55
Papa	3173.28	10.64
Cebada	2775.26	9.31
Haba	2448.79	8.21
Maíz	1122.42	3.76
Avena	592.71	1.99
Alfalfa	526.72	1.77
Trigo	359.83	1.21
Chocho	310.10	1.04
Tierra agrícola sin cultivo	195.22	0.65
Arveja	151.61	0.51
Centeno	138.72	0.47
Cebolla blanca	105.65	0.35
Quinoa	45.97	0.15
Zanahoria amarilla	31.98	0.10
Melloco	31.21	0.10
Nabo	20.99	0.07
Lenteja	15.06	0.05
Vicia	8.60	0.03
Cebolla colorada	7.99	0.03
Oca	1.58	0.01
Total	29820.32	100.00

Tabla 9. Principales cultivos de la zona del proyecto

Fuente: (GAD Guamote, 2014)

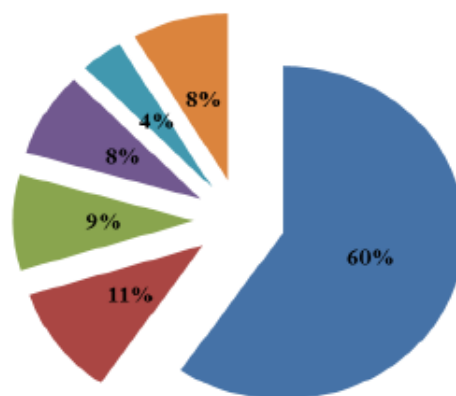


Figura 19. Principales productos comerciales del cantón Guamote

Fuente: (GAD Guamote, 2014)

En el cantón, la mayoría de las parcelas son pequeñas (hasta 5 ha) y corresponden a los cultivos de pasto, papa, cebada, haba, maíz, avena, chocho, arveja entre otros, ubicándose dispersamente por todo el cantón. Estas parcelas cubren un área de 30002,31 ha que representa el 25,57 % de la superficie del cantón. Las parcelas medianas (mayores a 5 ha hasta 25 ha), lo constituyen pastos cultivados, plantaciones de eucalipto y pino; cubren una extensión de 2.752,26 ha que corresponden al 2,35 % en relación a la superficie cantonal. Las parcelas grandes mayores a 25 ha, poseen una superficie de 5.386,92 ha que corresponde al 4,59 % (GAD Guamote, 2014).

La papa en el cantón Guamote abarca una superficie de 3.173,28 ha, el bajo rendimiento del cultivo se encuentra en la falta de utilización de semillas certificadas, escaso acceso a la tecnología apropiada, deficiencias de sistemas de riego y mal empleo de fertilizantes.

El cultivo de la papa es el cultivo de mayor relevancia en el cantón Guamote de allí que se pone mayor énfasis en este producto. En las etapas del proceso de

producción - comercialización agrícola, se identifican tres fases que son: producción, acopio - comercialización y consumo - industria.

La cebada cubre una superficie de 2.775,26 ha dentro del cantón. A parte de los cultivos antes mencionados existen cultivos que también tienen relevancia para las comunidades del cantón, tales como haba (2.448,79 ha), maíz (1.122,42 ha), avena (592,71 ha), alfalfa (526,72 ha) y chocho (310,10 ha).

Un problema que existe en el sector agrícola, dentro de la zona, es la falta aplicación de sistemas tecnológicos en sus principales cultivos. Esto se puede apreciar en la tabla 10. De aquí se puede deducir que se podría mejorar los periodos de cultivo instalando sistemas que optimicen la cantidad de agua que reciben la planta según su periodo de crecimiento.

Cultivo	MESES DE LABORES AGRÍCOLAS												TECNÓLOGIA			DURACIÓN CICLO VEGETATIVO
	En	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag	Sep	Oct	Nov	Dic	Baja	Media	Alta	
Papa				cos	cos	cos				sb	sb	sb	x			6 meses
Haba				cos	cos	cos				sb	sb	sb	x			6 meses
Maíz					cos	cos					sb	sb	x			
Trigo -Cebada												sb	x			
Arveja														x		

Tabla 10. Principales cultivos y tecnología utilizada en el Cantón Guamote

Fuente: (GAD Guamote, 2014)

2.3 Diseño del sistema de riego parcelario

Una vez que se ha estudiado los fundamentos teóricos y se ha obtenido los datos necesarios de la zona del proyecto, es posible comenzar con el diseño del sistema de riego parcelario.

Por lo tanto, entrando en la fase de diseño agronómico, cuyo fin es obtener la cantidad de agua requerida por una plantación, es necesario adquirir los valores meteorológicos de: temperatura, humedad, viento, heliofanía y precipitaciones. Para lo cual nos basaremos en datos que representen de mejor manera la realidad climatológica de la región. Donde dichos datos se encuentran en las estaciones meteorológicas más cercanas, que se mencionaron en la sección de la descripción de la zona.

Para conseguir del requerimiento de agua utilizaremos un software, llamado CROPWAT, creado justamente para este fin y también para el cálculo de la programación o “calendarización de dotación” de un cultivo. CROPWAT es altamente confiable debido al organismo que lo desarrolló. Su descripción y funcionamiento se presenta a continuación.

2.3.1 CROPWAT

Siendo la ONU un organismo que tiene como uno de sus principales objetivos estimular el desarrollo económico y social a nivel mundial, ha desarrollado un software gratuito para el mejoramiento de las actividades agrícolas, ya que es uno de los sectores vitales dentro de la economía. Este software lleva el nombre de CROPWAT, que fue desarrollado por la FAO (Food and Agriculture Organization), que precisamente es un organismo de las Naciones Unidas, especializado en los sectores alimenticios y agrícolas.

El objetivo principal del software CROPWAT es conseguir el requerimiento de agua para un cultivo específico, tomando en cuenta las principales características de la zona que influyen en la dotación de agua para una parcela. Además, permite obtener la programación de un cultivo, que es la dotación diaria de agua que se debe suministrar a la plantación, desde el periodo de siembra hasta el tiempo de cosecha.

Los datos base, intrínsecos de la zona, que considera CROPWAT para la dotación de agua son: el clima, lluvia (precipitación mensual) y tipo de suelo. Mientras el dato variable, se refiere al tipo de cultivo que se planifica sembrar.

Cabe mencionar que, los procedimientos de cálculo de CROPWAT, y los del presente trabajo, se basan en las directrices de la FAO, como se establece en la publicación "Evapotranspiración del Cultivo - Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos" (FAO, 2006). Específicamente, "utiliza el método Penman-Monteith para determinar la evapotranspiración de los cultivos (ET_o). Los valores de ET_o son utilizados posteriormente para estimar los requerimientos de agua de los cultivos y el calendario de riego" (Guerra, 2009).

Evapotranspiración

Para el cálculo de la evapotranspiración: las temperaturas, humedad y viento; son de las estaciones del cantón, y como se mencionó antes, los valores de insolación o cantidad de luz solar se obtuvo de la siguiente estación meteorológica más cercana, ya que las que están ubicada en el cantón no contaban con los instrumentos de medición para este fin. En la figura 20 se puede ver los valores ingresados en las celdas con fondo blanco, mientras que los resultados de evapotranspiración se encuentran en las celdas resaltadas de color amarillo.

País		Ecuador	Estación		CHIMBORAZO			
Altitud		3000 m.	Latitud		1.63 °S	Longitud		78.66 °W
Mes	Temp Min	Temp Max	Humedad	Viento	Insolación	Rad	ETo	
	°C	°C	%	m/s	horas	MJ/m²/día	mm/día	
Enero	8.6	20.2	69	5.3	5.4	17.4	3.94	
Febrero	8.8	20.2	66	4.0	5.1	17.4	3.93	
Marzo	8.8	19.6	71	4.8	4.4	16.4	3.67	
Abril	8.9	19.6	70	6.0	5.1	16.9	3.81	
Mayo	8.8	19.3	70	6.0	5.4	16.3	3.73	
Junio	7.8	18.4	72	6.7	5.4	15.7	3.47	
Julio	6.8	18.6	68	4.7	5.1	15.5	3.45	
Agosto	6.3	19.2	67	6.0	6.0	17.7	3.97	
Septiembre	6.7	19.5	69	4.4	5.1	17.2	3.72	
Octubre	8.1	20.3	68	6.0	5.4	17.8	4.10	
Noviembre	7.9	20.8	68	4.0	4.8	16.5	3.80	
Diciembre	8.2	20.8	68	2.6	5.5	17.3	3.64	
Promedio	8.0	19.7	69	5.0	5.2	16.8	3.77	

Figura 20. Evapotranspiración de la región

Fuente: CROPWAT

Precipitaciones mensuales

Con relación a las precipitaciones efectivas mensuales, éstos se presentan en la siguiente figura:

Estación		CHIMBORAZO	Método Prec. Ef		Porcentaje fijo
	Precipit.	Prec. efec			
	mm	mm			
Enero	25.0	17.5			
Febrero	45.0	31.5			
Marzo	52.0	36.4			
Abril	51.0	35.7			
Mayo	30.0	21.0			
Junio	38.0	26.6			
Julio	16.0	11.2			
Agosto	16.0	11.2			
Septiembre	29.0	20.3			
Octubre	48.0	33.6			
Noviembre	46.0	32.2			
Diciembre	28.0	19.6			
Total	424.0	296.8			

Figura 21. Precipitación efectiva de la región

Fuente: CROPWAT

Tipo de suelo

El tipo de suelo es el último dato base específico de la región, cuyas características se aprecian en la figura 22.

Figura 22. Precipitación efectiva de la región

Fuente: CROPWAT

Cultivos seleccionados

En relaciona los cultivos para el diseño, se escogieron los de mayor relevancia para la localidad. Tabulados a continuación con sus periodos agrícolas:

Cultivo	Periodo [días]
Cebada	120
Trigo	130
Maíz	125
Papa	130
Arveja	110
Alfalfa	225
Pasto	365
Citricos	365

Tabla 11. Cultivos y sus periodos agrícolas

Fuente: FAO

Afortunadamente, la FAO posee una base de datos sobre las propiedades y necesidades de todos estos productos agrícolas. Los cuales están dentro del programa CROPWAT, y se utilizan para los cálculos de dotación y programación de agua para el cultivo. Para ilustrar, tomaremos como ejemplo a la cebada (“Barley” en inglés), que en el software se ve de la siguiente manera:

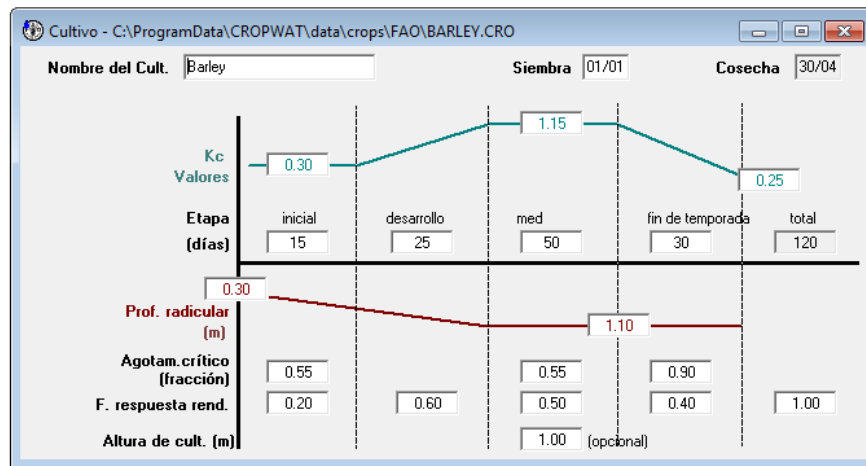


Figura 23. Propiedades de la cebada

Fuente: CROPWAT

Programación de riego de cultivo

Por último, para el ejemplo de cebada, con un periodo de 120 días, los resultados de programación y dotación de agua son los siguientes:

Fecha	Día	Precipit.	Ks	ETa	Agot.	Lám. Neta	Déficit	Pérdida	Lam. Br.	Caudal
		mm	frac.	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
6 Ene	6	0.0	1.00	100	4	4.6	0.0	0.0	6.6	0.13
12 Ene	12	0.0	1.00	100	5	7.4	0.0	0.0	10.6	0.20
18 Ene	18	0.0	1.00	100	2	4.7	0.0	0.0	6.8	0.13
24 Ene	24	0.0	1.00	100	4	8.9	0.0	0.0	12.7	0.25
30 Ene	30	0.0	1.00	100	4	11.6	0.0	0.0	16.6	0.32
5 Feb	36	0.0	1.00	100	6	17.4	0.0	0.0	24.9	0.48
11 Feb	42	0.0	1.00	100	7	21.8	0.0	0.0	31.1	0.60
17 Feb	48	7.8	1.00	100	5	16.0	0.0	0.0	22.9	0.44
23 Feb	54	8.1	1.00	100	6	20.2	0.0	0.0	28.8	0.56
1 Mar	60	0.0	1.00	100	6	19.7	0.0	0.0	28.2	0.54
7 Mar	66	8.4	1.00	100	4	14.3	0.0	0.0	20.5	0.40
13 Mar	72	8.8	1.00	100	6	18.1	0.0	0.0	25.9	0.50
19 Mar	78	0.0	1.00	100	6	17.8	0.0	0.0	25.4	0.49
25 Mar	84	0.0	1.00	100	6	18.2	0.0	0.0	26.0	0.50
31 Mar	90	0.0	1.00	100	7	22.5	0.0	0.0	32.1	0.62
6 Abr	96	0.0	1.00	100	5	15.6	0.0	0.0	22.2	0.43
12 Abr	102	0.0	1.00	100	7	21.0	0.0	0.0	30.0	0.58
18 Abr	108	0.0	1.00	100	2	7.4	0.0	0.0	10.5	0.20
24 Abr	114	0.0	1.00	100	1	3.8	0.0	0.0	5.4	0.10
30 Abr	Fin	0.0	1.00	0	1					

Figura 24. Programación de riego para la cebada

Fuente: CROPWAT

Los resultados de programación de riego para todos los cultivos elegidos (ver tabla 11), se encuentran tabulados de mejor manera en el Anexo2 al final de este trabajo.

2.3.2 Cálculo de dotación

Ahora, una vez obtenida la programación de dotación de agua, se tomó el mayor valor de caudal por hectárea [l/s/ha]. Para el ejemplo de la cebada, y de la figura 24, vemos que este valor máximo es de 0.62 [l/s/ha]. El resumen del caudal máximo necesaria para todos los productos agrícolas seleccionados para este diseño se aprecian en la siguiente tabla:

Cultivo	Máximo caudal [l/s/ha]
Cebada	0.62
Trigo	0.77
Maíz	0.71
Papa	0.68
Arveja	0.61
Alfalfa	0.69
Pasto	0.66
Cítricos	0.52

Tabla 12. Caudal máximo por hectárea de los cultivos de diseño

Elaborado por: Josué Mullo

Posterior a esto, se hizo una repartición de cultivos en los diferentes lotes de la zona del proyecto. Para cada lote se elaboró una división en tres partes iguales, los cuales tiene un diferente producto agrícola. Es decir, que en cada lote existirán tres cultivos diferentes.

De esta forma, con los datos de caudal por hectárea [l/s/ha] máximo, dentro de la tabla de programación de cada cultivo, y al multiplicarla por el área [ha] respectiva que ocupa cada cultivo, lograremos obtener el caudal necesario para cada lote.

La repartición de cultivos para cada lote formado, y sus respectivos caudales necesarios en litros por segundo [l/s], se presentan en la siguiente tabla:

Dotación de agua por lote

Lote	Área Lote [ha]	Cultivos	Área Cultivo [ha]	Dotación [l/s]	Dotación Total [l/s]
1	1.13	Cebada	0.40	0.25	0.77
		Trigo	0.40	0.31	
		Pasto	0.33	0.22	
2	1.10	Papa	0.40	0.27	0.71
		Maíz	0.40	0.28	
		Cítricos	0.30	0.16	
3	0.91	Arveja	0.30	0.18	0.59
		Alfalfa	0.30	0.21	
		Pasto	0.31	0.20	
4	1.13	Cebada	0.40	0.25	0.70
		Maíz	0.40	0.28	
		Cítricos	0.33	0.17	
5	0.81	Papa	0.30	0.20	0.53
		Arveja	0.30	0.18	
		Pasto	0.21	0.14	
6	0.97	Arveja	0.35	0.21	0.57
		Cebada	0.35	0.22	
		Cítricos	0.27	0.14	
7	2.57	Papa	0.90	0.61	1.68
		Cebada	0.90	0.56	
		Pasto	0.77	0.51	
8	2.26	Arveja	0.80	0.49	1.38
		Alfalfa	0.80	0.55	
		Cítricos	0.66	0.34	

Tabla 13. Dotación de agua por lote

Elaborado por: Josué Mullo

Con estos datos podemos seguir a la siguiente fase, que es el diseño hidráulico a gravedad que debe transportar el caudal necesario para cada lote.

2.3.3 Línea de conducción de agua

Se define a una línea de conducción de agua, a una obra hidráulica que permite trasladar el caudal captado en el río o reservorio, hasta el sitio del proyecto.

Para esta finalidad se dispone de dos alternativas: construir un canal a cielo abierto o colocar una tubería (de PVC o acero). Es recomendable que estas líneas de conducción se las construya por medio de tuberías tomando en cuenta que el diámetro mínimo es de 50 mm y el diámetro máximo puede llegar a los 1500 mm dependiendo de las necesidades del proyecto

A continuación se presenta un corte tipo, de la disposición de la tubería que conduce al agua:

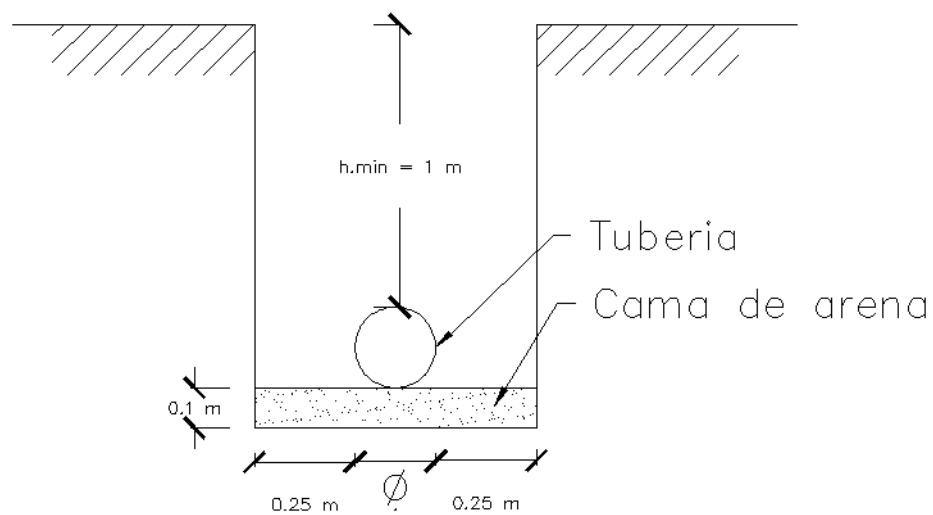


Figura 25. Corte tipo, tubería

Fuente: Ing. Miguel Araque

La forma técnica de realizar la compactación es mediante capas sucesivas de 20cm de altura. Y la cama de arena tiene por objetivo que la tubería se asiente en toda su longitud para evitar posibles roturas.

El diseño hidráulico de la red de cañería que debe llegar hacia cada parcela con la dotación de agua calculada, se ha hecho con ayuda del programa computacional WATERCAD.

WATERCAD

Este software “cuyo algoritmo de cálculo se basa en el método del Gradiente Hidráulico, permite el análisis hidráulico de redes de agua determinando las presiones en diversos puntos del sistema, así como los caudales, velocidades y pérdidas que conforman la red hidráulica” (Wikipedia, 2016). Con este programa podemos diseñar sistemas de distribución de agua, para lo cual contamos con 25 tubos, es decir podemos trabajar con proyectos de hasta 30 hectáreas de extensión. Lo cual significa que sí lo podremos usar para el diseño propuesto en este trabajo.

De este modo, y una vez dibujada la trayectoria que seguirá la tubería, en el plano topográfico, se obtienen en cada lote: sus cotas correspondientes, así como la longitud de la tubería y el caudal requerido por el cultivo. Estos datos los necesitamos para ingresarlos en el programa y que nos ayude a calcular las presiones óptimas con los caudales requeridos dentro de la tubería; esto dependiendo del material, el cual va a ser de PVC (Policloruro de vinilo). Y además sugiriendo una altura del tanque de distribución óptimo para el sistema. El bosquejo general que presenta WATERCAD, de la red de tubería con los valores de cota, longitud y caudal de salida, se observa en la siguiente figura:

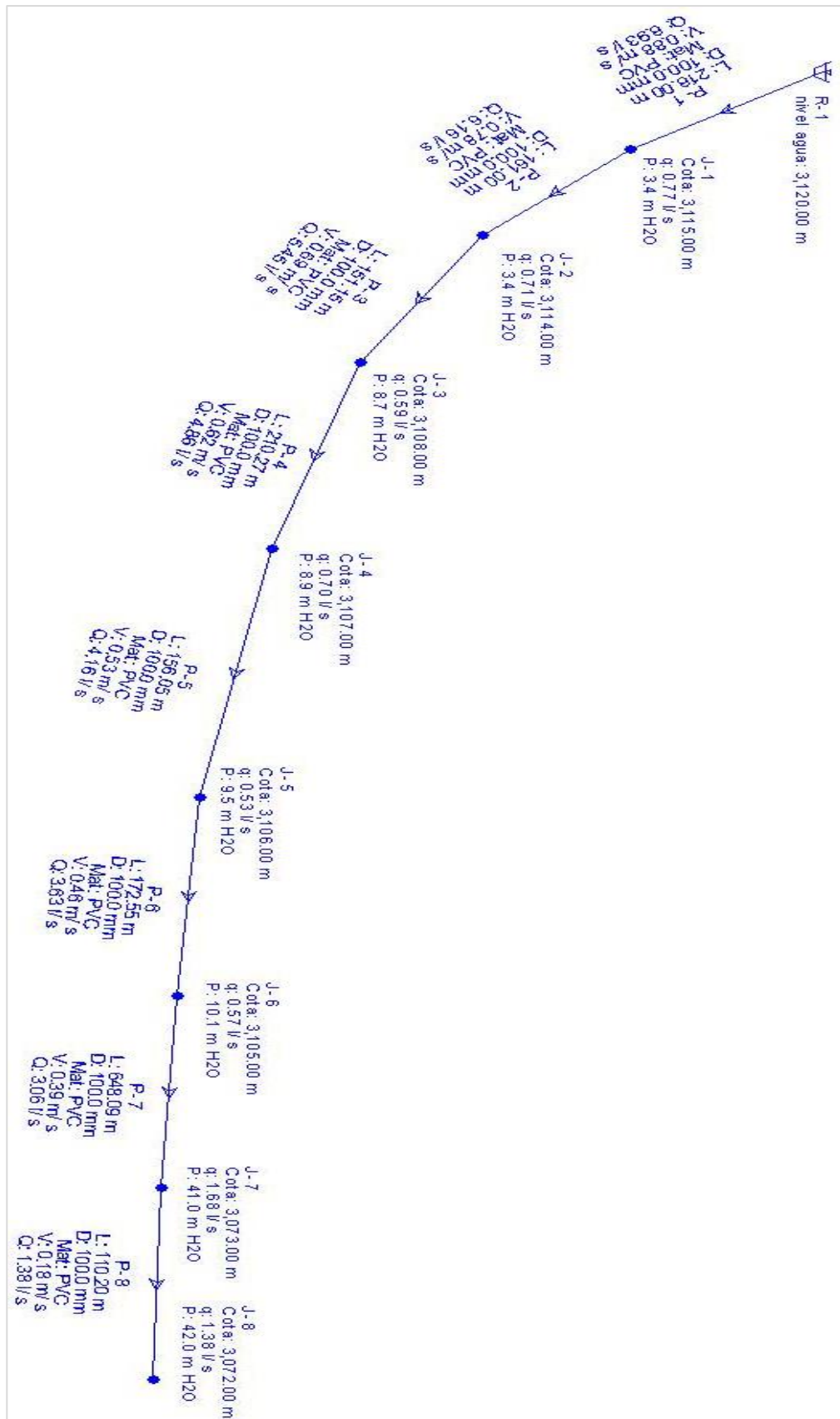


Figura 26. Diseño hidráulico del sistema de riego parcelario

Fuente: Cropwat

La simbología de la figura anterior representan los siguientes datos:

R - Reservorio

P - Tubería

J - Joint

L - Longitud [m]

D -diámetro [mm]

Mat - Material

V - Velocidad [m/s]

Q - Caudal de agua [l/s]

P - Presión [m de H₂O]

Los resultados mostrados en la figura de diámetro, presión y caudal en la tubería; satisfacen los requerimientos de la red que llevarán la dotación de agua para cada parcela.

Como vemos de los resultados de presión para las 6 primeras parcelas se pueden usar como medios e distribución un sistema de riego por surcos o por gravedad. Mientras que para las últimas 2 parcelas favorablemente tenemos una presión que nos permite instalar sistemas de riego por aspersión.

2.4 Evaluación del Impacto Ambiental

2.4.1 Preliminares

Con el transcurso del tiempo la conciencia sobre el cuidado de nuestro medio ambiente ha incrementado, esto debido a los efectos negativos que han provocado las inadecuadas acciones del hombre en cuestiones de explotación y uso de los recursos naturales. Donde algunas de esas acciones incluso han generado daños irreversibles, dentro de las zonas donde se han desarrollado. Esto debido a que “todos los factores o parámetros que constituyen el medio ambiente pueden verse afectados en mayor o menor medida por las acciones humanas. Y estos parámetros medioambientales se pueden sintetizar en siete grandes grupos” (Conesa, 2010):

- Factores físico-químicos.
- Factores biológicos.
- Factores paisajísticos.
- Factores relativos al uso del suelo.
- Factores relativos a la estructura, equipamientos, infraestructura y servicios de los núcleos habitados.
- Factores sociales, culturales y humanos.
- Factores económicos.

Estos grupos engloban la totalidad de los factores medioambientales: clima, agua, suelo, flora fauna, valores culturales, etc. (Conesa, 2010).

Es por esto que la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) dentro de un proyecto “es el método más efectivo para evitar las agresiones al medio ambiente y conservar los recursos (...) para proteger la salud humana, contribuir a la mejora de la calidad de vida, mantener la biodiversidad y conservar los ecosistemas” (Sfera Ambiental, 2013). En donde, la EIA se la puede dividir en cuatro tipos de evaluaciones, que se aplican de acuerdo al proyecto a ejecutarse. Estas cuatro tipologías son:

El informe medioambiental, que es redactado como Anexo del proyecto y comprende una serie de consideraciones ambientales y las correspondientes medidas correctoras adoptadas según los casos. No entra a formar parte de una EIA propiamente dicha. Se identifica los impactos más importantes, con descripciones cualitativas y su finalidad más destacada será el servir como indicador de la incidencia ambiental que la actuación ocasione, sin mayores pretensiones.

La evaluación preliminar, que incorpora un pre-estudio en el que, además de identificar, se realiza una primera valoración de los impactos a la que seguirá una valoración final más profunda, si se considera oportuno continuar la investigación. En el caso de considerarse suficiente esta evaluación, se adjuntará una propuesta de medidas correctoras además de incluir, al menos, una matriz de identificación, sin tener que llegar necesariamente a una valoración global.

La evaluación simplificada, en la cual no se exige un nivel de profundización demasiado elevado, en la redacción del EsIA (Estudios de impacto ambiental), pasando por alto aspectos que carezcan de interés relevante. La valoración de impacto se hace de forma numérica sencilla, describiendo los criterios y baremos

utilizados en la valoración. No se exige ponderación de impactos ni una evaluación global, excepto en los casos en que haya que decidir entre varias alternativas. En este tipo de evaluación se incluye un documento de síntesis que será expuesto públicamente, por cuya razón habrá que poner especial énfasis en la redacción de un documento escrito en un lenguaje comprensible para personas no técnicas.

Evaluación detallada, que se realiza cuando una actividad puede producir grandes impactos, en los que se exige un grado de profundización elevado. Se incluye aquí la ponderación y evaluación global, así como un documento de síntesis que se expondrá públicamente como resumen de los estudios efectuados, conclusiones, medidas correctoras, estudio de alternativas, etc..., editándose en un volumen independiente. Se trata del estudio más completo (Conesa, 2010).

Para este sistema de riego se eligió realizar una valoración cualitativa del impacto ambiental. El cual se describe a continuación.

2.4.2 Método aplicado

En la presente sección se exponen los impactos sobre el medio ambiente que se puedan producir, por efectos de la ejecución del presente diseño de sistema de riego. Donde, se debe resaltar que esta evaluación se la realiza en la fase de proyecto, es decir que se estimará los efectos producidos en etapa de construcción, tomando en consideración la mayor cantidad de variables que se conocen de forma empírica para la realización de este

tipo de proyectos. Así pues, dentro de este estudio se analizará efectos ambientales, económicos y sociales.

Y para este propósito se hará uso de una herramienta metodológica propuesta en el libro: “Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental” (Conesa, 2010).

Matriz de Importancia

Este modelo “nos permitirá obtener una valoración cualitativa al nivel requerido por una EIA simplificada” (Conesa, 2010). Para esto previamente debemos identificar las acciones y los factores del medio que presumiblemente serán impactadas.

“Los elementos de la matriz de importancia identifican la Importancia (I_{ij}) del impacto ambiental generado por una acción simple de una actividad (A_i) sobre un factor ambiental considerado (F_j)” (Conesa, 2010).

En esta matriz se situarán en las columnas las acciones, mientras que las filas serán ocupadas por los factores del medio afectados, de tal forma que en las casillas de cruce podremos comprobar la Importancia del impacto de la acción sobre el factor correspondiente. El término Importancia, hace referencia al ratio mediante el cual mediremos cualitativamente el impacto ambiental, en función, tanto del grado de incidencia o intensidad de la alteración producida, como de la caracterización del efecto, que responde a su vez a una serie de atributos de tipo cualitativo, tales como extensión, tipo de efecto, plazo de manifestación, persistencia, reversibilidad, recuperabilidad, sinergia, acumulación y periodicidad. La importancia del impacto viene representada por un número que se deduce del siguiente modelo, donde aparecen en abreviatura los atributos antes citados (García J. L., 2016).

$$I = \pm [3I + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC]$$

A continuación se describen los elementos que conforman la Importancia, y que debemos entender para hacer uso de ella.

1. El signo indica la naturaleza del impacto, positivo si es beneficioso, o negativo si es perjudicial respecto del factor considerado.
2. Intensidad (I): Hace referencia al grado de incidencia de la acción sobre el factor (Grado de destrucción del factor).
3. Extensión (EX): Se refiere al área de influencia teórica del impacto, respecto a la del factor afectado (Área de influencia).
4. Momento (MO): Hace referencia al tiempo que transcurre entre la aparición de la acción y el comienzo del efecto sobre el factor considerado (Plazo de manifestación).
5. Persistencia (PE): Se refiere al tiempo, que supuestamente, permanecería el efecto desde su aparición (Permanencia del efecto).
6. Reversibilidad (RV): Se refiere a la posibilidad de reconstruir el factor afectado por medios naturales (Reconstrucción por medios naturales).
7. Recuperabilidad (MC): Se refiere a la posibilidad de reconstruir el factor, por medio de intervención humana (Reconstrucción por medios humanos).
8. Sinergia (SI): Hace referencia al grado de reforzamiento del efecto de una acción sobre un factor debido a la presencia de otra acción (Potenciación de la manifestación).

9. Acumulación (AC): Hace referencia al incremento progresivo de la manifestación del efecto (Incremento progresivo).

10. Efecto (EF): Hace referencia a la relación causa – efecto, es decir, a la forma de manifestación del efecto sobre un factor, como consecuencia de una acción (Relación causa efecto).

11. Periodicidad (PR): Se refiere a la regularidad de la manifestación del efecto (Regularidad de la manifestación).

En la siguiente tabla se resumen las variables antes descritas

NATURALEZA	INTENSIDAD
Impacto beneficioso (+)	Baja (1)
Impacto perjudicial (-)	Media (2)
	Alta (3)
	Muy alta (8)
	Total (12)
EXTENSION	MOMENTO
Puntual (1)	Largo plazo (1)
Parcial (2)	Medio plazo (2)
Extensión (4)	Corto plazo (3)
Total (8)	Inmediato (4)
Critica (+4)	Critico (+4)
PERSISTENCIA	REVERSIBILIDAD
Momentánea (1)	Corto plazo (1)
Temporal (2)	Medio plazo (2)
Pertinaz (3)	Largo plazo (3)
Permanente (4)	Fugaz (-1)
	Irreversible (4)
SINERGIÁ	ACUMULACION
Sin sinergismo (simple) (1)	Simple (1)
Sinérgico (2)	Acumulativo (4)
Muy sinérgico (4)	
EFECTO	PERIODICIDAD
Indirecto (1)	Irregular o discontinuo (1)
Directo (2)	Periódico (2)
	Continuo (+4)
RECUPERABILIDAD	IMPORTANCIA
Recuperable de manera inmediata (1)	$I = \pm[3I + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC]$
Recuperable a largo plazo (2)	
Mitigable o compensable (4)	
Irrecuperable (8)	

Tabla 14. Elementos dentro de la Importancia de Impacto

Fuente: (Conesa, 2010)

Posterior a la aplicación de la ecuación expuesta se clasifican los impactos de acuerdo a la siguiente escala de valores

RANGO	CLASIFICACIÓN
< 25	IRRELEVANTE o COMPATIBLE (CO)
≥25 Y < 50	MODERADO (M)
≥ 50 y < 75	SEVERO (S)
≥ 75	CRITICO

Tabla 15. Escala de valor Matriz de Importancia

Fuente: (Conesa, 2010)

Una vez cuantificada la magnitud de impactos producidos, vamos a establecer, a continuación, la valoración cualitativa de cada una de las acciones que han sido causa de ese impacto, así como de los factores ambientales que han sido objeto del mismo. Esta valoración se puede establecer según dos criterios (García J. L., 2016):

- a) Valoración Absoluta: consideramos que la importancia relativa de todos los factores del medio es la misma y por tanto la afección que sufran todos ellos debe ser considerada de la misma manera.
- b) Valoración Ponderada: establecemos una importancia relativa de los factores en función de su mayor o menor contribución a la situación del Medio, de tal forma que está quedara reflejada a través de unos coeficientes de ponderación. El valor de estos coeficientes vendrá expresado en Unidades de Importancia (UIP), de tal manera que el método considera un valor de 1000 UIP a la situación óptima del Medio, distribuyendo esta cantidad entre los diferentes componentes en función de su contribución al alcance de ese óptimo (García J. L., 2016).

Una vez conocidos todos los elementos de la matriz de importancia, y la forma de su valoración se procedió a desarrollarla, mediante una valoración absoluta y finalmente obtener la clasificación de la importancia (tabla 15) para luego estudiar sus resultados y sugerir medidas de mitigación.

En donde las principales acciones susceptibles de originar impacto sobre el Medio, durante la fase de funcionamiento, fueron: Desbroce del terreno, excavaciones e inversión económica. Y en la fase de funcionamiento se consideró el manejo de la explotación y creación de empleo.

Las actividades identificadas que podrían influir en el medio ambiente, con sus respectivas calificaciones, se expone en el Anexo C de este trabajo.

2.4.3 Resultados

Atendiendo a la totalidad del Medio Ambiente, la acción más agresiva es el desbroce del terreno las excavaciones y la explotación del agua, de las cuales la totalidad corresponde al Medio Físico.

Por lo tanto la primera conclusión que podemos extraer de este estudio es que las medidas correctoras a implantar en la explotación deben ir encaminadas a intentar mitigar el efecto negativo del desbroce del terreno y excavaciones, y así como a la mitigación del impacto visual que producen las infraestructuras de la explotación en el entorno.

Por otro lado, se puede observar cómo el Medio Socio-económico se encuentra afectado positivamente por la implantación del complejo (García J. L., 2016).

2.5 Estimación del Presupuesto

2.5.1 Consideraciones

El objetivo de realizar este presupuesto es conocer una aproximación de los gastos que generen la construcción de este proyecto de riego. Para lo cual se va a tomar en cuenta: materiales, mano de obra y equipo; necesario dentro de cada rubro del proyecto. Donde los costos de cada elemento se basarán en precios promedio del mercado ecuatoriano. Y para esto se hará uso del programa ProExcel que justamente fue desarrollado en el Ecuador para estos propósitos.

ProExcel

Con este programa la realización presupuestaria se hará de una manera más efectiva, debido a que el programa cuenta con una amplia base de datos que se ajustan a las condiciones nacionales, tanto en rubros como en precios y también en rendimientos de las actividades de la obra.

2.5.2 Presupuesto

Rubros

Las actividades que implica la construcción de proyecto se observan en la siguiente lista de rubros en la que se resume su unidad y la cantidad necesaria para su ejecución.

RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD
Replanteo en superficie de eje longitudinal	km	1.90
Desbroce y limpieza de terreno	ha	2.20
Excavación	m3	1 404.33
Instalación Tubería PVC 100mm	m	1 950.46
Cama de arena	m3	117.03
Compactación mecánica suelo natural	m2	1 170.28

Tabla 16. Rubros del proyecto

Elaborado por. Josué Mullo

Para identificar los precios de cada rubro se hizo un rápido análisis de sus precios unitarios (APU), los cuales se presentan en el Anexo B de este trabajo. Y los recursos utilizados se resumen a continuación.

Material

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
Tubería PVC U/E 1.00mpa- 090mm	ml.	2 047.98	3.47	7 106.50
Arena Fina	m3	119.37	15.00	1 790.56
Polipega	Gl.	19.50	38.76	756.00
Polilimpia	Gl.	19.50	22.58	440.41
Testigos para topografía, l=1,00 m	u	95.00	0.60	57.00
Pintura Esmalte-Varios colores	Gl.	1.90	12.20	23.18
Estacas de madera, topografía, l=0,50; d=0,08	u	95.00	0.20	19.00
Agua	m3.	58.51	0.10	5.85
			TOTAL :	10 198.50

Tabla 17. Materiales para el proyecto

Elaborado por: Josué Mullo

Mano de obra

DESCRIPCION	UNIDAD	SALARIO REAL HORARIO	HORAS TOTAL	PRECIO TOTAL
Operador de Excavadora-Estruc.Ocup. C1	Hora	3.45	702.17	2 422.47
Ayudante de Maquinaria-Estruct.Ocup.C3	Hora	3.09	706.57	2 183.29
Peón-Estruc.Ocup. E2	Hora	3.26	487.62	1 589.63
Albañil-Estruc.Ocup. D2	Hora	3.30	266.59	879.75
Plomero-Estruc.Ocup. D2	Hora	3.30	214.55	708.02
Peón para Plomero-Estruc.Ocup. E2	Hora	3.26	214.55	699.43
Peón de Albañil-Estruc.Ocup. E2	Hora	3.26	208.08	678.33
Maestro Mayor de Obras Civiles-Estruc.Ocup. C1	Hora	3.66	133.93	490.20
Peón en General-Estruc.Ocup. E2	Hora	3.26	11.40	37.16
Cadenero-Estruc.Ocup.D2	Hora	3.30	7.60	25.08
Operador de Tractor-Estruct.Ocup. C1 Grupo 1	Hora	3.45	4.40	15.18
Operador Retroexcavadora-Estruc.Ocup. C1	Hora	3.43	4.40	15.09
Chofer licencia "c"	Hora	3.93	3.80	14.93
Topógrafo 2-Estruc. Ocup. C1	Hora	3.66	3.80	13.91
Maestro de Obra-Estruc.Ocup. C2	Hora	3.66	0.88	3.22

Tabla 18. Mano de obra para el proyecto

Elaborado por: Josué Mullo

Equipo

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PRECIO	HORAS TOTAL	PRECIO TOTAL
Excavadora 0,76 m3; 135 hp	Hora	52.00	702.17	36 512.58
Compactador mecánico	Hora	2.95	208.08	613.82
Herramienta Menor	Hora	0.36	1 139.47	410.21
Tractor 165 hp, con ripper	Hora	57.48	4.40	252.91
Carretilla Reforzada-Tipo Sidec	Hora	0.12	117.03	14.04
Equipo de topografía	Hora	2.00	3.80	7.60
Pala Cuadrada-Tipo Bellota	Hora	0.04	117.03	4.68
Motosierra	Hora	1.00	4.40	4.40
Camioneta 2000cc doble tracción	Hora	5.00	0.19	0.95
			TOTAL :	37 821.20

Tabla 19. Equipo necesario para el proyecto

Elaborado por: Josué Mullo

Costo estimado

La cantidad final estimada y el resumen de todos los rubros expuesto en esta sección de presupuesto se aprecian en la siguiente tabla:

RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNITARIO	TOTAL
Replanteo en superficie de eje longitudinal	km	1.90	105.86	201.13
Desbroce y limpieza de terreno	ha	2.20	139.08	305.98
Excavación	m3	1 404.33	29.44	41 343.48
Tubería PVC 100mm	m	1 950.46	5.98	11 663.75
Cama de arena	m3	117.03	18.92	2 214.21
Compactación mecánica suelo natural	m2	1 170.28	1.77	2 071.40
		TOTAL:		57 799.95

Tabla 20. Costo estimado del proyecto

Elaborado por: Josué Mullo

CAPÍTULO 3: RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Como se vio en los valores de los periodos de cultivos, de los productos propuestos para este diseño de riego parcelario, éstos difieren muchos de los periodos que actualmente manejan los campesinos de la región. Como ejemplo podemos poner la papa, que según la FAO y junto con la programación de dotación de agua para su cultivo, su periodo en promedio debe ser de 130 días. Pero mediante conversaciones con las personas de la región se supo que ellos manejan este producto con un periodo de 180 días, dependiendo únicamente de la lluvia para el suministro de agua. Por lo cual es evidente las ventajas que brindaría la tecnificación de sistemas de riego en aspectos de productividad, y consecuentemente en términos económicos.

Igualmente mediante entrevistas con pobladores de la zona del proyecto, se conoció que desconocen la posibilidad que existe de ampliar la gama de productos que siembran actualmente, esto básicamente por tradición, según sus palabras. Lo que significa que las tierras no están siendo usadas en toda su capacidad, lo que complica aún más la intención de aumentar la producción.

Existen muchas parcelas en la que se practica el monocultivo por parte de los agricultores, igualmente por tradición y por el desconocimiento de los beneficios de la rotación de cultivos. Lo que significa que estos suelos se pueden estar deteriorando y

perdiendo sus propiedades. Por lo que la implementación de sistemas de riego ayudaría a mejorar el cuidado de esas tierras.

Seguidamente, se ve la importancia de ingresar mayor tecnología en los procesos agrícolas, ya que como se mencionó en el capítulo de descripción de la zona del proyecto, en promedio dentro del cantón y dentro de la comunidad la tecnología de riego es baja como se ve en la tabla 10. Y precisamente una tecnología de la cual carecen es de buenos sistemas de riego para mejorar la producción, lo cual se vería reflejado en mejores ingresos debido a que se lograría una mayor y mejor comercialización de sus productos.

Respecto al diseño hidráulico, con los resultados obtenidos en esta fase para nuestro sistema de riego parcelario, se encontró que las tuberías que llegan hacia dos parcelas, presentaban presiones suficientes que permiten la implementación de sistemas de riego por aspersión como método de distribución hacia las platas. Mientras que para los demás se puede usar un medio de distribución a gravedad o se podrían colocar bombas hidráulicas que permitan instalar sistema de riego por goteo o aspersión, lo cual sería lo más recomendable debido a las grandes pendientes que presentan las primeras parcelas.

En lo concerniente a la huella ambiental que este proyecto generaría, se vio que el mayor impacto lo recibiría el recurso hídrico, para lo cual se debe realizar un monitoreo del de la fuente de captación para no leguen a darse daños irreversibles a la fauna y flora que dependen de esa fuente. En lo referente al desbroce se puede tomar una medida de restauración mediante reforestación de las áreas afectadas con plantas nativas, luego que se haya realizado la compactación con suelo natural. Pero además dentro de esta evaluación

también se obtuvo un impacto positivo relevante sobre la población en aspectos socio-económicos.

Pasando al presupuesto estimado en este trabajo, se debe tomar en cuenta que para su realización se consideraron los costos directos y no los costos indirectos, pero de modo general este factor podría tomar el valor entre el 18 y 20%, el cual es un rango que sí se maneja dentro de los contratos públicos en el país y para este tipo de obra.

El costo final que implicaría la ejecución de la obra, no podría ser autofinanciado por los agricultores de la zona. Pero a nivel de gobierno cantonal, esta inversión sí sería factible debido a la importancia para su población tanto en aspectos económicos como sociales. Otra opción sería brindar asistencia o asesoría para que los agricultores puedan acceder a formas de financiamiento.

Un punto importante, dentro del aspecto presupuestario, es que los costos pueden bajar significativamente si la obra se la realiza por medio de mingas comunitarias, lo cual es bastante común dentro de este sector campesino debido a las raíces culturales y costumbres de la población. Pero de todos modos, sí habría que tener personal especializado que se encuentre supervisando los aspectos técnicos en los que no se puede cometer errores constructivos.

Finalmente sería recomendable una mayor inversión en investigación o consultorías respecto a la posibilidad de ampliar los sistemas de riego en la región, con el objetivo de

crear vías y alternativas para aportar al desarrollo nacional. Actuando así en concordancia con el plan gubernamental de mejorar el agro en el sector rural, al brindar: políticas territoriales encaminadas a ampliar el acceso a la tierra y a las fuentes de agua a los pequeños y medianos productores, a regenerar los suelos y combatir la erosión y a ampliar el acceso a alternativas tecnológicas sustentables, basadas en agroforestación y agroecología, que defiendan la soberanía alimentaria.

CAPÍTULO 4: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Castañón, G. (2000). *Ingeniería del Riego. Utilización racional del agua*. España: Thomson Learning.
- Ciencia y Campo. (2016). *Ciencia y Campo*. Obtenido de Agricultura, proyectos, industria y ciencia e innovación en el campo:
<https://cienciaycampo.wordpress.com/category/agricultura/>
- Conesa, V. (2010). *Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental*. Madrid: Mundi-Prensa.
- FAO. (2006). *"Evapotranspiración del Cultivo - Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos"*. Roma: FAO.
- FAO. (2014). *Food and Agriculture Organization*. Obtenido de
ftp://ftp.fao.org/fi/CDrom/FAO_training/FAO_training/general/x6706s/x6706s06.htm
- Fernández, R. (2010). *Manual de riego para agricultores: módulo 4. Riego localizado*. Sevilla: Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca.
- GAD Guamote. (2014). *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del Cantón Guamote*. Guamote.
- García, I., & Briones, G. (2015). *Sistemas de riego por aspersión y goteo*. Mexico: Trillas.
- García, J. L. (2016). *Memoria resumen de evaluación de impacto ambiental*. Obtenido de
https://www.uclm.es/area/ing_rural/Proyectos/JoseLuisGarciaOtero/10-Anejo6.PDF
- Guerra, M. (2009). *Manual de Diseño de Sistemas de Riego a Gravedad y por Aspersión. (Tesis inédita de maestría)*. Quito: Universidad San Francisco de Quito.
- Hiler, E., & Howell, T. (1972). *Corp. response to Trickle Irrigation and Subsurface Irrigation*. Illinois: ASAE.
- NDJ. (2016). *NaanDanJain. A Jain Irrigation Company*. Obtenido de Sistema de riego por goteo por gravedad.: <http://es.naandanjain.com/products/drip-Irrigation/ndj-dripkit-3/ndj-dripkit/>
- OAS. (2016). *Organization of American States*. Obtenido de Department of Sustainable Development: <https://www.oas.org/dsd/publications/Unit/oea05s/ch09.htm>
- PREDES. (2016). *Centro de estudios y prevención de desastres*. Obtenido de Tecnologías de Riego:
http://www.predes.org.pe/predes/basedatos/ayudatematica_pdf/tecnologias_riego.pdf
- Ramos, M., & Báez, D. (2013). *Diseño y construcción de un sistema de riego por aspersión en una parcela demostrativa en el Cantón Cevallos. (Tesis inédita de maestría)*. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Santos, L., Valero, J., Picornel, M., & Tarjuelo, J. (2010). *El riego y sus tecnologías*. Lisboa: Europa-América.

Senplades. (2013). *Plan Nacional para el Buen Vivir 2013-2017*. Quito: Senplades.

SEP. (2014). *Secretaría de educación pública. Riego y drenaje*. Mexico: Trillas.

Sfera Ambiental. (2013). *Sferaproyectoambiental.org*. Obtenido de La importancia del estudio de impacto ambiental.: <https://sferaproyectoambiental.org/2013/09/17/la-importancia-del-estudio-de-impacto-ambiental/>

Wikipedia. (2016). *WaterCAD*. Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/WaterCAD>

ANEXO A: ASPERSOR DE IMPACTO



Presión (bar)	Alcance (m)	Caudal (m^3h^{-1})	Tasa de flujo (ls^{-1})
1,7	13,8	1,10	0,30
2,1	14,2	1,20	0,33
2,4	14,5	1,30	0,36
2,8	14,8	1,39	0,38
3,1	15,0	1,47	0,41
3,5	15,0	1,55	0,43

Fuente: Heliflex (2003).

Características de un aspersor de impacto para la boquilla de 3/4": caudal y alcance para varias presiones de funcionamiento.

ANEXO B: PROGRAMACIÓN DE CULTIVOS

CEBADA

Fecha	Día	Etap	Precipit. mm	Ks fracc.	ETa %	Agot. %	Lám.Neta mm	Déficit mm	Pérdida mm	Lam.Br. mm	Caudal l/s/ha
06-ene	6	Ini	0	1	100	4	4.6	0	0	6.6	0.13
12-ene	12	Ini	0	1	100	5	7.4	0	0	10.6	0.2
18-ene	18	Des	0	1	100	2	4.7	0	0	6.8	0.13
24-ene	24	Des	0	1	100	4	8.9	0	0	12.7	0.24
30-ene	30	Des	0	1	100	4	11.6	0	0	16.6	0.32
05-feb	36	Des	0	1	100	6	17.3	0	0	24.8	0.48
11-feb	42	Med	0	1	100	7	21.7	0	0	31	0.6
17-feb	48	Med	7.8	1	100	5	15.9	0	0	22.8	0.44
23-feb	54	Med	8.1	1	100	6	20.1	0	0	28.7	0.55
01-mar	60	Med	0	1	100	6	19.6	0	0	28.1	0.54
07-mar	66	Med	8.4	1	100	4	14.3	0	0	20.4	0.39
13-mar	72	Med	8.8	1	100	6	18	0	0	25.8	0.5
19-mar	78	Med	0	1	100	6	17.7	0	0	25.3	0.49
25-mar	84	Med	0	1	100	6	18.1	0	0	25.9	0.5
31-mar	90	Med	0	1	100	7	22.4	0	0	32	0.62
06-abr	96	Fin	0	1	100	5	15.5	0	0	22.2	0.43
12-abr	102	Fin	0	1	100	7	21	0	0	29.9	0.58
18-abr	108	Fin	0	1	100	2	7.3	0	0	10.5	0.2
24-abr	114	Fin	0	1	100	1	3.7	0	0	5.3	0.1
30-abr	Fin	Fin	0	1	100	1					

TRIGO

Fecha	Día	Etap	Precipit. mm	Ks fracc.	ETa %	Agot. %	Lám.Neta mm	Déficit mm	Pérdida mm	Lam.Br. mm	Caudal l/s/ha
06-jul	6	Ini	0	1	100	4	4.1	0	0	5.9	0.11
12-jul	12	Ini	0	1	100	4	6.2	0	0	8.9	0.17
18-jul	18	Ini	0	1	100	2	4	0	0	5.8	0.11
24-jul	24	Ini	0	1	100	2	4.1	0	0	5.9	0.11
30-jul	30	Ini	0	1	100	2	4.4	0	0	6.3	0.12
05-ago	36	Des	0	1	100	3	8.2	0	0	11.6	0.22
11-ago	42	Des	0	1	100	4	10.8	0	0	15.5	0.3
17-ago	48	Des	2.4	1	100	5	14.6	0	0	20.9	0.4
23-ago	54	Des	3.2	1	100	6	19.7	0	0	28.1	0.54
29-ago	60	Des	0	1	100	7	23.2	0	0	33.1	0.64
04-sep	66	Med	0	1	100	7	23.5	0	0	33.6	0.65
10-sep	72	Med	0	1	100	7	24.1	0	0	34.4	0.66
16-sep	78	Med	0	1	100	7	22.8	0	0	32.5	0.63
22-sep	84	Med	0	1	100	8	27.8	0	0	39.7	0.77
28-sep	90	Med	0	1	100	6	22.6	0	0	32.3	0.62
04-oct	96	Med	0	1	100	6	21.6	0	0	30.9	0.6
10-oct	102	Fin	0	1	100	6	21.9	0	0	31.3	0.6
16-oct	108	Fin	0	1	100	5	16.4	0	0	23.4	0.45
22-oct	114	Fin	0	1	100	6	21.8	0	0	31.1	0.6
28-oct	120	Fin	0	1	100	2	7.9	0	0	11.3	0.22
03-nov	126	Fin	8	1	100	1	4.7	0	0	6.7	0.13
07-nov	Fin	Fin	0	1	100	0					

MAÍZ

Fecha	Día	Etap	Precipit. mm	Ks fracc.	ETa %	Agot. %	Lám.Neta mm	Déficit mm	Pérdida mm	Lam.Br. mm	Caudal l/s/ha
06-ene	6	Ini	0	1	100	4	4.6	0	0	6.6	0.13
12-ene	12	Ini	0	1	100	5	7	0	0	9.9	0.19
18-ene	18	Ini	0	1	100	2	3.4	0	0	4.9	0.09
24-ene	24	Des	0	1	100	3	4.8	0	0	6.9	0.13
30-ene	30	Des	0	1	100	4	7.4	0	0	10.5	0.2
05-feb	36	Des	0	1	100	5	10.3	0	0	14.7	0.28
11-feb	42	Des	0	1	100	7	16.1	0	0	23	0.44
17-feb	48	Des	7.8	1	100	5	12.7	0	0	18.2	0.35
23-feb	54	Des	8.1	1	100	7	18.8	0	0	26.8	0.52
01-mar	60	Med	0	1	100	7	21	0	0	30	0.58
07-mar	66	Med	8.4	1	100	5	15.7	0	0	22.4	0.43
13-mar	72	Med	8.8	1	100	7	19.7	0	0	28.2	0.54
19-mar	78	Med	0	1	100	7	19.4	0	0	27.7	0.53
25-mar	84	Med	0	1	100	7	19.8	0	0	28.3	0.55
31-mar	90	Med	0	1	100	8	23.8	0	0	34	0.66
06-abr	96	Fin	0	1	100	7	19	0	0	27.2	0.52
12-abr	102	Fin	0	1	100	9	25.9	0	0	37	0.71
18-abr	108	Fin	0	1	100	4	12.9	0	0	18.4	0.36
24-abr	114	Fin	0	1	100	3	9.4	0	0	13.4	0.26
30-abr	120	Fin	0	1	100	3	9.8	0	0	13.9	0.27
05-may		Fin	0	1	100	1					

PAPA

Fecha	Día	Etap	Precipit. mm	Ks fracc.	ETa %	Agot. %	Lám.Neta mm	Déficit mm	Pérdida mm	Lam.Br. mm	Caudal l/s/ha
06-ago	6	Ini	0	1	100	9	8.9	0	0	12.7	0.25
12-ago	12	Ini	0	1	100	11	11.5	0	0	16.5	0.32
18-ago	18	Ini	0	1	100	8	9.5	0	0	13.6	0.26
24-ago	24	Ini	0	1	100	7	9.3	0	0	13.2	0.26
30-ago	30	Des	0	1	100	7	9.5	0	0	13.6	0.26
05-sep	36	Des	0	1	100	9	12.9	0	0	18.5	0.36
11-sep	42	Des	0	1	100	10	15.7	0	0	22.4	0.43
17-sep	48	Des	4.7	1	100	9	14.3	0	0	20.5	0.4
23-sep	54	Des	5.8	1	100	11	19.7	0	0	28.1	0.54
29-sep	60	Med	0	1	100	13	22.3	0	0	31.9	0.61
05-oct	66	Med	0	1	100	13	21.9	0	0	31.3	0.6
11-oct	72	Med	0	1	100	14	24.7	0	0	35.2	0.68
17-oct	78	Med	8.5	1	100	10	16.8	0	0	24	0.46
23-oct	84	Med	8.2	1	100	13	21.8	0	0	31.1	0.6
29-oct	90	Med	0	1	100	12	21.4	0	0	30.6	0.59
04-nov	96	Med	0	1	100	12	21	0	0	30	0.58
10-nov	102	Fin	0	1	100	12	20.7	0	0	29.6	0.57
16-nov	108	Fin	0	1	100	10	17.6	0	0	25.1	0.48
22-nov	114	Fin	0	1	100	14	24.4	0	0	34.8	0.67
28-nov	120	Fin	0	1	100	9	15	0	0	21.5	0.41
04-dic	126	Fin	0	1	100	8	14.3	0	0	20.4	0.39
08-dic		Fin	0	1	100	2					

ALFALFA

Fecha	Día	Etap	Precipit. mm	Ks fracc.	ETa %	Agot. %	Lám.Neta mm	Déficit mm	Pérdida mm	Lam.Br. mm	Caudal l/s/ha
06-jun	6	Ini	0	1	100	2	5.7	0	0	8.1	0.16
12-jun	12	Des	0	1	100	3	9.2	0	0	13.2	0.25
18-jun	18	Des	0	1	100	1	3.7	0	0	5.2	0.1
24-jun	24	Des	0	1	100	2	8	0	0	11.4	0.22
30-jun	30	Des	0	1	100	3	10	0	0	14.3	0.28
06-jul	36	Des	0	1	100	5	15.8	0	0	22.5	0.43
12-jul	42	Med	0	1	100	6	20	0	0	28.5	0.55
18-jul	48	Med	0	1	100	5	19.1	0	0	27.3	0.53
24-jul	54	Med	0	1	100	6	19.6	0	0	28	0.54
30-jul	60	Med	0	1	100	6	20	0	0	28.6	0.55
05-ago	66	Med	0	1	100	6	20.7	0	0	29.6	0.57
11-ago	72	Med	0	1	100	6	21.1	0	0	30.2	0.58
17-ago	78	Med	2.4	1	100	6	19.7	0	0	28.2	0.54
23-ago	84	Med	3.2	1	100	6	21	0	0	30	0.58
29-ago	90	Med	0	1	100	6	20.7	0	0	29.6	0.57
04-sep	96	Med	0	1	100	6	19.6	0	0	27.9	0.54
10-sep	102	Med	0	1	100	6	19.4	0	0	27.7	0.53
16-sep	108	Med	0	1	100	5	18.2	0	0	26	0.5
22-sep	114	Med	0	1	100	7	23.1	0	0	33.1	0.64
28-sep	120	Med	0	1	100	5	17.9	0	0	25.5	0.49
04-oct	126	Med	0	1	100	5	16.9	0	0	24.2	0.47
10-oct	132	Med	0	1	100	5	17.2	0	0	24.6	0.47
16-oct	138	Med	0	1	100	5	16.8	0	0	24.1	0.46
22-oct	144	Med	0	1	100	7	25.1	0	0	35.8	0.69
28-oct	150	Med	0	1	100	5	16.4	0	0	23.5	0.45
03-nov	156	Med	8	1	100	5	16.3	0	0	23.3	0.45
09-nov	162	Med	0	1	100	5	16	0	0	22.9	0.44
15-nov	168	Med	0	1	100	4	15.5	0	0	22.1	0.43
21-nov	174	Med	0	1	100	6	19.4	0	0	27.8	0.54
27-nov	180	Med	6.9	1	100	4	12.3	0	0	17.6	0.34
03-dic	186	Med	5.4	1	100	5	17.3	0	0	24.7	0.48
09-dic	192	Fin	0	1	100	5	17	0	0	24.3	0.47
15-dic	198	Fin	0	1	100	4	15.3	0	0	21.8	0.42
21-dic	204	Fin	0	1	100	4	15.3	0	0	21.8	0.42
27-dic	210	Fin	4.3	1	100	2	8.5	0	0	12.2	0.24
02-ene	216	Fin	0	1	100	4	14.1	0	0	20.1	0.39
08-ene	222	Fin	0	1	100	2	7.5	0	0	10.7	0.21
11-ene	Fin	Fin	0	1	0	1					

PASTO

Fecha	Día	Etapa	Precipit. mm	Ks fracc.	ETa %	Agot. %	Lám.Neta mm	Déficit mm	Pérdida mm	Lam.Br. mm	Caudal l/s/ha
06-ene	6	Ini	0	1	100	7	15.6	0	0	22.2	0.43
12-ene	12	Ini	0	1	100	8	19.7	0	0	28.2	0.54
18-ene	18	Ini	0	1	100	7	16.4	0	0	23.4	0.45
24-ene	24	Ini	0	1	100	7	15.1	0	0	21.6	0.42
30-ene	30	Ini	0	1	100	7	15.1	0	0	21.6	0.42
05-feb	36	Ini	0	1	100	6	13.4	0	0	19.2	0.37
11-feb	42	Ini	0	1	100	7	16.7	0	0	23.8	0.46
17-feb	48	Ini	7.8	1	100	4	8.9	0	0	12.7	0.24
23-feb	54	Ini	8.1	1	100	5	11.7	0	0	16.7	0.32
01-mar	60	Ini	0	1	100	5	11.4	0	0	16.3	0.31
07-mar	66	Ini	8.4	1	100	3	7.5	0	0	10.7	0.21
13-mar	72	Ini	8.8	1	100	4	10	0	0	14.3	0.28
19-mar	78	Ini	0	1	100	4	9.8	0	0	14	0.27
25-mar	84	Ini	0	1	100	4	10.1	0	0	14.5	0.28
31-mar	90	Ini	0	1	100	7	15.7	0	0	22.5	0.43
06-abr	96	Ini	0	1	100	5	12.8	0	0	18.2	0.35
12-abr	102	Ini	0	1	100	8	19.2	0	0	27.5	0.53
18-abr	108	Ini	0	1	100	4	10.4	0	0	14.9	0.29
24-abr	114	Ini	0	1	100	5	11.7	0	0	16.7	0.32
30-abr	120	Ini	0	1	100	6	12.8	0	0	18.3	0.35
06-may	126	Ini	0	1	100	6	13.4	0	0	19.1	0.37
12-may	132	Ini	0	1	100	8	19.1	0	0	27.2	0.53
18-may	138	Ini	0	1	100	6	14.7	0	0	20.9	0.4
24-may	144	Des	0	1	100	6	13.9	0	0	19.9	0.38
30-may	150	Des	0	1	100	6	13.9	0	0	19.8	0.38
05-jun	156	Des	0	1	100	5	12.7	0	0	18.1	0.35
11-jun	162	Des	0	1	100	7	15.9	0	0	22.7	0.44
17-jun	168	Des	7	1	100	4	8.9	0	0	12.7	0.25
23-jun	174	Des	5.6	1	100	6	13.8	0	0	19.7	0.38
29-jun	180	Des	0	1	100	6	14.1	0	0	20.1	0.39
05-jul	186	Des	0	1	100	7	16.5	0	0	23.6	0.45
11-jul	192	Des	0	1	100	7	16.9	0	0	24.1	0.46
17-jul	198	Des	2.2	1	100	7	16.3	0	0	23.3	0.45
23-jul	204	Med	2.3	1	100	8	18.9	0	0	27.1	0.52
29-jul	210	Med	0	1	100	8	19.6	0	0	27.9	0.54
04-ago	216	Med	0	1	100	9	20.1	0	0	28.8	0.55
10-ago	222	Med	0	1	100	9	20.5	0	0	29.3	0.56
16-ago	228	Med	0	1	100	9	21.6	0	0	30.9	0.6
22-ago	234	Med	0	1	100	10	23.8	0	0	34	0.66
28-ago	240	Med	0	1	100	9	20.3	0	0	29	0.56
03-sep	246	Med	4	1	100	8	19.2	0	0	27.4	0.53
09-sep	252	Med	0	1	100	8	18.9	0	0	27	0.52
15-sep	258	Med	0	1	100	8	17.8	0	0	25.5	0.49
21-sep	264	Med	0	1	100	8	18.8	0	0	26.9	0.52
27-sep	270	Med	5.8	1	100	6	13.5	0	0	19.4	0.37
03-oct	276	Med	7.3	1	100	7	16.4	0	0	23.4	0.45
09-oct	282	Med	0	1	100	7	16.7	0	0	23.9	0.46
15-oct	288	Med	0	1	100	7	16.2	0	0	23.1	0.45
21-oct	294	Med	0	1	100	9	20.6	0	0	29.4	0.57
27-oct	300	Med	8.2	1	100	5	11.9	0	0	17.1	0.33
02-nov	306	Med	0	1	100	10	24	0	0	34.2	0.66
08-nov	312	Med	0	1	100	7	15.6	0	0	22.2	0.43
14-nov	318	Med	0	1	100	7	15.1	0	0	21.6	0.42
20-nov	324	Fin	0	1	100	7	15.3	0	0	21.8	0.42
26-nov	330	Fin	0	1	100	6	15.1	0	0	21.5	0.42
02-dic	336	Fin	0	1	100	9	21.6	0	0	30.9	0.6
08-dic	342	Fin	0	1	100	7	15.5	0	0	22.2	0.43
14-dic	348	Fin	0	1	100	7	16	0	0	22.8	0.44
20-dic	354	Fin	0	1	100	7	15.6	0	0	22.3	0.43
26-dic	360	Fin	0	1	100	7	15.5	0	0	22.2	0.43
31-dic	Fin	Fin	0	1	0	6					

CÍTRICOS

06-ene	6	Ini	0	1	100	3	12.1	0	0	17.3	0.33
12-ene	12	Ini	0	1	100	4	16.2	0	0	23.2	0.45
18-ene	18	Ini	0	1	100	3	12.9	0	0	18.4	0.35
24-ene	24	Ini	0	1	100	3	11.6	0	0	16.5	0.32
30-ene	30	Ini	0	1	100	3	11.6	0	0	16.5	0.32
05-feb	36	Ini	0	1	100	2	9.9	0	0	14.1	0.27
11-feb	42	Ini	0	1	100	3	13.7	0	0	19.6	0.38
17-feb	48	Ini	7.8	1	100	1	5.9	0	0	8.5	0.16
23-feb	54	Ini	8.1	1	100	2	8.2	0	0	11.7	0.23
01-mar	60	Ini	0	1	100	2	8	0	0	11.4	0.22
07-mar	66	Des	8.4	1	100	1	4.8	0	0	6.9	0.13
13-mar	72	Des	8.8	1	100	2	6.9	0	0	9.9	0.19
19-mar	78	Des	0	1	100	2	7.9	0	0	11.2	0.22
25-mar	84	Des	0	1	100	2	8.1	0	0	11.6	0.22
31-mar	90	Des	0	1	100	3	13.5	0	0	19.3	0.37
06-abr	96	Des	0	1	100	3	11.1	0	0	15.8	0.31
12-abr	102	Des	0	1	100	4	16.8	0	0	24	0.46
18-abr	108	Des	0	1	100	2	8.2	0	0	11.6	0.22
24-abr	114	Des	0	1	100	2	9.6	0	0	13.7	0.26
30-abr	120	Des	0	1	100	3	11.5	0	0	16.4	0.32
06-may	126	Des	0	1	100	3	11.6	0	0	16.6	0.32
12-may	132	Des	0	1	100	4	17.4	0	0	24.9	0.48
18-may	138	Des	0	1	100	3	13.2	0	0	18.8	0.36
24-may	144	Des	0	1	100	3	12.4	0	0	17.7	0.34
30-may	150	Des	0	1	100	3	12.3	0	0	17.6	0.34
05-jun	156	Med	0	1	100	3	10.7	0	0	15.3	0.3
11-jun	162	Med	0	1	100	3	14.1	0	0	20.2	0.39
17-jun	168	Med	7	1	100	2	6.8	0	0	9.7	0.19
23-jun	174	Med	5.6	1	100	3	11	0	0	15.7	0.3
29-jun	180	Med	0	1	100	3	11	0	0	15.7	0.3
05-jul	186	Med	0	1	100	3	13	0	0	18.6	0.36
11-jul	192	Med	0	1	100	3	13.8	0	0	19.7	0.38
17-jul	198	Med	2.2	1	100	3	12.2	0	0	17.4	0.34
23-jul	204	Med	2.3	1	100	4	14.6	0	0	20.8	0.4
29-jul	210	Med	0	1	100	4	15	0	0	21.4	0.41
04-ago	216	Med	0	1	100	4	15.4	0	0	22	0.43
10-ago	222	Med	0	1	100	4	15.7	0	0	22.4	0.43
16-ago	228	Med	0	1	100	4	16.6	0	0	23.8	0.46
22-ago	234	Med	0	1	100	5	18.9	0	0	27	0.52
28-ago	240	Med	0	1	100	4	15.4	0	0	22	0.42
03-sep	246	Med	4	1	100	4	14.4	0	0	20.5	0.4
09-sep	252	Med	0	1	100	3	14.2	0	0	20.2	0.39
15-sep	258	Med	0	1	100	3	13.1	0	0	18.8	0.36
21-sep	264	Med	0	1	100	4	14.9	0	0	21.3	0.41
27-sep	270	Med	5.8	1	100	2	9.5	0	0	13.6	0.26
03-oct	276	Fin	7.3	1	100	3	11.4	0	0	16.4	0.32
09-oct	282	Fin	0	1	100	3	11.8	0	0	16.8	0.32
15-oct	288	Fin	0	1	100	3	11.1	0	0	15.8	0.3
21-oct	294	Fin	0	1	100	4	16.3	0	0	23.3	0.45
27-oct	300	Fin	8.2	1	100	2	7.8	0	0	11.1	0.21
02-nov	306	Fin	0	1	100	5	19	0	0	27.1	0.52
08-nov	312	Fin	0	1	100	3	10.7	0	0	15.2	0.29
14-nov	318	Fin	0	1	100	3	10.3	0	0	14.8	0.28
20-nov	324	Fin	0	1	100	3	12.1	0	0	17.3	0.33
26-nov	330	Fin	0	1	100	3	11.9	0	0	17.1	0.33
02-dic	336	Fin	0	1	100	4	17.8	0	0	25.5	0.49
08-dic	342	Fin	0	1	100	3	12.2	0	0	17.4	0.34
14-dic	348	Fin	0	1	100	3	13.1	0	0	18.8	0.36
20-dic	354	Fin	0	1	100	3	13.1	0	0	18.6	0.36
26-dic	360	Fin	0	1	100	3	13.6	0	0	19.4	0.37
31-dic	Fin	Fin	0	1	0	3					

ARVEJA

Fecha	Día	Etapa	Precipit. mm	Ks fracc.	ETa %	Agot. %	Lám.Neta mm	Déficit mm	Pérdida mm	Lam.Br. mm	Caudal l/s/ha
06-ene	6	Ini	0	1	100	6	6.1	0	0	8.8	0.17
12-ene	12	Ini	0	1	100	7	9.3	0	0	13.2	0.26
18-ene	18	Ini	0	1	100	4	5.8	0	0	8.3	0.16
24-ene	24	Des	0	1	100	4	7	0	0	10	0.19
30-ene	30	Des	0	1	100	5	8.8	0	0	12.6	0.24
05-feb	36	Des	0	1	100	6	12.1	0	0	17.2	0.33
11-feb	42	Des	0	1	100	8	17.5	0	0	25	0.48
17-feb	48	Des	7.8	1	100	5	13.8	0	0	19.7	0.38
23-feb	54	Med	8.1	1	100	7	18.7	0	0	26.7	0.51
01-mar	60	Med	0	1	100	7	19.4	0	0	27.7	0.53
07-mar	66	Med	8.4	1	100	5	14	0	0	20.1	0.39
13-mar	72	Med	8.8	1	100	7	17.8	0	0	25.4	0.49
19-mar	78	Med	0	1	100	7	17.4	0	0	24.9	0.48
25-mar	84	Med	0	1	100	7	17.8	0	0	25.5	0.49
31-mar	90	Med	0	1	100	9	22.2	0	0	31.7	0.61
06-abr	96	Fin	0	1	100	6	14.5	0	0	20.7	0.4
12-abr	102	Fin	0	1	100	7	18.6	0	0	26.6	0.51
18-abr	108	Fin	0	1	100	2	4.1	0	0	5.9	0.11
20-abr	Fin	Fin	0	1	100	1					

ANEXO D: APU'S PARA EL RIEGO PARCELARIO

Hoja 1
de 6

RUBRO: Replanteo en superficie de eje longitudinal

DETALLE: UNIDAD: km

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Equipo de topografía	1.00	2.00	2.00	2.0000	4.00
Camioneta 2000cc doble tracción	0.05	5.00	0.25	2.0000	0.50
Herramienta Menor	1.00	0.36	0.36	2.0000	0.72
SUBTOTAL M					5.22
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Topógrafo 2-Estruc. Ocup. C1	1.00	3.66	3.66	2.0000	7.32
Cadenero-Estruc.Ocup.D2	2.00	3.30	6.60	2.0000	13.20
Peón en General-Estruc.Ocup. E2	3.00	3.26	9.78	2.0000	19.56
Chofer licencia "c"	1.00	3.93	3.93	2.0000	7.86
SUBTOTAL N					47.94
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Estacas de madera, topografía, l=0,50; d=0,08	u	50.00	0.20	10.00	
Testigos para topografía, l=1,00 m	u	50.00	0.60	30.00	
Pintura Esmalte-Varios colores	Gl.	1.00	12.20	12.20	
SUBTOTAL O					52.20
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DISTANCIA	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
			A	B	C = A x B
Estacas de madera, topografía, l=0,50; d=0,08	u	1.00	50.00	0.01	0.50
Testigos para topografía, l=1,00 m	u	1.00	50.00	0.00	0.00
Pintura esmalte	l	1.00	1.00	0.00	0.00
SUBTOTAL P					0.50
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					105.86
COSTO INDIRECTO					0.00
OTROS INDIRECTOS:					
COSTO TOTAL DEL RUBRO:					105.86
VALOR OFERTADO:					105.86

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN EL IVA

RUBRO: Desbroce y limpieza de terreno

DETALLE:

UNIDAD: ha

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Tractor 165 hp, con ripper	1.00	57.48	57.48	2.0000	114.96
Motosierra	1.00	1.00	1.00	2.0000	2.00
Herramienta Menor	1.00	0.36	0.36	2.0000	0.72
SUBTOTAL M					117.68
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Maestro de Obra-Estruc.Ocup. C2	0.20	3.66	0.73	2.0000	1.46
Ayudante de Maquinaria-Estruct.Ocup.C3	1.00	3.09	3.09	2.0000	6.18
Operador de Tractor-Estruct.Ocup. C1 Grupo 1	1.00	3.45	3.45	2.0000	6.90
Operador Retroexcavadora-Estruc.Ocup. C1	1.00	3.43	3.43	2.0000	6.86
SUBTOTAL N					21.40
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A x B	
SUBTOTAL O					0.00
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DISTANCIA	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
			A	B	C = A x B
SUBTOTAL P					0.00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					139.08
COSTO INDIRECTO					0.00
OTROS INDIRECTOS:					
COSTO TOTAL DEL RUBRO:					139.08
VALOR OFERTADO:					139.08

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN EL IVA

RUBRO: Excavación

DETALLE:

UNIDAD: m3

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Excavadora 0,76 m3; 135 hp	1.00	52.00	52.00	0.5000	26.00
Herramienta Menor	1.00	0.36	0.36	0.5000	0.18
SUBTOTAL M					26.18
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Ayudante de Maquinaria- Estruct.Ocup.C3	1.00	3.09	3.09	0.5000	1.54
Operador de Excavadora-Estruc.Ocup. C1	1.00	3.45	3.45	0.5000	1.72
SUBTOTAL N					3.26
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A x B	
SUBTOTAL O					0.00
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DISTANCIA	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
			A	B	C = A x B
SUBTOTAL P					0.00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					29.44
COSTO INDIRECTO				0.00	0.00
OTROS INDIRECTOS:					
COSTO TOTAL DEL RUBRO:					29.44
VALOR OFERTADO:					29.44

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN EL
IVA

RUBRO: Tubería PVC 100mm
DETALLE:

UNIDAD: m

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta Menor	2.00	0.36	0.72	0.1100	0.08
SUBTOTAL M					0.08
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peón-Estruc.Ocup. E2	2.00	3.26	6.52	0.1100	0.72
Peón para Plomero-Estruc.Ocup. E2	1.00	3.26	3.26	0.1100	0.36
Plomero-Estruc.Ocup. D2	1.00	3.30	3.30	0.1100	0.36
Maestro Mayor de Obras Civiles-Estruc.Ocup. C1	0.50	3.66	1.83	0.1100	0.20
SUBTOTAL N					1.64
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Tuberia PVC U/E 1.00mpa- 090mm	ml.	1.05	3.47	3.64	
Polilimpia	Gl.	0.01	22.58	0.23	
Polipega	Gl.	0.01	38.76	0.39	
SUBTOTAL O					4.26
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DISTANCIA	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
			A	B	C = A x B
SUBTOTAL P					0.00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					5.98
COSTO INDIRECTO					0.00
OTROS INDIRECTOS:					
COSTO TOTAL DEL RUBRO:					5.98
VALOR OFERTADO:					5.98

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN EL IVA

RUBRO: Cama de arena
DETALLE:

UNIDAD: m3

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Carretilla Reforzada-Tipo Sidec	2.00	0.12	0.24	0.5000	0.12
Pala Cuadrada-Tipo Bellota	2.00	0.04	0.08	0.5000	0.04
SUBTOTAL M					0.16
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Maestro Mayor de Obras Civiles-Estruc.Ocup. C1	0.10	3.66	0.37	0.5000	0.18
Peón-Estruc.Ocup. E2	1.00	3.26	3.26	0.5000	1.63
Albañil-Estruc.Ocup. D2	1.00	3.30	3.30	0.5000	1.65
SUBTOTAL N					3.46
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Arena Fina	m3	1.02	15.00	15.30	
SUBTOTAL O					15.30
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DISTANCIA	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
			A	B	C = A x B
SUBTOTAL P					0.00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					18.92
COSTO INDIRECTO				0.00	0.00
OTROS INDIRECTOS:					
COSTO TOTAL DEL RUBRO:					18.92
VALOR OFERTADO:					18.92

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN EL IVA

RUBRO: Compactación mecánica suelo natural

DETALLE:

UNIDAD: m2

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Compactador mecánico	1.00	2.95	2.95	0.1778	0.52
SUBTOTAL M					0.52
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peón de Albañil-Estruc.Ocup. E2	1.00	3.26	3.26	0.1778	0.58
Albañil-Estruc.Ocup. D2	1.00	3.30	3.30	0.1778	0.59
Maestro Mayor de Obras Civiles-Estruc.Ocup. C1	0.10	3.66	0.37	0.1778	0.07
SUBTOTAL N					1.24
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Agua	m3.	0.05	0.10	0.01	
SUBTOTAL O					0.01
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DISTANCIA	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
			A	B	C = A x B
SUBTOTAL P					0.00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					1.77
COSTO INDIRECTO					0.00
OTROS INDIRECTOS:					
COSTO TOTAL DEL RUBRO:					1.77
VALOR OFERTADO:					1.77

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN EL IVA