

**MINISTERIO DE AMBIENTE, AGUA Y
TRANSICIÓN ECOLÓGICA
VICEMINISTERIO DEL AGUA**

**SUBSECRETARÍA DE AGUA POTABLE,
SANEAMIENTO RIEGO Y DRENAJE**

The background of the cover features a photograph of a yellow tractor in a green field. The tractor is positioned on the right side, and several irrigation nozzles are spraying water across the field. A large, light blue curved shape is overlaid on the top right, and a dark grey curved shape is overlaid on the bottom left, framing the text.

**GUÍA PARA LA
FORMULACIÓN DE
PROYECTOS DE RIEGO
Y DRENAJE**

DIRECCIÓN DE RIEGO Y DRENAJE

2022

CRÉDITOS

Esta guía ha sido elaborada por la Subsecretaría de Agua Potable, Saneamiento, Riego y Drenaje del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, incluyendo los aportes, experiencia y conocimiento de las personas que a continuación se detalla:

Responsable de la estructura, contenidos:

Ing. Roberto Carlos Silva, Director de Riego y Drenaje.

Elaboración de contenidos, equipo técnico de la Dirección de Riego y Drenaje:

Ing. Alex Ramos, Ing. Soledad Valdivieso, Abg. Elizabeth Cárdenas, Ing. Galo Haro, Ing. Juan José Calero e Ing. Joselyn Tituaña.

Aportes:

Técnicos de riego y drenaje de las Direcciones Zonales y Oficinas técnicas del MAATE.

Validación:

Ing. Marcela Andino, Subdirectora CONGOPE, Ing. Galo Cárdenas, Director de Vialidad, Infraestructura, Riego y Drenaje del CONGOPE; Ing. Lorena Erazo Rodas e Ing. Jorge Jaguaco Guerrero, Analistas de Riego y Drenaje.

Revisión final:

Ing. Rafael Osorio, Subsecretario de Agua Potable, Saneamiento, Riego y Drenaje del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica MAATE.

Supervisión:

Ing. Oscar Leonardo Rojas Bustamante, Viceministro del Agua

Aprobación:

Ing. Gustavo Rafael Manrique Miranda

MINISTRO DEL AMBIENTE, AGUA Y TRANSICIÓN ECOLÓGICA

CONTENIDO

SECCIÓN I	ANTECEDENTES.....	1
1.	OBJETO DE LA GUÍA.....	2
2.	NORMAS DE REFERENCIA	3
3.	ALCANCE	4
4.	DEFINICIÓN DE PROYECTO DE RIEGO Y/O DRENAJE.....	5
5.	TIPOS DE PROYECTOS	6
6.	INTEGRIDAD DE LOS PROYECTOS DE RIEGO	7
SECCIÓN II	FORMATO Y DIRECTRICES PARA LA PRESENTACION DE TERMINOS DE REFERENCIA PARA LA REALIZACION DE ESTUDIOS.....	10
1.	FORMATO GENERAL DE TÉRMINOS DE REFERENCIA PARA LA REALIZACIÓN DE ESTUDIOS.....	11
1.	Datos iniciales del estudio	13
2.	Introducción.....	13
3.	Objetivo del estudio.....	14
4.	Alcance y fases	14
5.	Metodología de trabajo	14
6.	Actividades a realizarse.....	15
7.	Productos e informes a presentarse	15
8.	Presupuesto referencial.....	15
9.	Plazo, cronograma valorado y forma de pago	17
10.	Características del proveedor.....	17
11.	Métodos de transferencia de conocimiento y/o tecnología	18
2.	DOCUMENTOS HABILITANTES.....	18
SECCIÓN III	FORMATO Y DIRECTRICES PARA LA PRESTACIÓN DE PROYECTOS DE INVERSIÓN EN RIEGO Y DRENAJE	19
1.	FORMATO PARA LA PRESENTACIÓN DE PROYECTOS	20
1.	Informe general del proyecto	21
2.	Diagnóstico y problema	23
3.	Concordancia del proyecto con las políticas y objetivos del plan nacional de riego y drenaje (PNRD)	28
4.	Marco lógico	28
5.	Viabilidad	33
6.	Financiamiento y presupuesto.....	40
7.	Estrategia de intervención	43
8.	Modelo de gestión	43
9.	Estrategia de seguimiento y evaluación	44
10.	Riesgos y vulnerabilidad	45
11.	Documentos habilitantes y de respaldo técnico	46
2.	DIRECTRICES POR TIPO DE PROYECTO.....	46
1.	Construcción de nuevos sistemas de riego.....	47
2.	Rehabilitación, ampliación y/o terminación de sistemas de riego	48
3.	Tecnificación de sistemas de riego a nivel parcelario.....	48
4.	Drenaje Agrícola.....	48
5.	Gestión del conocimiento e información.....	49

SECCIÓN IV	BIBLIOGRAFÍA	50
SECCIÓN V	ANEXOS TÉCNICOS.....	53
ANEXO 1.	ESTUDIOS DE PREFACTIBILIDAD Y FACTIBILIDAD	54
ANEXO 2.	ESTUDIOS DE DISEÑO DEFINITIVO	56
ANEXO 3.	ESTUDIO HIDROLÓGICO	62
ANEXO 4.	ESTUDIO AGRONÓMICO	82
ANEXO 5.	ESTUDIO HIDRÁULICO.....	109
ANEXO 6.	MAPAS Y CARTOGRAFÍA	150
ANEXO 7.	TOPOGRÁFICO	152
ANEXO 8.	DISEÑO DE DRENAJE SUPERFICIAL.....	156
ANEXO 9.	ANEXO PRODUCTIVO	167
ANEXO 10.	SOCIO ORGANIZATIVO Y TARIFAS.....	172
ANEXO 11.	PADRONES CON BASE EN CATASTRO DE PREDIOS	176
ANEXO 12.	ANEXO AMBIENTAL	177
ANEXO 13.	ANÁLISIS DE CALIDAD DEL AGUA	187

Tablas

Tabla 1 Presupuesto referencial.....	15
Tabla 2: Presupuesto por producto y fuente de financiamiento	16
Tabla 3: Resumen del presupuesto referencial	16
Tabla 4: Cronograma valorado y forma de pago de productos.....	17
Tabla 5: Información general del proyecto para riego	22
Tabla 6: Información general del proyecto para drenaje	23
Tabla 7 Ubicación administrativa:	24
Tabla 8: Tenencia de la tierra	24
Tabla 9: Cultivos actuales, pastizales, bosques y rendimientos	24
Tabla 10: Principales especies pecuarias (animales) y rendimientos	24
Tabla 11: Áreas cultivadas bajo riego	25
Tabla 12: Población beneficiaria.....	27
Tabla 13 Ubicación geográfica.....	28
Tabla 14: Matriz de marco lógico	30
Tabla 15 Obras de captación	33
Tabla 16 Obras de conducción	33
Tabla 17: Obras de distribución.....	34
Tabla 18: Obras de Almacenamiento	34
Tabla 19: Propuesta agro productiva: cultivos a implementar y rendimientos potenciales	34
Tabla 20: Principales crianzas (animales) a implementar y rendimientos potenciales	35
Tabla 21: Actividades CIU activas en el Sistema de Regulación Ambiental	35
Tabla 22: Beneficiarios por grupos de atención prioritaria	39
Tabla 23 presupuesto general	40
Tabla 24: Presupuesto detallado por componentes, actividades y fuentes de financiamiento.....	41
Tabla 25: Presupuesto detallado por año	41
Tabla 26: Cronograma valorado por componente y actividad	42
Tabla 27: Consideraciones y criterios para establecer riesgos y vulnerabilidades.....	45
Tabla 28: Ejemplo de preguntas tipo.....	45
Tabla 29 Resumen de estudios de respaldo	47
Tabla 30. Ubicación y descripción de la estación	82
Tabla 31. Datos climatológicos	83
Tabla 32. Datos de precipitación	83
Tabla 33. Valore de variación de la profundidad efectiva del suelo.....	85
Tabla 34. Descripción de la pendiente del suelo	85
Tabla 35. Grupos texturales de suelos	86
Tabla 36. Valores de Conductividad Hidráulica	86
Tabla 37. Valores de la Capacidad de retención de humedad	87
Tabla 38. Toma de muestras	87
Tabla 39. Características morfológicas del cultivo	88
Tabla 40. Requerimiento del cultivo	88
Tabla 41. Fecha de siembra y rendimiento	88
Tabla 42. Fenología del cultivo de maíz.....	89
Tabla 43. Valores de coeficiente de tanque para evaporaciones.....	91
Tabla 44. Precipitación total anual	93

Tabla 45. Precipitación promedio mensual	94
Tabla 46. Valores buscados de índice de precipitación y probabilidad de ocurrencia.....	95
Tabla 47. Índice de precipitación buscada al 75%.....	95
Tabla 48. Valores de precipitación confiable y precipitación efectiva	96
Tabla 49. Profundidad radicular efectiva de los cultivos.....	97
Tabla 50. Necesidades netas anuales de un cultivo	98
Tabla 51. Propiedades físicas del suelo	100
Tabla 52. Valores de factor de reducción de pendiente	104
Tabla 53 elementos principales para las captaciones más utilizadas.....	110
Tabla 54 Determinación del coeficiente ϵ	114
Tabla 55 Proceso propuesto para cálculo del azud	120
Tabla 56 Esquema de división de una platina	122
Tabla 57 Consideraciones de velocidad.....	124
Tabla 58 Tabla guía para determinación del fondo de la galería	125
Tabla 59 Proceso propuesto para resalto hidráulico.....	126
Tabla 60 Velocidades límite de partículas	131
Tabla 61 Número de Hazen θ/t	131
Tabla 62 Verificación del área de sedimentación.....	133
Tabla 63 Coeficientes de Blingh con tamaños de grano.....	134
Tabla 64 Coeficientes de Blingh.....	134
Tabla 65 Coeficientes de Hazen - Williams.....	138
Tabla 66 Coeficientes referenciales de pérdidas.....	138
Tabla 67 Proceso propuesto para conductos a presión	139
Tabla 68 Fórmulas para golpe de ariete	142
Tabla 69 Velocidades máximas para canales de tierra no revestidos	144
Tabla 70 Factores que afectan a la rugosidad del canal.....	144
Tabla 71 Coeficientes de rugosidad de Manning	145
Tabla 72 Propiedades geométricas de canales.....	145
Tabla 73 Valores de talud (m) para distintos tipos de suelos utilizados para el diseño de canales	146
Tabla 74 Proceso propuesto para canales abiertos.....	146
Tabla 75: Directrices para la presentación de cartografía.....	151
Tabla 76 Relaciones existentes entre el tamaño de las curvas de nivel y algunos factores.....	152
Tabla 77 Especificaciones requeridas para levantamiento topográfico	152
Tabla 78 Áreas y cultivos por cada lote	158
Tabla 79 Textura de suelo de ejemplo por lotes	158
Tabla 80 Valores del coeficiente de cultivo Cc	159
Tabla 81 Tiempo para lograr diferentes contenidos de aire de acuerdo a la clase de textura del suelo	160
Tabla 82 Valores de CN para distintas coberturas con relación al grupo Hidrológico	163
Tabla 83 Determinación del coeficiente de drenaje para el ejemplo	164
Tabla 84 Caudal de diseño para los caudales parcelarios del ejemplo	165
Tabla 85: Propuesta de temáticas de capacidad	173
Tabla 86 Contenido mínimo de padrones de usuarios de los sistemas de riego	176
Tabla 87: Criterios de calidad admisibles para las aguas destinadas a uso agrícola	187
Tabla 88: Parámetros de los niveles de la calidad del agua para riego	188
Tabla 89 Criterios de calidad para aguas de uso pecuario	189

Sección I ANTECEDENTES

1. Objeto de la guía



El riego es de gran importancia para los sectores sociales, productivos y económicos del país, cumple la función de garantizar el acceso al agua para la producción agropecuaria, convirtiéndose en un medio fundamental para la producción de alimentos, garantiza la soberanía alimentaria, permite el desarrollo de la agroindustria y esta interrelacionada con las organizaciones de productores y regantes, en consecuencia, aporta a

mejorar la condición socio económica de los agricultores.

La Constitución de la República del Ecuador, reconoce los derechos de la naturaleza, es garantista en asegurar la soberanía alimentaria, da un tratamiento especial al agua considerándola como sector estratégico. Considera al servicio de riego y drenaje como herramienta fundamental para la reactivación agropecuaria y el fomento productivo, establece que el Estado regulará el uso y manejo del agua de riego para la producción de alimentos, bajo los principios de equidad, eficiencia y sostenibilidad ambiental, por lo que la rectoría nacional la ejerce el gobierno central; y, define como competencia exclusiva de los GAD provinciales el planificar, construir, operar y mantener sistemas de riego, además establece al riego como un servicio público de responsabilidad del Estado que será prestado únicamente por personas jurídicas estatales o comunitarias.

El Plan Nacional de Desarrollo (PND), denominado Plan de Creación de Oportunidades 2021 -2025, plantea el escenario deseado al 2030, señalando que:

“El diseño de políticas públicas con un enfoque de territorio permitió mejorar la calidad de vida en el área rural. La competitividad y productividad agrícola, acuícola, pesquera e industrial incide positivamente en la disminución de la migración campo-ciudad, en el fortalecimiento de la seguridad alimentaria y en la reducción de la pobreza rural. Una parte de los productos del campo se vinculan con el fortalecimiento del comercio exterior (exportaciones no petroleras) gracias a las mejoras de la agroindustria. Esto promueve la transformación del modelo de uno primario-exportados hacia uno generador de valor agregado.

El recurso hídrico es gestionado de manera integral asegurando la disponibilidad y el acceso de agua en calidad, cantidad y continuidad para sus diferentes usos y aprovechamientos que involucran: acceso, seguridad y soberanía alimentaria, caudal ecológico y el desarrollo sostenible de las actividades productivas. Después de su uso, las aguas residuales son tratadas asegurando su calidad en su disposición final”.

El Objetivo 3 del PND es: Fomentar la productividad y competitividad en los sectores agrícola, industrial, acuícola y pesquero, bajo el enfoque de la economía circular; objetivo en el cual el riego es considerado como uno de los principales medios de producción que permite mejorar la producción y productividad, lo cual se resalta a través de la Meta 3.1.4: Aumentar la tasa de cobertura con riego tecnificado parcelario para pequeños y medianos productores del 15,86% al 38,88%.

En el marco de los recursos hídricos, el PND da una notable relevancia a este sector, destacando a través del *Objetivo 13: Promover la gestión integral de los recursos hídricos*, señalándose varias políticas y metas relacionadas al buen uso y gestión de los recursos hídricos, resaltando en la meta 13.2.2 *Incrementar la superficie potencial de riego y drenaje de 1.458,46 a 11.461 hectáreas*.

Para lograrlo, no solo se requiere de una acción conjunta de los diversos actores, es necesaria la inversión pública, como una variable clave para mejorar, fortalecer a los sectores sociales y campesinos que dependen de la actividad agropecuaria para su subsistencia y así mismo la reactivación del sector productivo.

El Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, presenta este documento con el objeto de emitir directrices y guías técnicas para la formulación de proyectos integrales de riego y drenaje que aporten al cumplimiento de los objetivos y metas del Plan Nacional de Riego y Drenaje. (PNRD).

La Guía, se constituye en una herramienta de gestión pública, que se inscribe dentro del Proceso de emisión de viabilidades técnicas de conformidad con lo establecido en el literal m) del artículo 18 de la Ley Orgánica de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua.

Para la solicitud de la viabilidad técnica de los proyectos de inversión de riego y drenaje, se han desarrollado formatos generales y directrices, para la presentación de:

- Términos de Referencia (TDR) para la realización de estudios.
- Proyectos de inversión en riego y drenaje

Todos los proyectos de inversión en riego y drenaje, cualquiera sea su tipología deben anexarse con toda la documentación habilitante, así como los estudios técnicos aprobados de respaldo a las propuestas.

La presente guía cuenta con anexos técnico de carácter orientativo, los formuladores de los proyectos de inversión tienen la potestad de emplear cualquier metodología, formulas y/o herramienta de cálculo, que sea validada académicamente.

2. Normas de referencia

La política y planificación territorial y local del riego y drenaje, debe establecerse en cumplimiento a la política pública nacional, a la disponibilidad hídrica y a las regulaciones técnicas establecidas por la Autoridad Única del Agua-(Actualmente el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica), debe enmarcarse en el orden de prelación del uso del agua dispuesto en la

Constitución y será acorde con la zonificación del uso del suelo del territorio enmarcado en la estrategia nacional agropecuaria y acuícola y finalmente el manejo, cuidado y conservación de los ecosistemas y el medio ambiente.

La Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua (LORHUyA), en su artículo 18, define aspectos relacionados al riego como: literal i) otorgar personería jurídica a las juntas de riego y drenaje, literal l) establecer mecanismos de coordinación y complementariedad con los GAD en lo referente a la prestación de servicios públicos de riego y drenaje, literal m) emitir informe técnico de viabilidad para la ejecución de proyectos de riego y drenaje, literal p) fijación de las tarifas por la prestación del servicio de riego y drenaje, entre las principales.

El Código Orgánico de Planificación y Finanzas Públicas (COPLAFIP), establece en su artículo 56¹ que los programas y proyectos de inversión pública dispongan de los estudios que los sustenten, esto corresponde a los proyectos de infraestructura y obra pública de las entidades que forman parte del Presupuesto General del Estado.

Mediante Decreto Ejecutivo No. 995, de 10 febrero del 2020, se dispone que: "La Secretaría del Agua como autoridad única del agua ejercerá las atribuciones, responsabilidades, funciones, delegaciones, representaciones, proyectos y programas en materia de riego y drenaje que le corresponden al Gobierno Central, conforme lo dispuesto en la Constitución y la ley".

El 4 de marzo del 2020 mediante Decreto Ejecutivo Nro. 1007, se fusiona el Ministerio del Ambiente y la Secretaría del Agua en una sola entidad denominada "Ministerio del Ambiente y Agua"; entidad que asume todas las atribuciones y responsabilidades asignadas a la Autoridad Única del Agua.

El artículo 1 del Decreto Ejecutivo Nro. 59 del 5 de junio de 2021, publicado en el Registro Oficial Suplemento N° 478 del 22 de junio de 2021, dispone: "*Cámbiese la denominación del "Ministerio del Ambiente y Agua", por el de Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica*".

En este contexto, todos los proyectos de riego y drenaje están obligados a cumplir con la LORHUyA, el COPLAFIP, y demás normas específicas vigentes; y, todos los planteamientos del Plan Nacional de Riego y Drenaje vigente y de la misma manera enmarcarse en sus políticas, objetivos y lineamientos específicos.

3. Alcance

La Guía de presentación de proyectos de riego y drenaje, año a año ha sido revisada y retroalimentada, producto de las experiencias que se han generado principalmente por el trabajo articulado con los Gobiernos Autónomos Descentralizados Provinciales, organizaciones de regantes y usuarios del drenaje agrícola, cuyos aportes han permitido contar hoy en día con un

¹ Art. 56.- Viabilidad de programas y proyectos de inversión pública. - Los ejecutores de los programas y proyectos de inversión pública deberán disponer de la evaluación de viabilidad y los estudios que los sustenten. COPLAFIP

instrumento técnico ajustado a las necesidades locales, territoriales y nacionales para la elaboración de proyectos en riego y drenaje.

El instrumento aquí presentado, pretende asegurar la articulación de los proyectos de riego y drenaje al Plan Nacional de Desarrollo y al Plan Nacional de Riego y Drenaje vigente, permitiéndose de esta manera aportar al cumplimiento de los objetivos y políticas planteadas a nivel nacional.

Esta guía representa un instrumento técnico - normativo, se describen los requisitos de información que se solicitarán para la presentación de proyectos y su posterior emisión de la viabilidad técnica, que debe ser considerada como una herramienta de aplicación para la formulación y estructura de los proyectos, por cuanto no es obligatorio el desarrollo de todo su contenido cuando el proyecto no lo amerite.

En general, debe considerarse la tipología de proyectos, la integralidad de los proyectos, el tipo de inversión a realizar; la profundidad, magnitud y detalle de estos debe basarse en las particularidades específicas de los sitios que vayan a ser intervenidos y los alcances de las propuestas deben plasmarse en los formatos establecidos en la presente guía, con sus respectivos documentos habilitantes y anexos.

4. Definición de proyecto de riego y/o drenaje

Se entiende por proyecto² el conjunto de antecedentes, estudios y evaluaciones financieras y socioeconómicas que permiten tomar la decisión de realizar o no una inversión para la dotación del servicio de riego y drenaje destinado a satisfacer la necesidad colectiva de acceder al agua para la producción agropecuaria. El proyecto se considera como tal hasta tanto se lo concluya y pase a formar parte de la economía del país. El ciclo de un proyecto se compone de dos grandes fases: i) pre-inversión; y, ii) inversión.

Pre-inversión - Estudios:

Se llevarán a cabo todos los estudios por etapas que gradualmente se profundizarán, para mejorar la calidad de la información, disminuir la incertidumbre y proporcionar mayores elementos para decidir si se continúa con la etapa siguiente o si se debe abandonarla antes de incurrir en gastos mayores.

Las etapas de la elaboración de estudios son: el diagnóstico, el perfil, los estudios de prefactibilidad, factibilidad y diseños definitivos para implementación de cualquier tipo de infraestructura de riego y drenaje agrícola (a nivel de captación, conducción, distribución, almacenamiento, construcción de drenes, obras de protección y control). Así como, también estudios específicos y complementarios para el sustento de los demás componentes del proyecto.

² Adaptado de la definición contenida en el Numeral 408-01 de las Normas de Control Interno de la Contraloría General del Estado

Todas las etapas de los estudios incluirán los cálculos de costos y beneficios del proyecto y la correspondiente evaluación financiera o social del proyecto.

Para la solicitud del informe técnico de pertinencia, se deberán presentar los Términos de referencia de los estudios a realizar, para su revisión se tomará como referencia la sección II de esta guía.

Inversión:

Corresponde a la ejecución del proyecto que cuente con los estudios a nivel de diseño definitivo de las obras, cuando se programe intervenciones conforme a la tipología de proyectos, que deberán ser presentados en el formato de proyectos de inversión para la obtención de la viabilidad técnica.

La fase de inversión comprende la etapa de Ejecución, la cual involucra el desarrollo de todas las acciones tendientes a ejecutar físicamente el proyecto tal y como fue especificado y dimensionado en la pre-inversión.

En la etapa de operación, la obra entra en funcionamiento de acuerdo con lo planeado y programado previamente, al tiempo que, en forma simultánea, se implementan el plan y el programa de mantenimiento. Al finalizar el proyecto se efectuará, además, una evaluación que compare las previsiones de los estudios realizados frente a los obtenidos en la realidad, para contar con la información necesaria que permita mejorar los estudios de nuevos proyectos.³

Para la solicitud de la viabilidad técnica, se deberán presentar el proyecto en el formato vigente, para lo cual tomarán como referencia la sección III de esta guía.

5. Tipos de proyectos

Es importante resaltar que los proyectos de inversión en riego y drenaje deben partir desde la demanda real formulada por las organizaciones y juntas de regantes; y, debe sustentarse en los mecanismos de cogestión que se establezcan entre los usuarios y los GAD Provinciales conforme a la normativa vigente establecida. A los proyectos de inversión se ha considerado oportuno diferenciarlos en la siguiente tipología de proyectos.

Nuevos sistemas de riego:

Corresponde a la construcción de nueva infraestructura en sectores donde no existen obras de riego. La implementación de nuevos sistemas de riego comprende: bocatomas, canales principales, secundarios, sistemas presurizados, infraestructura y equipamiento para uso de agua subterránea en riego, entre otros.

³ 408-01 Proyecto de las Normas de Control Interno de la Contraloría General del Estado

Rehabilitación, ampliación, mejoramiento y/o terminación de infraestructura existente de riego:

Esta tipología aplica para los sistemas de riego existentes que requieran rehabilitación, ampliación, mejoramiento y/o terminación de su infraestructura y obras complementarias (a nivel de captación, conducción, distribución, almacenamiento y regulación de aguas).

Estos proyectos se sustentan con el diagnóstico integral e inventario de la infraestructura debidamente aprobado; incluye la rehabilitación integral de los sistemas, la rehabilitación de obras prioritizadas, el revestimiento de canales, la construcción o mejoramiento de obras complementarias, la implementación de sistemas presurizados, entre otros. Por su magnitud y relevancia de estos proyectos, se pueden planificar intervenciones por fases o etapas.

Tecnificación de sistemas de riego a nivel parcelario

Corresponden a proyectos para optimizar el uso del recurso hídrico cuyo fin es mejorar la producción y productividad agropecuaria a través de la implementación de métodos de riego presurizados (microaspersión, aspersión, goteo, entre otros), así como la optimización del recurso hídrico y la automatización de los sistemas de riego. Estos proyectos incluyen ejecución de obras y equipamiento para tecnificación del riego a nivel parcelario.

Drenaje agrícola:

Para los proyectos cuyo fin es mejorar los suelos con aptitudes agrícolas que tienen problemas de anegamiento para la producción a través de la implementación de sistemas de drenaje agrícola (superficiales o subterráneos), así como la rehabilitación, ampliación y/o mejoramiento de sistemas de drenaje existentes, que permitan evacuar el exceso de agua y así mejorar las condiciones del suelo y volverlos aptos para cultivarlos. Estos proyectos incluyen infraestructura/equipamiento de drenes principales o recolectores, secundarios o interceptores, obras complementarias, rehabilitación de drenes naturales, entre otros.

Gestión del conocimiento e información:

Son proyectos cuyo enfoque se enmarca en la generación y gestión del conocimiento e información dentro de las áreas de influencia de los sistemas de riego y/o drenaje agrícola. Estos proyectos incluyen investigación de nuevas tecnologías de riego y/o drenaje, generación de información de requerimientos hídricos de cultivos, balances hídricos, inventario de sistemas de riego y drenaje, catastros, sistemas tarifarios, así como también la transferencia de información, el fortalecimiento de capacidades, entre otros.

6. Integridad de los proyectos de riego

Es necesario enfocar la gestión integral del riego, en proyectos que respondan a una visión integral del desarrollo local y territorial, considerando las posibles sinergias y complementariedades que existen entre los diferentes actores y sectores de consumidores del recurso hídrico, las cuales deben estar ligadas a las lógicas y necesidades locales propias, con aquellos elementos que son

fundamentales al momento de realizar el riego: la infraestructura, el componente social, ambiental y productivo.

La implementación de proyectos de riego y drenaje deben contemplar intervenciones integrales y cumplir con los requisitos establecidos en la presente guía y adicionalmente considerar la demanda que surge desde las organizaciones de regantes, enfocando las inversiones hacia las políticas, objetivos y metas del Plan Nacional de Riego y Drenaje vigente.

Se considera que toda intervención que se realice debe ser de carácter integral, es decir que cumplan con los cuatro componentes de integralidad del riego (Infraestructura, Social, Económico y Ambiental) y no conlleven solamente la construcción de obras de infraestructura sino acciones articuladas para el desarrollo de los territorios rurales, los cuales deben contar con el sustento técnico apropiado, reflejados en los respectivos estudios.

Particularmente, la realización de los Estudios de pre - inversión deberá orientarse a la formulación del proyecto que contemplen los cuatro componentes de integralidad del riego y/o drenaje, esta estructura debe alinearse con los principios del PNRD. En relación a la ingeniería del proyecto este debe tener los componentes de integralidad de los proyectos de riego y drenaje:

Componente 1. Infraestructura/equipamiento: Se relaciona a todo tipo de infraestructura y equipamiento de riego y/o drenaje. Así en este componente se deben incluir actividades relacionadas a construcción y/o rehabilitación de obras a nivel de captación, conducción, distribución, almacenamiento, regulación de los sistemas de riego y/o drenaje, así también equipamiento para bombeo, presurización, regulación, tecnificación del riego a nivel de predio

Componente 2 Productivo: Se incluirá todas las actividades que permitan el fomento y desarrollo del sector agropecuario, que se beneficiará de la infraestructura y equipamiento, incluye las actividades tendientes a cumplir un plan productivo orientado a la diversificación y/o intensificación de la producción agropecuaria,

Componente 3 Socio-organizativo: Comprende las actividades orientadas a mejorar la prestación del servicio de riego y/o drenaje, el fortalecimiento de las organizaciones y mejoramiento de las capacidades locales.

Se deberá contemplar procesos de capacitación integrales para: la gestión de los sistemas de riego, establecimiento de tarifas, mejoramiento de sus sistemas productivos y el desarrollo de actividades protección y conservación del agua, entre otros. Incluirá acciones de asistencia técnica organizativa social, a las organizaciones en: procesos de actualización de su normativa interna, gestión de tarifas del servicio de riego, generación y/o actualización de padrones de usuarios con bases catastrales, entre otras.

Componente 4 Ambiental: Contempla las actividades que permiten un eficiente manejo ambiental del proyecto. Estas actividades incluyen: plan de protección de fuentes de agua, calidad y contaminación del agua, protección de los recursos hídricos y sus ecosistemas asociados, medidas de conservación de suelo, plan de mitigación de impactos ambientales del proyecto, entre otros.

Para la elaboración de los estudios, el diseño y formulación de los proyectos de riego y drenaje es importante considerar que se debe contar un equipo técnico multidisciplinario de profesionales expertos en cada área correspondiente, de acuerdo con el alcance del tipo de proyecto que se pretende ejecutar, integrado mínimamente por: Ingenieros civiles, agrónomos, agrícolas, sociólogos, ambientales, geógrafos, con experiencia en diseño y gestión de proyectos de riego y drenaje.

Sección II FORMATO Y DIRECTRICES PARA LA PRESENTACION DE
TERMINOS DE REFERENCIA PARA LA REALIZACION DE ESTUDIOS

1. Formato General de Términos de Referencia para la realización de estudios

Los TDR se establecerán en función de las necesidades específicas a ser cubiertas para la obtención de los estudios que sustenten un proyecto de inversión en riego o drenaje, se establecerán en los objetivos generales y específicos, observando las características y condiciones de la prestación del servicio, así como de los requisitos técnicos, funcionales o tecnológicos que se requieran en cada uno de los 4 componentes del proyecto que garanticen la integralidad de riego y drenaje.

Es importante indicar que los términos de referencia son a nivel de factibilidad y diseño definitivo, para solicitar el informe técnico de pertinencia, deberán presentar en sus anexos los estudios de prefactibilidad.

Deben de ser claros, completos y detallados de tal forma que no haya lugar a ambigüedades o contradicciones que propicien o permitan diferentes interpretaciones de una misma disposición. La entidad que formule los Términos de referencia para la realización de los estudios se deberá:

- I. Ajustar a las características específicas de su territorio.
- II. Identificar con claridad las necesidades de atender una problemática particular de riego o drenaje.
- III. Considerar que los estudios servirán de base para sustentar las actividades que se formularán en cada componente del proyecto de inversión,
- IV. Hay que considerar los estudios definitivos, serán los anexos técnicos de cada componente del proyecto.
- V. Considerar que los estudios deberán ser entregados para solicitar la viabilidad técnica.
- VI. Observar que las Normas de control interno, definen las etapas por las cuales transita un estudio hasta llegar al nivel de diseño definitivo.

Estos estudios permitirán determinar la viabilidad de la implementación de un proyecto; sustentado en las actividades de cada componente, lo cual está sujeto a las condiciones edafológicas, climáticas, pluviométricas, sociales, organizativas, productivas y ambientales, entre otros factores; que determinarán el éxito y buen funcionamiento de un sistema de riego y/o drenaje. Por lo que es fundamental realizar los estudios cumpliendo las etapas de: estudios básicos, prefactibilidad, factibilidad y diseño definitivo. En los anexos se detalla su alcance.



El Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial, realizará y presentará el informe de prefactibilidad para solicitar el informe técnico de pertinencia de los términos de referencia de los estudios a nivel de factibilidad y diseño definitivo de un proyecto de riego y/o drenaje, para lo cual presentará los términos de referencia⁴ con el siguiente contenido mínimo:

1. Datos iniciales del estudio
 - 1.1. Nombre del estudio
 - 1.2. Entidad Ejecutora
2. Introducción
 - 2.1. Antecedentes
 - 2.2. Características del estudio
 - 2.3. Diagnóstico y problema
3. Objetivos del estudio
 - 3.1. Objetivo general
 - 3.2. Objetivos específicos
4. Alcance y fases
 - 4.1. Alcance
 - 4.2. Fases
5. Metodología de trabajo
 - 5.1. Información que dispone la entidad
6. Actividades a realizarse
7. Productos e informes a presentarse
 - 7.1. Productos
 - 7.2. Informes
 - 7.3. Supervisión técnica
8. Presupuesto referencial⁵
9. Plazo, cronograma valorado y forma de pago
10. Características del proveedor
 - 10.1. Perfil de proveedor
 - 10.2. Personal básico requerido
11. Métodos de transferencia de conocimiento y/o tecnología

Los TDR deben definir con claridad el trabajo que se desea realizar, establecer la estructura organizacional y estrategias necesarias, definir el personal clave, los perfiles adecuados y la experiencia que se debe tener para la ejecución del proyecto. La claridad de los términos de referencia es la clave para lograr propuestas de calidad y conseguir los resultados esperados. Para lo que se deberá desarrollar el contenido conforme a las siguientes directrices:

⁴ Modelo de pliego de los procedimientos de consultoría - SERCOP
https://portal.compraspublicas.gob.ec/sercop/cat_normativas/consultoria

⁵ Guía para la presentación de estudios de inversión. Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. 2015.

1. Datos iniciales del estudio

1.1. Nombre del estudio

- La acción a realizarse, que debe responder a la pregunta ¿Qué se va a hacer?
- Identificar la fase a la que corresponde (prefactibilidad, factibilidad o diseño definitivo)
- El objeto de dicha acción responde a la pregunta ¿Sobre qué?
- Debe guardar relación con el objetivo general y los específicos.

1.2. Entidad Ejecutora

Se deberá indicar “Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de...”,

2. Introducción

2.1. Antecedentes

Se hará referencia a las circunstancias previas que hacen necesaria la realización del estudio para el proyecto, para lo cual se resumirá los principales resultados del diagnóstico y los estudios que correspondan, se realizarán una síntesis de los siguientes puntos:

- Información relevante como: provincia, cantones, parroquias, comunidades, organizaciones beneficiarias.
- Descripción del problema principal que fue analizado en el diagnóstico y será atendido con los estudios propuestos.
- Descripción general de la alternativa seleccionada, detallando caudal autorizado.

2.2. Características del estudio

Se describirá de manera sucinta las características generales del estudio, se señalará si son estudios de prefactibilidad, factibilidad o diseño definitivo, se indicará su finalidad y aporte para cada uno de los componentes del proyecto. Se indicará el nivel de participación de técnicos y beneficiarios.

2.3. Diagnóstico y problema

La institución proponente realizará el Diagnóstico⁶ que consiste en una descripción general de la situación actual de la prestación del servicio, que se realiza en el área de estudio o influencia, interrelacionada con los factores que limitan las condiciones de productividad de la zona de estudio y en qué aspectos la implementación del estudio mejoraría la calidad de vida de los beneficiarios.

Para las actividades agropecuarias un problema es el acceso al agua para la producción, específicamente hay falta de agua por lo que se requiere riego; o, existe un exceso de agua y para solucionar esto se debe implementar el drenaje.

⁶ Ver mayor detalle en la “Guía para la presentación de programas y proyectos de inversión pública”. Secretaría Nacional de Planificación 2021

3. Objetivo del estudio

3.1. Objetivo general:

El cual debe ser redactado en forma clara y concisa. El objetivo general debe definir lo que se espera obtener al final del desarrollo del estudio. Deberá indicarse si corresponde a prefactibilidad, factibilidad o diseño definitivo.

3.2. Objetivos específicos:

Son los objetivos a través de los cuales se alcanzará el objetivo general; deben estar alineado al objetivo general y relacionado a los productos a obtener con el estudio. De preferencia no más de 4 objetivos relacionados a los cuatro componentes de infraestructura, productivo, socio-organizativo y ambiental.

4. Alcance y fases

4.1. Alcance

Define lo que está dentro de las fronteras del estudio y lo que estaría afuera de estas fronteras. Es decir, son los puntos que entran y no entran en el estudio, refiriéndose a todos los requerimientos que se esperan satisfacer. Debe estar alineado al logro de cada objetivo específico.

Se establecerá también los límites del estudio indicando su ubicación, cobertura y localización geográfica con información relevante como: provincia, cantones, parroquias, comunidades, organizaciones beneficiarias

4.2. Fases

Se indicará las etapas específicas que abarcará el estudio, incluye, pero no se limita a las fases de prefactibilidad, factibilidad o diseños definitivos.

5. Metodología de trabajo

Este punto corresponde a los aspectos metodológicos de los estudios, es decir las técnicas a emplear para el desarrollo de estudio. Aquí se señalan todos los requerimientos que el contratante demande del consultor para cada uno de los estudios a elaborar. También se señalan las particularidades y características más importantes que se deben considerarse en los estudios. De ser el caso que se considere tanto la factibilidad como diseños definitivos, se deberá realizar una descripción detallada para cada tipo de estudio.

Indicar los procedimientos, metodologías y técnicas de trabajo propuestas que deberán ejecutarse para el logro de los objetivos del estudio y debe estar alineado a la obtención de los productos

5.1. Información que dispone la entidad

Consiste en especificar toda la información (estudios anteriores, cartografía, bibliografía) que la entidad contratante vaya a facilitar y entregar al consultor

6. Actividades a realizarse

Se deberán considerar y detallar todas las actividades vinculadas con los objetivos y productos del estudio presentado.

7. Productos e informes a presentarse

7.1. Productos

Aquí se describen los resultados (productos) esperados con el proyecto a implementar. Se detallarán los productos que el consultor está en la obligación de entregar, se señalarán las características específicas de recepción de los mismos, que deben ser medibles y cuantificables.

Cuando se trate de estudios a nivel de diseño definitivo se incluirá la formulación del proyecto en los formatos contenidos en la presente guía, en el cual se consolide la información de los estudios, acuerdos sobre el reparto del agua y los compromisos de los usuarios durante y después de la ejecución del proyecto, el modelo de gestión a implementarse, los resultados del fortalecimiento organizativo, entre otros.

Es importante, definir claramente todos los productos entregables una vez finalizado el estudio, aclarando que las etapas de factibilidad y diseño definitivo se presentaran por separado.

7.2. Informes

Se debe incluir como producto entregable con fechas de entrega los siguientes informes:

- Informe de fase (factibilidad o diseño definitivo)
- Informe final y resumen ejecutivo

Además, con la finalidad de realizar seguimiento al proceso del estudio se incluirá informes periódicos con reportes del grado de avances de los estudios.

7.3. Supervisión técnica

Se indicará cómo la institución realizará la supervisión de la realización del estudio

8. Presupuesto referencial

El presupuesto referencial para los Estudios en las fases de factibilidad y diseño definitivo se deberá clasificar por tipo de estudio con el detalle de los productos.

Tabla 1 Presupuesto referencial

Estudios/ Productos	Monto Referencial USD		
	Factibilidad	Diseño Definitivo	Total
Estudios de Infraestructura			
Producto 1			
Producto 2			
Estudios Productivos			
Producto 1			
Producto 2			
Estudios Sociales			

Estudios/ Productos	Monto Referencial USD		
	Factibilidad	Diseño Definitivo	Total
Producto 1			
Producto 2			
Estudios Ambientales			
Producto 1			
Producto 2			
Totales			

Se presentará también el presupuesto por producto y fuente de financiamiento; y, el resumen del presupuesto, observando los formatos de la Tabla 2 y la Tabla 3.

Tabla 2: Presupuesto por producto y fuente de financiamiento

Estudios/ Productos	Fuentes de financiamiento y Aportes				Total
	GAD Provincial	Competencia riego y drenaje	Beneficiarios	Otros	
Estudios de Infraestructura					
Producto 1					
Producto 2					
Estudios Productivos					
Producto 1					
Producto 2					
Estudios Sociales					
Producto 1					
Producto 2					
Estudios Ambientales					
Producto 1					
Producto 2					
Totales					

Tabla 3: Resumen del presupuesto referencial⁷

DESCRIPCIÓN	VALOR USD
COSTOS DIRECTOS	
Remuneraciones	
Beneficios o carga sociales	
Viajes y Viáticos	
Subcontratos y servicios varios	
Arrendamiento y alquileres de vehículos	
Arrendamiento y alquileres de equipos e instalaciones	
Suministros y materiales	
Reproducciones, ediciones y publicaciones	
Otros	
COSTOS INDIRECTOS	
Personal de dirección	
Personal intermedio	
Personal de mantenimiento y limpieza	
Personal subalterno	

⁷ Resolución No. RE-SERCOP-2021-0114

DESCRIPCIÓN		VALOR USD
	Personal de control de calidad	
	Personal informático	
	Personal de servicios varios	
GASTOS GENERALES (No aplicable para consultores individuales)		
	Sueldos, salarios y beneficios o cargas sociales del personal directivo y administrativo que desarrolle su actividad de manera permanente en la consultora	
	Arrendamientos y alquileres o depreciación y mantenimiento y operación de instalaciones y equipos, utilizados en forma permanente para el desarrollo de sus actividades.	
UTILIDAD EMPRESARIAL (solo aplicable para firmas consultoras)		
TOTAL \$		

Nota: Se presentará como respaldo la hoja de cálculo del presupuesto referencial

Sin perjuicio de lo indicado, se deberá revisar la normativa vigente para determinar el presupuesto referencial.

9. Plazo, cronograma valorado y forma de pago

Deberá definirse el plazo de la elaboración de los estudios en meses. Presentar el cronograma de trabajo que deberá incluir valores y ser consistente tanto con las actividades y los productos a ser desarrollado por cada fase (factibilidad y diseño definitivo). Se resumirá los plazos en la Tabla 4.

Tabla 4: Cronograma valorado y forma de pago de productos

Productos	Plazo de entrega	% del Monto total	Monto
Producto 1	En meses	En porcentaje	En USD
Producto 2			
Producto 3			

10. Características del proveedor

10.1. Perfil del proveedor

Indicar los requisitos que deberá cumplir el proveedor que realizará el estudio, como años de experiencia, proyectos realizados, entre otros, que para el caso deberán demostrar experiencia en el diseño de proyectos de riego y drenaje

10.2. Personal básico requerido

Detallar el personal mínimo requerido que se le exigirá al consultor para que realice el estudio respectivo, deberá considerar un equipo multidisciplinario integrado mínimamente por: Ingenieros civiles, agrónomos, agrícolas, sociólogos, ambientales, geógrafos, con experiencia en diseño y gestión de proyectos de riego y drenaje.

11. Métodos de transferencia de conocimiento y/o tecnología

Establecer la forma en que el consultor deberá transferir los conocimientos y/o tecnología al personal de la entidad proponente, ejemplo; cursos, charlas, talleres, capacitación in situ, entre otros.

2. Documentos habilitantes

Para solicitar el informe técnico de pertinencia de los Términos de Referencia para estudios a nivel de factibilidad y diseño definitivo se deberá anexar:

- Autorización de uso y aprovechamiento del agua, vigente.
- El registro del sistema SUIA – COA-MAE, vigente.
- Cronograma de desembolsos
- Acta de conformación y legalización de las organizaciones regantes / beneficiarias;
- Acta de aceptación y conformidad de los estudios por parte de la organización beneficiaria y los acuerdos y compromisos que asume la organización, en el marco de la alianza público – comunitaria;
- En el caso de que exista convenio para la ejecución del estudio por parte de otra institución, se anexara el convenio.
- Certificación de equipos y convenios para la validación y entrega de la información generada, a través de las instituciones competentes y calificadas.⁸
- Informe de prefactibilidad, debidamente legalizado por el GAD Provincial, con firmas de responsabilidad.
- Hoja de cálculo con el detalle del presupuesto referencial
- Estudio hidrológico, para verificar la disponibilidad del caudal autorizado.

⁸ Documentación habilitante válida para estudios de gestión del conocimiento e información

Sección III FORMATO Y DIRECTRICES PARA LA PRESTACIÓN DE
PROYECTOS DE INVERSIÓN EN RIEGO Y DRENAJE

1. Formato para la presentación de proyectos

Los proyectos de inversión de riego y drenaje, deben estar estructurados con el siguiente contenido mínimo:

1. INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO
 - 1.1. Nombre del proyecto
 - 1.2. Entidad ejecutora
 - 1.3. Información general
2. DIAGNÓSTICO Y PROBLEMA
 - 2.1. Descripción de la situación actual del sector, área o zona de intervención
 - 2.2. Identificación, descripción y diagnóstico del problema
 - 2.3. Línea base del proyecto
 - 2.4. Análisis de la oferta y demanda
 - 2.5. Identificación y caracterización de la población objetivo
 - 2.6. Ubicación geográfica e impacto territorial
3. CONCORDANCIA DEL PROYECTO CON LAS POLÍTICAS Y OBJETIVOS DEL PLAN NACIONAL DE RIEGO Y DRENAJE (PNRD)
4. MARCO LÓGICO
 - 4.1. Objetivos del proyecto
 - 4.2. Indicadores de resultado
 - 4.3. Matriz de Marco lógico
5. VIABILIDAD
 - 5.1. Viabilidad técnica
 - 5.1.1. Ingeniería del proyecto
 - 5.1.2. Especificaciones técnicas
 - 5.2. Viabilidad Económica
 - 5.2.1. Metodologías utilizadas para el cálculo de la inversión total, costos de operación y mantenimiento, ingresos y beneficios
 - 5.2.2. Identificación y valoración de la inversión total, costos de operación y mantenimiento, ingresos y beneficios
 - 5.2.3. Flujo económico
 - 5.2.4. Indicadores económicos
 - 5.3. Viabilidad ambiental y sostenibilidad social
 - 5.3.1. Análisis de impacto ambiental y riesgos
 - 5.3.2. Sostenibilidad social
6. FINANCIAMIENTO Y PRESUPUESTO
 - 6.1. Presupuesto general
 - 6.2. Presupuesto y fuentes de financiamiento
 - 6.3. Cronograma de desembolsos
7. ESTRATEGIA DE INTERVENCIÓN
 - 7.1. Estructura operativa y arreglos institucionales

- 7.2. Cronograma valorado por componentes y actividades
8. ESTRATEGIA DE SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN
 - 8.1. Seguimiento a la ejecución
 - 8.2. Evaluación de resultados e impactos del proyecto
 - 8.3. Actualización de la línea base
9. RIESGOS Y VULNERABILIDAD
10. DOCUMENTOS HABILITANTES

1. Informe general del proyecto

1.1. Nombre del proyecto

Debe definir claramente el objeto del proyecto, que brinden una solución óptima a las diferentes necesidades en un área de influencia, estará compuesto por:

- La acción a realizarse, que debe responder a la pregunta ¿Qué se va a hacer?, por ejemplo: Construcción, rehabilitación, ampliación, tecnificación, generación de información
- El objeto de dicha acción responde a la pregunta ¿Sobre qué?, por ejemplo: del sistema de riego.
- Localización específica, por ejemplo, parroquia, cantón, provincia

Ejemplo: Rehabilitación del sistema de riego San Pedro de la parroquia Bellavista, Cantón Santa Rosa, Provincia de el Oro.

1.2. Entidad Ejecutora

Se deberá indicar “Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de...”, en el caso de que exista convenio para la ejecución del estudio por parte de otra institución, se adicionará el nombre y se anexará el convenio, como documento habilitante.

1.3. Información general

La información general del proyecto se registrará en una tabla conforme los siguientes formatos

Tabla 5: Información general del proyecto para riego

Nombre del proyecto:				Código¹:	
Tipo de proyecto ² :					
Plazo de ejecución del proyecto (meses):					
Ubicación	Provincia:			Autorizaciones	
	Cantón (es):			No. de proceso Autorización del Agua	
	Parroquia (s):			Código de proyecto SUIA	
	Comunidad (es):				
Coordenadas del área intervenida		X	Y	Cota: m.s.n.m.	
Esquina superior izquierda					
Esquina inferior izquierda					
Esquina superior derecha					
Esquina inferior derecha					
Organización beneficiaria:					
Institución ejecutora:					
Caudal Autorizado (l/s):		Caudal de diseño (l/s):			
Superficie Potencial de riego (ha) ³ :		No. de familias Beneficiadas con el proyecto			
Superficie regada actual (ha)		No. de Beneficiarios directos			
Superficie intervenida con el proyecto (ha):		No. Beneficiarios indirectos			
Superficie promedio por usuario (ha):		UPAS		Tipo de riego	
Inversión por hectárea (USD/ha)		Inversión por familia (USD/UPA):		Relación beneficio/costo (USD):	
Presupuesto sin I.V.A. del proyecto		Aporte competencia:		US \$	
		Aporte GAD:		US \$	
		Aporte de beneficiarios:		US \$	
		Otros aportes:		US \$	
		Total:		US \$	
Coordinación institucional ⁴					
Personas de contactos:		Datos	Técnico GADP	Presidente de la Organización	
		Nombre y apellido:			
		Teléfono Celular:			
		Correo electrónico			

Donde:

- Para uso exclusivo de MAATE.
- Descrito en la sección I literal 5.
- Corresponde a la superficie bajo infraestructura que es susceptible a ser regada.
- Incluir las instituciones con quienes se esté realizando algún tipo de articulación.

Tabla 6: Información general del proyecto para drenaje

Nombre del proyecto:				Código¹:	
Tipo de proyecto ² :					
Plazo de ejecución del proyecto (meses):					
Ubicación	Provincia:			Autorizaciones	
	Cantón (es):			Código de proyecto SUIA	
	Parroquia (s):				
	Comunidad (es):				
Coordenadas del área intervenida:		X	Y	Cota: m.s.n.m.	
Esquina superior izquierda					
Esquina inferior izquierda					
Esquina superior derecha					
Esquina inferior derecha					
Organización beneficiaria:					
Institución ejecutora:					
Caudal a drenar (l/s):				Caudal de diseño (l/s):	
Superficie total drenada(ha):				No. de familias Beneficiadas con el proyecto	
Superficie drenada actual (ha)				No. de Beneficiarios directos	
Superficie promedio por usuario (ha):				No. Beneficiarios indirectos	
Kilómetros de drenaje a realizar	Rehabilitados (km)			Tipo de drenaje	Superficial
	Construcción (km)				Subsuperficial
Inversión por hectárea (USD/ha)				Inversión por familia (USD/UPA):	Relación beneficio/costo (USD):
Presupuesto sin I.V.A. del proyecto		Aporte competencia:		US \$	
		Aporte GAD:		US \$	
		Aporte de beneficiarios:		US \$	
		Otros aportes:		US \$	
		Total:		US \$	
Coordinación institucional ³ :					
Persona de contacto:		Datos	Técnico GADP	Presidente de la Organización	
		Nombre y apellido			
		Teléfono Celular:			
		Correo electrónico:			

Donde:

- Para uso exclusivo de MAATE.
- Detallar si es nuevo, rehabilitación, mejoramiento o ampliación.
- Incluir las instituciones con quienes se esté realizando algún tipo de articulación.

2. Diagnóstico y problema

2.1. Descripción de la situación actual del sector, área o zona de intervención

En la descripción de la situación actual del sector, área o zona de intervención del proyecto se deberá describir, analizar y diagnosticar el escenario actual o existente de los componentes sociales, demográficos, económicos, ambientales, organizativos, capacidades del sector, área o zona de intervención y de influencia por el desarrollo del proyecto, considerando: localización, límites, áreas protegidas (todos sus subsistemas), recursos naturales: agua, aire, suelo, flora y fauna, población desagregada por sexo, nacionalidades y pueblos y edad; educación, salud,

dotación de servicios básicos, accesibilidad vial, accesibilidad sin barreras, entre otros datos relevantes se incluirá también un resumen de la ubicación administrativa (ver Tabla 7)

Tabla 7 Ubicación administrativa:

Provincia		Parroquia(s)	
Cantón(es)		Comunidad (es)	

Actividades agrícolas:

Describir las actividades agrícolas que se desarrollan actualmente en la zona del proyecto, tales como tenencia de la tierra, cultivos actuales, pastizales, bosques y actividades pecuarias principales según sea el caso.

Tabla 8: Tenencia de la tierra

Tipo de productor*	Número de familias	Superficie promedio (ha)**	Total superficie (ha)
Pequeños			
Medianos			
Grandes			

*Caracterizar con rangos que permitan identificar la estructura agropecuaria local.

**La tenencia de tierra varía y depende de la región; en la sierra se puede considerar como pequeños productores en el rango de 0 a 1 ha, de 1,1 a 5 ha como medianos productores, en la costa en el rango de 1 a 20 ha como pequeños y en la Amazonía de 1 a 50 ha como pequeños.

Tabla 9: Cultivos actuales, pastizales, bosques y rendimientos

Cultivo*	Área (ha)	Mes de siembra	Mes de cosecha	Rendimiento	Unidad

*Se debe considerar todos los cultivos (ciclo corto, anuales, perennes), pastizales naturales y artificiales, bosques plantaciones, entre otros.

Tabla 10: Principales especies pecuarias (animales) y rendimientos

Especie	No de animales/ familias	Rendimiento*	Unidad

*Esta columna se debe llenar en el caso de que lo amerite, por ejemplo, en el caso de ganado vacuno, lechero, piscicultura, etc.

Análisis de las áreas cultivadas bajo riego:

Realizar un análisis de las áreas cultivadas bajo riego en el sistema o zona donde se pretende implementar el proyecto.

Tabla 11: Áreas cultivadas bajo riego

Cultivos	Área (ha)	Requerimientos hídricos promedio por cultivo (l/s/año)*

*Datos referenciales de fuentes oficiales.

Análisis de las áreas con potencial para riego:

Realizar un análisis del área con potencial para riego dentro del sistema o zona donde se pretende implementar el proyecto, las cuales están identificadas básicamente por medio de la capacidad de uso de la tierra (clases agrológicas) correlacionándolo con las áreas con potencial para riego (clases de déficit de lluvia).

Descripción del nivel organizativo de los usuarios del agua para riego:

Detallar el nivel organizativo de los usuarios del sistema: describir el tipo de organización, número de acuerdo o resolución ministerial que les otorga la personería jurídica, registro de directiva vigente, número de usuarios, si cuenta con el padrón de usuarios legalizado y registrado en la institución zonal, si existen estatutos y reglamentos que establecen estos con respecto a los aportes (mingas y tarifas), los derechos de agua, manejo y reparto del agua, aportes de los usuarios, conflictos, entre otros.

2.2. Identificación, descripción y diagnóstico del problema

En esta sección se debe definir la situación negativa que afecta a la población. Es necesario determinar las características generales más relevantes del mismo, sus causas y los aspectos que lo rodean y que pueden ser importantes en el momento de buscar una solución.

Debe existir claridad sobre el problema planteado, es importante especificar la problemática de acceso al agua para riego en la producción agropecuaria, tiene varias soluciones técnicas, que deber ser resueltas de manera integral, esto es la con la implementación del proyecto integral de riego.

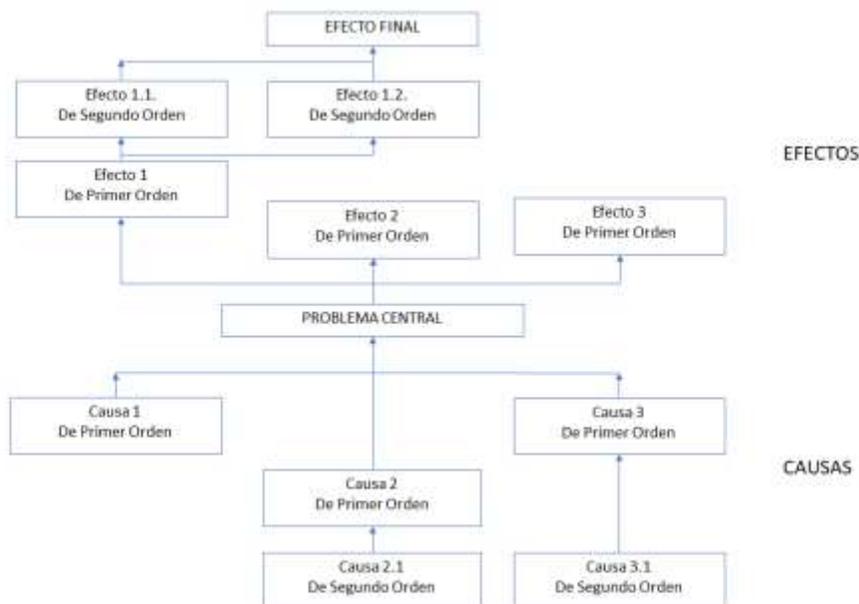
Se buscará la mayor concreción posible en la identificación del problema o necesidad, determinando los aspectos específicos y las características más importantes, las posibles causas, repercusiones y las condiciones en que se está presentando dicha situación, visibilizando las brechas de desigualdad de acceso al servicio de riego en grupos sociales excluidos.

La identificación y descripción de un problema o necesidad requiere de la participación directa de los involucrados e involucradas; las organizaciones, aplicando metodologías participativas en talleres, elaborar la identificación y descripción de un problema validado por la población, beneficiaria para que se involucren en el proyecto propuesto.

La identificación del problema, así como sus causas y efectos puede representarse en un “árbol de problemas”, que permite identificar y delimitar con facilidad la problemática a tratar, así como sus

soluciones, además de ayudar a identificar los actores en cada una de las etapas que se resume en la siguiente ilustración:

Ilustración 1 Árbol de Problemas



Se resumirá la información del estudio de diagnóstico realizado por el GAD Provincial, el cual incluirá el árbol de problemas.

2.3. Línea base del proyecto

La línea base establece la situación actual de los componentes del proyecto, considerando aspectos sociales, demográficos, económicos, ambientales, organizativos, capacidades, etc., sobre los cuales el proyecto va a influir.

La línea base debe contener indicadores cuantificados y desagregados en los ámbitos económico, social y ambiental, desagregados por sexo, nacionalidades, pueblos y edad, que permitirán medir el impacto del proyecto, y servirá para la construcción de metas e indicadores del mismo y que permitan dar a conocer la dinámica socio ambiental y de influencia en el territorio en donde se ejecutará el proyecto.

Los indicadores de línea base están relacionados con las condiciones previas a la realización del proyecto y deben estar en plena concordancia con los resultados que se pretende alcanzar con la ejecución del proyecto y su relación con el cumplimiento de las metas del Plan Nacional de Riego y Drenaje.

2.4. Análisis de la oferta y demanda del servicio de riego y/o drenaje

Oferta

Se debe identificar y analizar el comportamiento y evolución del servicio de riego o drenaje, en el área de influencia del proyecto, estimar su capacidad actual y el estado de la prestación del servicio.

Un aspecto que se debe tomar en cuenta es la necesidad de optimizar el servicio de riego, específicamente donde exista infraestructura que funcione debajo de su capacidad.

Demanda

Población de referencia: Es la población total del área de influencia del proyecto.

Población demandante potencial: Es la parte de la población de referencia que potencialmente requiere el acceso al agua de riego o el servicio de drenaje, para la producción agropecuaria, pero no necesariamente lo requerirá del proyecto.

Población demandante efectiva: Es aquella población que requiere y demanda efectivamente los bienes o servicios ofrecidos por el proyecto.

Luego de haber establecido la demanda actual, se procede a proyectar la misma (a través de la utilización de tasas de crecimiento poblacionales oficiales) para la vida útil o período de diseño del proyecto, lo cual es fundamental, desde el punto de vista de la cobertura que éste llegue a tener.

Estimación del Déficit o Demanda Insatisfecha (oferta – demanda)

Sobre la base del balance oferta – demanda se establecerá el déficit o población carente, actual y futura, que es aquella parte de la población demandante efectiva que necesitará el servicio ofrecido por el proyecto, es decir, que requiere del bien o servicio pero no cuenta con ninguna fuente que se lo provea. En algunos casos, cuando no exista ninguna otra fuente de oferta de los bienes o servicios, el déficit corresponderá a la totalidad de la demanda existente.

2.5. Identificación y caracterización de la población objetivo

Es la descripción cualitativa y cuantitativa de la información básica del proyecto, que permite establecer la situación actual de la zona de intervención, contiene indicadores cuantificados que permitirán medir el impacto del proyecto, y servirá para la construcción de metas e indicadores. Las fuentes de información pueden ser Censo Nacional Poblacional del 2010, Censo Nacional Agropecuario del 2000, el ESPAC (encuesta de superficie y producción agropecuaria continúa elaborada por el INEC), planes de desarrollo y ordenamiento territorial de la provincia, encuestas de campo, entre otros.

Tabla 12: Población beneficiaria

Población	Número
Población objetivo	
Población rural cantonal (indirectos)	
Población rural provincial (indirectos)	

2.6. Ubicación geográfica e impacto territorial

Consiste en georreferenciar los proyectos de inversión, para lo cual se establecerá la ubicación geográfica de la zona de riego, en este caso se deberá delimitar el polígono correspondiente al área de influencia del proyecto de inversión (superficie de riego potencial y en drenaje, la superficie total drenada) y definir las coordenadas UTM de los vértices más extremos (área).

Para el levantamiento de puntos se puede utilizar herramientas como: GPS-Diferencial o Estación Total, y Cartas Topográficas. Es importante, una vez obtenidos estos puntos se detalle la herramienta utilizada y la metodología con la cual se obtuvieron las coordenadas de los puntos, mismas que deben presentarse, según sea el caso, en la Tabla 13:

Tabla 13 Ubicación geográfica

Área Nro.	Punto extremo superior izquierdo			Punto extremo inferior derecho			Superficie potencial bajo riego (ha)
	X (m)	Y (m)	Cota (m.s.n.m.)	X (m)	Y (m)	Cota (m.s.n.m.)	
Área 1							Área 1(ha)=
Área 2							Área 2(ha)=
Área 3							Área 3(ha)=

En caso de disponer información geoespacial digital en este punto se deberá colocar un mapa con la ubicación del área a intervenir y anexar al proyecto el respaldo digital de la información en formato shape file (shp). Caso contrario, esta actividad se desarrollará a mayor detalle en el componente social.

3. Concordancia del proyecto con las políticas y objetivos del plan nacional de riego y drenaje (PNRD)

El proyecto debe aportar y estar alineado a los objetivos y metas del PNRD. Detallar como el proyecto aporta a cada una de los objetivos del PNRD y su relación con las estrategias y principios; debe describirse cualitativa y cuantitativamente su aporte a las metas establecidas en el PNRD.

4. Marco lógico

4.1. Objetivos del proyecto

Objetivos Específicos:

Es la meta que se desea alcanzar y/o modificar a partir de la situación actual en la zona de intervención, a través de la ejecución del proyecto. Debe estar alineado a las políticas y objetivos del Plan Nacional de Riego y Drenaje (PNRD).

Objetivos Específicos:

Hacen referencia a acciones más concretas, precisas y necesarias de cumplir o desarrollar, las cuales contribuyen a lograr el objetivo general propuesto. Identifican de forma más clara lo que se pretende alcanzar con el proyecto, se planteará un objetivo por cada uno de los componentes del proyecto que son:

- Objetivo específico del componente infraestructura / equipamiento:
- Objetivo específico del componente productivo:
- Objetivo específico del componente social:
- Objetivo específico del componente ambiental:

4.2. Indicadores de resultado

Por cada componente se presentarán indicadores que permitan describir los resultados logrados al finalizar la ejecución del proyecto, los mismos que deben ser observables y medibles. Los indicadores deben estar enfocados, ser claros y específicos en función de las características que demanda el proyecto en particular como: cantidad, calidad, tiempo y medios verificables.

Adicionalmente, deben incluir las metas que reflejen la situación al finalizar dicha etapa del proyecto. Estos indicadores se originan de la matriz de marco lógico, deben especificar cantidad, calidad de los resultados por alcanzar en un tiempo determinado y hacer referencia a la línea base.

- Indicador/es componente infraestructura/equipamiento:
- Indicador/es componente productivo:
- Indicador/es componente social:
- Indicador/es componente ambiental:

4.3. Matriz de Marco lógico

Es la matriz en la que se resume el ejercicio de planificación del proyecto, en la cual se visualiza de forma integral y coherente la lógica de intervención del proyecto en una forma articulada y ordenada, donde concuerdan objetivos, componentes, actividades, metas, indicadores, medios de verificación y supuestos del proyecto, lo cual permite tener una imagen global de la conceptualización, diseño, ejecución y contribuye a la evaluación del proyecto.

La metodología a seguir para obtener la matriz de marco lógico contempla una serie de pasos que incluyen:

- Análisis de involucrados: Consiste en identificar los grupos de actores que intervienen en el proyecto;
- Análisis de problemas: Identificación de los problemas de raíz que se desea intervenir, así como sus causas y efectos (Ver Ilustración 1)
- Análisis de objetivos: Consiste en describir la situación futura que se desea llegar con el proyecto, resolviendo el problema o necesidad;

- Análisis de alternativas: Son las acciones o estrategias a llevar a cabo para solucionar el problema raíz;
- Estructura analítica del proyecto: Es la esquematización de la estrategia de solución con los objetivos y la acción más viable a implementar. Es la base de la construcción de la matriz de marco lógico:
- Resumen narrativo del proyecto: Es la ordenación de los niveles de la estructura analítica del proyecto sobre la matriz de marco lógico, misma que se detalla en la Tabla 14.

Tabla 14: Matriz de marco lógico

Lógica de intervención	Indicadores de cumplimiento	Medios de verificación	Supuestos
Fin: Es la definición de cómo el proyecto contribuirá a la solución del (los) problema (s) en cuestión.	Los indicadores a nivel de fin, miden el impacto general que tendrá el proyecto en el mediano plazo, una vez que el proyecto esté en funcionamiento. Son específicos en términos de cantidad, calidad y tiempo.	Son las fuentes de información que un evaluador puede utilizar para verificar que se han alcanzado los indicadores. Pueden incluir material publicado, inspección visual, encuestas por muestreo, listas de participantes desagregadas por sexo, nacionalidades y pueblos y edad (en caso de disponibilidad).	Los supuestos indican los eventos, las condiciones o las decisiones importantes o necesarias para la sostenibilidad en el tiempo de los objetivos del Fin...
Propósito (Objetivo General) El Propósito es el objetivo a ser alcanzado por la utilización de los componentes producidos por el proyecto. Es una hipótesis sobre el resultado que se desea lograr.	Los indicadores a nivel de Propósito describen los resultados logrados al finalizar la ejecución del proyecto. Deben incluir metas que reflejen la situación al finalizar dicha etapa del proyecto. Cada indicador especifica cantidad, calidad y tiempo de los resultados por alcanzar y hacen referencia a la línea base...	Los medios de verificación son las fuentes que el ejecutor y el evaluador pueden consultar para ver si los objetivos se están logrando. Pueden indicar que existe un problema y sugieren la necesidad de cambios en los componentes del proyecto. Pueden incluir material publicado, inspección visual, encuestas por muestreo.	Los supuestos indican los acontecimientos, las condiciones o las decisiones que están fuera del control del gerente del proyecto (riesgos) que deben ocurrir para que el proyecto logre el Fin
Componente infraestructura/ equipamiento: (Objetivo específico) Son las obras, y el equipamiento que se requiere que complete el ejecutor del proyecto para lograr su propósito. Estos deben expresarse en trabajo terminado (sistemas instalados, bombas instaladas, etc...	Los indicadores de los componentes son descripciones breves, pero claras de cada uno de los componentes que tiene que terminarse durante sus ejecuciones. Cada uno debe especificar cantidad, calidad, tiempo y oportunidad de las obras, servicios, etc. que deberán entregarse. Además deben contener elementos de la línea base incluyen las metas del componente infraestructura / equipamiento.	Este casillero indica dónde el evaluador puede encontrar las fuentes de información para verificar que los componentes que han sido contratados o elaborados, han sido entregados. Las fuentes pueden incluir inspección del sitio, los informes del auditor, etc.	Los supuestos son los acontecimientos, las condiciones o las decisiones (fuera del control del gerente del proyecto) que tienen que ocurrir para que los componentes del proyecto alcancen el Propósito para el cual se llevaron a cabo.

Lógica de intervención	Indicadores de cumplimiento	Medios de verificación	Supuestos
<p>Componente productivo: (Objetivo específico)</p> <p>Son los servicios y la capacitación que se requiere que complete el ejecutor del proyecto para lograr su propósito. Estos deben expresarse en trabajo terminado (sistemas instalados, gente capacitada, etc.</p>	<p>Los indicadores de los componentes son descripciones breves, pero claras de cada uno de los componentes que tiene que terminarse durante sus ejecuciones.</p> <p>Cada uno debe especificar cantidad, calidad, tiempo y oportunidad de las obras, servicios, etc. que deberán entregarse. Además deben contener elementos de la línea base incluyen las metas del componente infraestructura / equipamiento.</p>	<p>Este casillero indica dónde el evaluador puede encontrar las fuentes de información para verificar que los componentes que han sido contratados o elaborados, han sido entregados. Las fuentes pueden incluir inspección del sitio, los informes del auditor, etc.</p>	<p>Los supuestos son los acontecimientos, las condiciones o las decisiones (fuera del control del gerente del proyecto) que tienen que ocurrir para que los componentes del proyecto alcancen el Propósito para el cual se llevaron a cabo.</p>
<p>Componente social: (Objetivo específico)</p> <p>Los componentes son los, servicios y capacitación que se requiere que complete el ejecutor del proyecto para lograr su propósito. Estos deben expresarse en trabajo terminado (sistemas instalados, gente capacitada, etc.</p>	<p>Los indicadores de los componentes son descripciones breves, pero claras de cada uno de los componentes que tiene que terminarse durante sus ejecuciones.</p> <p>Cada uno debe especificar cantidad, calidad, tiempo y oportunidad de las obras, servicios, etc. que deberán entregarse. Además deben contener elementos de la línea base incluyen las metas del componente infraestructura / equipamiento.</p>	<p>Este casillero indica dónde el evaluador puede encontrar las fuentes de información para verificar que los componentes que han sido contratados o elaborados, han sido entregados. Las fuentes pueden incluir inspección del sitio, los informes del auditor, etc.</p>	<p>Los supuestos son los acontecimientos, las condiciones o las decisiones (fuera del control del gerente del proyecto) que tienen que ocurrir para que los componentes del proyecto alcancen el Propósito para el cual se llevaron a cabo.</p>
<p>Componente ambiental: (Objetivo específico)</p> <p>Los componentes son los, servicios y capacitación que se requiere que complete el ejecutor del proyecto para lograr su propósito. Estos deben expresarse en trabajo terminado (sistemas instalados, gente capacitada, etc.</p>	<p>Los indicadores de los componentes son descripciones breves, pero claras de cada uno de los componentes que tiene que terminarse durante sus ejecuciones.</p> <p>Cada uno debe especificar cantidad, calidad, tiempo y oportunidad de las obras, servicios, etc. que deberán entregarse. Además deben contener elementos de la línea base incluyen las metas del componente infraestructura / equipamiento.</p>	<p>Este casillero indica dónde el evaluador puede encontrar las fuentes de información para verificar que los componentes que han sido contratados o elaborados, han sido entregados. Las fuentes pueden incluir inspección del sitio, los informes del auditor, etc.</p>	<p>Los supuestos son los acontecimientos, las condiciones o las decisiones (fuera del control del gerente del proyecto) que tienen que ocurrir para que los componentes del proyecto alcancen el Propósito para el cual se llevaron a cabo.</p>
<p>Actividades del componente: infraestructura / equipamiento</p> <p>Estas Actividades son las tareas que el ejecutor tiene que cumplir para completar cada uno de los</p>	<p>Este casillero contiene el presupuesto para cada actividad/componente a ser entregado en el proyecto</p>	<p>Este casillero indica en dónde un evaluador puede obtener información para verificar si el presupuesto se gastó como estaba planeado. Normalmente constituye el registro</p>	<p>Los supuestos son los acontecimientos, condiciones o decisiones (fuera de control del gerente del proyecto) que tienen que suceder para completar los</p>

Lógica de intervención	Indicadores de cumplimiento	Medios de verificación	Supuestos
Componentes del proyecto. Se hace una lista de actividades en orden cronológico. Las actividades son aquellas que realizará la entidad ejecutora		contable de la entidad ejecutora	componentes del proyecto
Actividades del componente productivo Estas Actividades son las tareas que el ejecutor tiene que cumplir para completar cada uno de los Componentes del proyecto. Se hace una lista de actividades en orden cronológico. Las actividades son aquellas que realizará la entidad ejecutora	Este casillero contiene el presupuesto para cada actividad/componente a ser entregado en el proyecto	Este casillero indica en dónde un evaluador puede obtener información para verificar si el presupuesto se gastó como estaba planeado. Normalmente constituye el registro contable de la entidad ejecutora	Los supuestos son los acontecimientos, condiciones o decisiones (fuera de control del gerente del proyecto) que tienen que suceder para completar los componentes del proyecto
Actividades del componente social Estas Actividades son las tareas que el ejecutor tiene que cumplir para completar cada uno de los Componentes del proyecto. Se hace una lista de actividades en orden cronológico. Las actividades son aquellas que realizará la entidad ejecutora	Este casillero contiene el presupuesto para cada actividad/componente a ser entregado en el proyecto	Este casillero indica en dónde un evaluador puede obtener información para verificar si el presupuesto se gastó como estaba planeado. Normalmente constituye el registro contable de la entidad ejecutora	Los supuestos son los acontecimientos, condiciones o decisiones (fuera de control del gerente del proyecto) que tienen que suceder para completar los componentes del proyecto.
Actividades del componente ambiental Estas Actividades son las tareas que el ejecutor tiene que cumplir para completar cada uno de los Componentes del proyecto. Se hace una lista de actividades en orden cronológico. Las actividades son aquellas que realizará la entidad ejecutora	Este casillero contiene el presupuesto para cada actividad/componente a ser entregado en el proyecto	Este casillero indica en dónde un evaluador puede obtener información para verificar si el presupuesto se gastó como estaba planeado. Normalmente constituye el registro contable de la entidad ejecutora	Los supuestos son los acontecimientos, condiciones o decisiones (fuera de control del gerente del proyecto) que tienen que suceder para completar los componentes del proyecto

5. Viabilidad ⁹

La viabilidad consiste en determinar las posibilidades que tiene el proyecto para cumplir los objetivos planteados en el período previsto de duración del mismo. Se deberá realizar un análisis para comprobar la viabilidad social y económica de tal forma que los resultados obtenidos nos permitirán concluir si es conveniente llevar a cabo el proyecto o si hay que realizar alguna modificación.

5.1. Viabilidad técnica

Para solicitar la viabilidad del proyecto, se deberá adjuntar los expedientes de los estudios que sustentan cada componente, debidamente firmados

5.1.1. Ingeniería del proyecto

Se realizará una descripción detallada de los componentes, procesos, metodologías e insumos que se tiene previsto utilizar para la ejecución del proyecto. Se deben detallar las actividades a realizar dentro de cada componente (infraestructura/equipamiento, productivo, social, ambiental) en función de los resultados obtenidos de los estudios técnicos de base realizados anteriormente.

Componente infraestructura / equipamiento

Describir el análisis que establezca los criterios y parámetros de diseño técnico para la construcción de infraestructura y equipamiento a nivel de captación, conducción, distribución, almacenamiento, obras adicionales y/o complementarias, las mismas que deberán resumirse en las siguientes tablas:

Tabla 15 Obras de captación

Tipo de obra	Materiales de construcción	Capacidad (l/s)	Detalles de la obra

Se deberá instalar un sistema para la medición del caudal como: regletas limnimétricas, radares o sensores de precisión, en función del caudal autorizado

Tabla 16 Obras de conducción

Tipo de obra	Longitud(m)	Material de construcción	Capacidad (l/s)	Velocidad agua (m/s)	Pérdida carga (m.c.a)

⁹ Para la viabilidad se debe considerar los umbrales críticos de los criterios de priorización como: inversión por hectárea incremental (no exceder los 13.000 USD/ha); Inversión por familia beneficiaria (no exceder los 5.000 USD/UPEA); riqueza generada (superior a 500 USD/ha); generación de empleo (superior a 0,5 UTH/ha); impacto ambiental (inferior a impactos graves)

Tabla 17: Obras de distribución

Tipo de obra	Longitud (m)	Material de construcción	Capacidad (l/s)	Velocidad agua (m/s)	Pérdida carga (m.c.a)

Tabla 18: Obras de Almacenamiento

Tipo de obra	Material de Construcción	Longitud (m)	Ancho (m)	Profundidad (m)	Capacidad (m3)

Componente productivo

Se detallará las actividades a desarrollarse en este componente. La información relevante que debe contemplarse es del plan productivo del proyecto, detallando por cultivos existentes y nuevos por implementar, con sus respectivos rendimientos potenciales, calendario agrícola y plan de comercialización del producto, esto con la finalidad de darle una sostenibilidad al proyecto. La información del plan se deberá resumir en la Tabla 19.

Tabla 19: Propuesta agro productiva: cultivos a implementar y rendimientos potenciales

Cultivo	Área (ha)	Mes de siembra	Mes de cosecha	Rendimientos potenciales	Unidad

Se debe realizar el análisis de la situación actual del sistema de riego antes del proyecto y cuál será la proyección en cuanto a incremento de la productividad, rendimientos y rentabilidad en función del mercado después de la implementación del proyecto, con lo cual se podrá determinar los cambios e impactos que el proyecto está dejando a los usuarios del sistema de riego.

De la misma manera, se debe realizar un análisis y/o propuesta de cambios o mejoras en el patrón de cultivos y de ser viable de crianzas (animales); ya que, con la implementación o mejoras en la eficiencia de los sistemas de riego y drenaje, se permitirá acceder a nuevos cultivos, variedades o asociaciones que se puedan desarrollar gracias al riego.

Tabla 20: Principales crianzas (animales) a implementar y rendimientos potenciales

Especie	No. de animales/ familias	Rendimiento	Unidad

De igual manera el plan productivo contendrá las actividades que se contemplen para su manejo agronómico de la propuesta agro-productiva, así como también, las actividades y estrategias del plan de comercialización para los productos, determinando los canales de comercialización más adecuados para su posicionamiento en el mercado.

Componente social

Las actividades del componente social contempladas en la ingeniería del proyecto deberán indicar las normas, exigencias y procedimientos a ser empleados y aplicados en todas las actividades que permitan verificar su vinculación al aspecto socio organizativo, y se establecerá su impacto en esta área. Esta sección deberá puntualizar acciones específicas necesarias para lograr la implementación del proyecto entre las cuales se podrá considerar:

- Plan de fortalecimiento a las organizaciones de usuarios beneficiarias, señalando metodología, número de beneficiarios, técnicas de fortalecimiento.
- Desarrollo de herramientas de gestión del servicio de riego, como pliegos tarifarios, actualización de padrón de usuarios y planes de Administración, operación y mantenimiento.
- Las actividades de carácter administrativo y legal; que permitan la actualización de su normativa interna, estatutos y reglamentos y la gestión del sistema de riego y drenaje, que garantice la sostenibilidad del proyecto y brinden una prestación efectiva del servicio.

Componente ambiental

Las actividades del componente ambiental deben observar lo establecido en el estudio de diseño definitivo y el Sistema Único de Información Ambiental – CIU en su Catálogo de actividades del CIU activas en el Sistema de Regulación Ambiental: considerando que este, no determina una categorización específica para la implementación de proyectos de riego y drenaje, sin embargo existe los siguientes:

Tabla 21: Actividades CIU activas en el Sistema de Regulación Ambiental

Código	Nombre
A0161.04	Manejo de sistemas de riego con fines agrícolas.
A0161.04.01	Manejo de sistemas de riego con fines agrícolas.
E3600.03	Operación de canales de riego.
E3600.03.01	Operación de canales de riego.
F4220.11	Construcción de obras de ingeniería civil relacionadas con: tuberías urbanas, construcción de conductos principales y acometidas de redes de distribución de agua sistemas de riego (canales), estaciones de bombeo, depósitos.
F4220.11.01	Construcción de obras de ingeniería civil relacionadas con: tuberías urbanas, construcción de conductos principales y acometidas de redes de distribución de agua sistemas de riego (canales), estaciones de bombeo, depósitos.

Código	Nombre
F4322.01	Instalación en edificios y otros proyectos de construcción de: sistemas de calefacción (eléctricos, de gas y de gasóleo), calderas, torres de refrigeración, colectores de energía solar no eléctricos, equipo de fontanería y sanitario, equipo y conductos de ventilación, refrigeración o aire acondicionado, conducciones de gas, tuberías de vapor, sistemas de aspersores contra incendios, sistemas de riego por aspersión para el césped.
F4322.01.01	Instalación en edificios y otros proyectos de construcción de: sistemas de calefacción (eléctricos, de gas y de gasóleo), calderas, torres de refrigeración, colectores de energía solar no eléctricos, equipo de fontanería y sanitario, equipo y conductos de ventilación, conducciones de gas, tuberías de vapor, sistemas de aspersores contra incendios, sistemas de riego por aspersión para el césped. (Incluye ampliaciones, reparaciones, reformas y mantenimiento).
F4312.04.01	Construcción de drenaje de terrenos de construcción incluido tierras agrícolas o forestales.
E3600.01.01	Actividades de captación de agua de: ríos, lagos, pozos, lluvia etcétera; purificación de agua para su distribución; tratamiento de agua para uso industrial y otros usos; distribución de agua por medio de: tuberías, camiones (tanqueros) u otros medios, a usuarios residenciales, comerciales, industriales y de otro tipo.
F4220.12.02	Perforación de pozos de agua.
F4390.93.01	Construcción de obras subterráneas: profundización (perforación) de pozos
M7110.34.01	Actividades geológicas y de prospección: medición y observación de superficie para determinar la estructura del subsuelo, la ubicación de yacimientos de petróleo, gas natural, minerales y depósitos de aguas, subterráneos; estudios Aero geofísicos.

Fuente: <https://regularizacion-control.ambiente.gob.ec/suia-iii/CatalogoActividadesCIU.jsf>

Todas las actividades ambientales a ejecutarse como parte de los proyectos deben estar enmarcadas con lo establecido con las normas y políticas emitidas por el Ministerio de Ambiente, Agua y Transición ecológica, en relación a:

Protección de fuentes de agua: consiste en realizar diversas prácticas que permitan aumentar la filtración del agua en el suelo, recargar las fuentes subterráneas; así como mejorar la captación y almacenamiento, conservando el recurso hídrico en cantidad y calidad. Entre estas prácticas se deben considerar:

- Regeneración del entorno natural (cobertura arbustiva o pastizales, reforestación con plantas endémicas), planes de manejo de ecosistemas frágiles asociados al ciclo hidrológico;
- Control de la quema no planificada; y,
- Respeto a las zonas protegidas por el MAE (parques nacionales, reservas biológicas, reservas ecológicas, reserva geobotánica, reservas de producción de flora y fauna, refugios de vida silvestre, reservas marinas, áreas nacionales de recreación).

Agricultura ambientalmente sustentable: considerar actividades relacionadas a:

- Promover la agricultura ecológica (abonos de estiércol y prácticas culturales);
- Prácticas orientadas a evitar la erosión y salinización de los suelos;
- Ejecutar prácticas de mejoramiento de suelos (surcos en dirección de la pendiente, uso adecuado de abonos orgánicos y biofertilizantes);

- Realizar prácticas de conservación de suelos: (control de la erosión, implementación de barreras muertas y vivas); y,
- Construcción de terrazas.

Calidad de agua y contaminación en el sistema de riego (desde el área aportante hasta la zona de producción): Para obtener una eficiente productividad, el agua debe ser de calidad para el uso y aprovechamiento en las actividades de regadío. Con el fin de cuidar su calidad es necesario considerar:

- Impedir la descarga de productos químicos, pesticidas y fertilizantes directamente a las fuentes de agua;
- Incentivar en los usuarios una conciencia de uso racional del agua;
- Mantener la infraestructura de las diferentes obras del sistema de riego en óptimas condiciones; y, Evitar la emisión de contaminantes que afectan la calidad del agua en la atmósfera.

Medidas de eficiencia en la conducción y uso del agua: La conservación de los suelos es importante para obtener una producción de calidad y amigable, para lograr este objetivo deben considerarse entre otras, las siguientes actividades:

- Ejecutar un plan de control periódico de filtraciones y pérdida de caudales en obras de conducción;
- Implementar obras de almacenamiento y regulación de caudales;
- Recuperar y fomentar prácticas ancestrales de irrigación, captación y manejo de agua (ej., albarradas y camellones) o tecnificadas que aseguren la eficiencia de la aplicación del recurso hídrico. Desarrollar prácticas innovadoras de captación del agua (cosecha de agua, captación de agua niebla, etc.).

Medidas de impactos del proyecto: Los impactos ambientales son alteraciones positivas o negativas del medio ambiente, los mismos que son causados directa o indirectamente por la ejecución e implementación de un proyecto. De acuerdo a la categorización y normativa establecida por el MAE¹⁰ para proyectos de riego será necesario presentar la respectiva ficha ambiental o el plan de manejo ambiental, el mismo que contendrá medidas de:

- Prevención: Son aquellas que evitarán la aparición de un impacto ambiental negativo;
- Control: Son aquellas acciones que permiten anular, corregir y/o atenuar un impacto ambiental negativo;
- Mitigación: Son aquellas acciones propuestas para disminuir la magnitud de los impactos ambientales negativos; y,
- Compensación: Son las medidas que ayudan a contrarrestar la alteración del medio donde se ejecuta la intervención y es susceptible al impacto ambiental negativo.

¹⁰ Sistema Único de Información Ambiental (SUIA).

5.1.2. Especificaciones técnicas

Detallar las características físicas y técnicas de los materiales, suministros, equipos y servicios contemplados en los componentes del proyecto para su ejecución. Contemplan, los siguientes ítems:

- Definición: Donde se describe en forma concisa a que ítem de la obra o estructura se refiere.
- Materiales y herramientas: utilizados para ejecutar la tarea específica.
- Procedimiento de ejecución: donde se describe la forma en que debe ejecutarse este rubro de la obra.
- Medición: donde se describe con precisión como se efectuará la medición de este rubro, una vez ejecutado para proceder al pago correspondiente.
- Forma de pago: donde se detalla cómo será pagado y que se comprende exactamente en dicho pago.

5.2. Viabilidad Económica ¹¹

Se deberá explicitar los supuestos de valoración de los beneficios del proyecto y la metodología utilizada.

La viabilidad económica de un proyecto, es determinada por la diferencia entre el costo y beneficio del mismo, por cuanto es necesario realizar una comparación de los beneficios económicos del proyecto, los cuales se derivan de los beneficios sociales que generaría el proyecto (relacionado a los ahorros que pueden generar a los usuarios dado el mejoramiento de la producción agrícola producto de la intervención del proyecto); frente a los costos totales del mismo (inversión, mantenimiento, costos de conservación del proyecto). El indicador a utilizar será la relación costo/beneficio, para lo cual previamente se deberá calcular el TIR y VAN.¹²

Adicional se deberá realizar un breve análisis que considere la inversión del proyecto por unidad de superficie (USD / ha) y de la inversión del proyecto por unidad familiar (USD / UPA).

5.3. Viabilidad ambiental y sostenibilidad social

5.3.1. Análisis de impacto ambiental y riesgos

La ejecución de un proyecto puede generar impactos positivos o negativos al ambiente. El ejecutor debe prever la forma en que los impactos negativos van a ser prevenidos, mitigados o eliminados,

¹¹ La viabilidad económica está determinada por la identificación, cuantificación (medir) y valoración de los beneficios (ahorros por costos evitados) que va a generar el proyecto. La mayoría de proyectos de desarrollo social, por sus características, no van a generar ingresos o beneficios de tipo monetario; sin embargo, generan bienestar, participación y empoderamiento en los actores y actoras, directos e indirectos.

La viabilidad económica se determina por la comparación entre los beneficios que va a generar a la sociedad la realización del proyecto, con sus costos. También se puede considerar la determinación de formas eficientes, o de bajo costo, de utilizar los recursos.

¹² Ver numeral 5.3 Viabilidad económica de la Guía para la presentación de programas y proyectos de inversión pública. Secretaría Nacional de Planificación 2021. <https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/2021/10/Gu%C3%ADas-Metodol%C3%B3gicas.rar>

de tal manera que se encuentre garantizada la sustentabilidad ambiental del proyecto, para lo cual se puede: dedicar esfuerzos y recursos para el seguimiento y monitoreo de los aspectos ambientales generados y del entorno; promover el uso racional de los recursos renovables; minimizar el empleo de recursos no renovables; minimizar la generación de desechos sólidos, líquidos y gaseosos; y prever medidas para contrarrestar el cambio de condición de los recursos naturales del sector, área o zona influenciada por el desarrollo del proyecto. Los proyectos también pueden fomentar la sustentabilidad ambiental dedicando esfuerzos para la toma de conciencia ambiental por parte de la ciudadanía.

En esta sección el proponente deberá realizar una evaluación de las actividades a ser desarrolladas por el proyecto, con el objetivo de determinar su grado de impacto ambiental y categorizarlo de acuerdo al tipo de impacto que se genere, según lo establecido por la Autoridad Nacional Ambiental.

Los costos que implique el desarrollo del análisis de impacto ambiental, así como los costos que incurran para la obtención de la respectiva licencia ambiental, deben estar considerados en la viabilidad financiera fiscal, viabilidad económica, financiamiento y presupuesto del proyecto.

5.3.2. Sostenibilidad social

Se deberá determinar la sostenibilidad social a través de un análisis de los beneficios sociales tangibles e intangibles que traerá el proyecto.

La contribución al mantenimiento e incremento del capital social del área de influencia del proyecto debe estar garantizada a través del fomento a la equidad e igualdad social, según los enfoques de género, interculturalidad, grupos etarios y participación ciudadana. Adicionalmente el proponente del proyecto, deberá garantizar el fortalecimiento de estos grupos en varios ejes, además de propender al equilibrio de la sociedad en los aspectos económico, social y cultural, y de esta manera se genera el empoderamiento de las organizaciones hacia sus sistemas de riego.

En este apartado es necesario identificar, adicionalmente, el o los grupos de atención prioritaria, identificados en el Art. 35 de la Constitución de la República, que vayan a ser atendidos con el proyecto propuesto. El número de personas que se detallen en este campo no pueden ser superior a los registrados en el campo beneficiarios directos, tanto para hombres como para mujeres (ver Tabla 22).

Tabla 22: Beneficiarios por grupos de atención prioritaria

Grupo de atención prioritaria	Beneficiarios	Beneficiarias
Adolescentes		
Adulto mayor		
Edad infantil		
Indígenas, afroecuatorianos y montubios		
Inmigrantes		
Migrantes		
Mujeres embarazadas		
Personas con discapacidad		
Personas en situación de riesgo		
Personas privadas de la libertad		
Personas que adolezcan enfermedades catastróficas o de alta		

Grupo de atención prioritaria	Beneficiarios	Beneficiarias
complejidad		
Víctimas de desastres naturales o antropogénicos		
Víctimas de maltrato infantil		
Víctimas de Violencia doméstica o sexual		

Los proyectos a ejecutarse deberán promover el uso racional y la optimización de los recursos naturales (agua, suelo, aire, entre otros); así como la conservación de ecosistemas (páramos, humedales, bosques secos, húmedos, tropicales, entre otros); además deberán determinar estrategias y mecanismos enfocados a concienciar a la población para permitir la recuperación de los recursos más vulnerables, garantizando de esta manera la sostenibilidad ambiental.

6. Financiamiento y presupuesto

6.1. Presupuesto general

Tabla 23 presupuesto general

Componente infraestructura / equipamiento	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P Total
A.1.1.				
A.1.2.				
A.1.3.				
Subtotal componente 1	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
Componente productivo				
A.2.1.				
A.2.2.				
A.2.3.				
Subtotal componente 2	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
Componente social 3				
A.3.1.				
A.3.2.				
A.3.3.				
subtotal componente 3	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
Componente ambiental				
A.4.1.				
A.4.2.				
A.4.3.				
subtotal componente 4	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
Total sin IVA	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00

6.2. Presupuesto y fuentes de financiamiento

Tabla 24: Presupuesto detallado por componentes, actividades y fuentes de financiamiento

Detalle por componente y actividad	Montos (USD) y fuentes de financiamiento				
	Costo total	Competencia	GAD Provincial	Beneficiarios	Otros
1. Componente infraestructura / equipamiento					
A.1.1.					
A.1.2.					
A.1.3.					
Subtotal componente 1	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
2. Componente productivo					
A.2.1.					
A.2.2.					
A.2.3.					
Subtotal componente 2	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
3. Componente social					
A.3.1.					
A.3.2.					
A.3.3.					
subtotal componente 3	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
4. Componente ambiental					
A.4.1.					
A.4.2.					
A.4.3.					
subtotal componente 4	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
Total	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00

Tabla 25: Presupuesto detallado por año

Detalle por componente	Presupuesto		
	Año 1	Año 2	total
Componente infraestructura / equipamiento			
Componente productivo			
Componente social			
Componente ambiental			
Total	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00

6.3. Cronograma valorado por componentes y actividades

Tabla 26: Cronograma valorado por componente y actividad

Detalle por componente y actividad	Costo total	AÑO											
		Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
Componente infraestructura / equipamiento													
A.1.1.													
A.1.2.													
A.1.3.													
Subtotal componente 1	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
Componente productivo													
A.2.1.													
A.2.2.													
A.2.3.													
Subtotal componente 2	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
Componente social													
A.3.1.													
A.3.2.													
A.3.3.													
Subtotal componente 3	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
Componente ambiental													
A.4.1.													
A.4.2.													
A.4.3.													
Subtotal componente 4	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
Total	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00

7. Estrategia de intervención

7.1. Estructura operativa y arreglos institucionales

Consiste en detallar los arreglos institucionales para implementación y cumplimiento de las actividades por cada componente del proyecto. Se señala a detalle las funciones y obligaciones que cumplirán los diferentes actores relacionados al proyecto. Así también se indicarán los acuerdos, compromisos y alianzas entre los actores involucrados al proyecto.

8. Modelo de gestión

El modelo de gestión deberá ser una propuesta de integración de los diversos actores (públicos, privados y comunitarios) involucrados en la gestión del sistema de riego que va a ser administrado, que garantice la sostenibilidad y sustentabilidad del proyecto.

Constitucionalmente se ha determinado que la gestión y el servicio de agua serán prestados únicamente por personas jurídicas estatales o comunitarias; así, los modelos de gestión se construyen en base a las realidades locales, a las necesidades de los beneficiarios del sistema y a la oferta y demanda hídrica.

Para entrar en materia sobre el modelo de gestión, éste se dividirá en cinco estructuras de modelos de gestión generales: administrativa, técnica, organizativa-social, productiva y ambiental.

Gestión Administrativa. - Administrar la infraestructura de riego de forma eficiente, otorgando a los usuarios un servicio en cantidad y calidad requiere del uso de instrumentos y herramientas que permitan una gestión eficiente, que se puede realizar a través de alianzas público-comunitarias, convenios u otros mecanismos de cooperación, con actores estratégicos.

Los actores que formen parte del modelo de gestión serán la parte fundamental en la operatividad y funcionamiento del sistema de riego.

Gestión Técnica. - debe existir una capacidad técnica para la administración, operación y mantenimiento del sistema de riego, que conlleve a un deficiente servicio y uso del agua para riego.

Gestión Organizativa –Social. - La mayoría de las organizaciones de riego requieren ser fortalecidas, hay ausencia del cumplimiento de obligaciones establecidas en sus normativas internas y por ende la incapacidad de asumir las atribuciones y competencias de sus representantes.

En este contexto es muy importante plantear dentro del modelo de gestión una estructura de Directorio Técnico del proyecto; es decir, una vez que se haya establecido quienes participarán como aliados estratégicos en este modelo, se considerará la conformación de un Directorio Técnico del Modelo de Gestión del proyecto, en el que se establezcan las funciones y obligaciones de cada uno de ellos (GAD Provincial; GAD Parroquial- cuando hay delegación; junta de riego, entidades estatales, academia, mancomunidades, entre otros).

Funciones:

Las funciones son el grupo de tareas, actividades y obligaciones que cada uno de los actores que se integren o formen parte del modelo de gestión realizarán en el marco de sus competencias y atribuciones legales vigentes.

GAD PROVINCIAL: Financiamiento, mantenimiento de la infraestructura, de los canales, elaboración de estudios, asignación de presupuesto, ejecución del proyecto, construcción de obras y otros que son de su competencia.

ORGANIZACIÓN DE RIEGO. - Mano de obra, prestación del servicio, administración, operación y mantenimiento del sistema, actualización de padrones, cobro de tarifas de agua, fortalecimiento a los beneficiarios, entre otras, de conformidad a lo que establece la LORHUYA y la normativa interna de la organización (estatutos, reglamento interno).

GAD PARROQUIAL. - Ejecutará las funciones delegadas por el GAD Provincial de conformidad al Art. 279 del COOTAD.

OTROS ACTORES. - Solamente lo que les corresponde en función de sus atribuciones y competencias.

Gestión Productiva. -La inversión que realiza el estado en el proyecto, debe favorecer a la población beneficiaria del área de influencia del sistema de riego, por tanto, es necesario una articulación con otras instancias estatales, que coadyuven a mejorar la calidad de vida del pequeño o mediano agricultor.

Gestión Ambiental. - Fortalecer en planes de manejo de las cuencas aportantes a las captaciones del sistema para asegurar la disponibilidad de agua, reforestación, capacitación de buenas prácticas ambientales dirigida a la población, manejo de la basura y desechos sólidos que son depositados en los canales de riego, lo que ocasiona asolvamiento de los mismos, entre otros.

9. Estrategia de seguimiento y evaluación

La base para la aplicación del proceso de seguimiento y evaluación está dada en la formulación del proyecto de inversión. En este marco, la entidad debe definir los objetivos e indicadores con claridad que permitan la medición de su avance y resultados al finalizar su ejecución

9.1. Seguimiento a la ejecución

Corresponde al proceso sistemático que la institución debe realizar a un proyecto durante la etapa de ejecución, en términos del avance de metas y recursos empleados, en relación con lo programado.

El objetivo de este seguimiento es identificar resultados y deficiencias respecto a la programación planteada y tomar correctivos para optimizar los resultados previstos en el proyecto. Este procedimiento se lo realizará sobre la base de los indicadores del propósito del proyecto.

9.2. Evaluación de resultados e impactos de proyecto

Para la evaluación de resultados, en el caso de los proyectos seleccionados, se deberá definir el proceso a realizar después de su finalización, con el propósito de determinar los productos o metas alcanzadas, en base a los indicadores establecidos en la Matriz de Marco Lógico.

9.3. Actualización de la línea base

Una vez que se obtenga el financiamiento y se vaya a ejecutar el proyecto, la institución, de ser necesario, deberá actualizar la línea base

10. Riesgos y vulnerabilidad

A continuación, se propone la Tabla 27 y Tabla 28 ejemplo de preguntas tipo para que, de una manera general, se identifique las diferentes amenazas y vulnerabilidades en la infraestructura de los proyectos de riego y drenaje, las cuales permiten establecer el diagnóstico e líneas de acción a corto, mediano plazo y largo plazo y que contribuyen a reducir el riesgo en el ciclo de vida de los mismos.

Tabla 27: Consideraciones y criterios para establecer riesgos y vulnerabilidades

Consideraciones respecto a la ubicación de:	Criterios para establecer el riesgo:							
	Inundación	Lluvias intensas	Amenaza sísmica muy Alta	Laderas	Suelos inestables	Volcánico	Asentamientos	Fallas geológicas activas
Fuente de agua								
El sistema								
La captación								
Almacenamiento								
La conducción								
distribución								
Otras obras Hidráulicas								

Tabla 28: Ejemplo de preguntas tipo

Preguntas tipo	SI	NO	OBSERVACIONES
¿La ladera es propensa a deslizarse?			
¿Hay la posibilidad de contaminación de agua en sus fuentes?			
¿Los apoyos en los pasos elevados están alejados del talud de la quebrada para que no existan deslizamientos?			
En el caso de ríos, ¿los apoyos de los pasos elevados están alejados del margen del río, para que no exista socavación, ni erosión?			
¿Están las bombas y otros equipos electromecánicos del sistema ubicado por sobre la cota máxima de inundación?			
¿La estructura contempla un diseño sino resistente?			
¿La cimentación de las diferentes obras contempladas en un sistema de riego, garantiza la estabilidad de las estructuras?			

11. Documentos habilitantes y de respaldo técnico

En el caso de los documentos habilitantes, los proyectos deben venir acompañados de:

- Autorización de uso y aprovechamiento de agua de riego vigente (exceptuando los proyectos de drenaje agrícola y gestión del conocimiento e información).
- Acta de conformación y legalización de las organizaciones regantes / beneficiarias actualizadas;
- Acta de aprobación del proyecto por parte de la organización beneficiaria y los acuerdos y compromisos que asume la organización, en el marco de la alianza público – comunitaria;
- El registro del sistema SUIA – COA-MAE, vigente.
- Certificación de equipos y convenios para la validación y entrega de la información generada, a través de las instituciones competentes y calificadas.¹³
- Escrituras o títulos de propiedad de los terrenos, donde se ejecuten las obras y títulos de propiedad, escrituras, convenios de uso, comodatos, u otros instrumentos donde se instalen equipos.
- En el caso de que exista algún acuerdo con otra institución para la ejecución del proyecto, se deberá adjuntar el convenio.
- Cronograma de desembolsos

Los respaldos técnicos serán los que se describen en la Tabla 29, debidamente legalizados y con las correspondientes firmas de responsabilidad.

2. Directrices por tipo de proyecto

Los proyectos de inversión deben obtener la viabilidad técnica, por lo que se presentaran en los formatos vigentes con sus correspondientes estudios anexos, que dependerán de la tipología, alcance y/o profundidad del proyecto que se vaya a presentar conforme se establece en la Tabla 29 y considerando las directrices específicas por tipo de proyecto, conforme lo descrito en los siguientes numerales.



¹³ Documentación habilitante válida para proyectos de gestión del conocimiento e información.

Tabla 29 Resumen de estudios de respaldo

Estudios	PREINVERSIÓN/ESTUDIOS			INVERSIÓN/OBRAS			
	PREFACTIBILIDAD	FACTIBILIDAD	DISEÑO DEFINITIVO	SISTEMAS NUEVOS	REHABILITACIÓN, AMPLIACIÓN Y/O TERMINACIÓN DE SISTEMAS DE RIEGO	TECNIFICACIÓN DE SISTEMAS DE RIEGO A NIVEL PARCELARIO	DRENAJE AGRÍCOLA
Topografía	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Catastro de predios.		✓	✓	✓	✓	✓	✓
Padrón de Usuarios del sistema.	✓		✓	✓	✓	✓	✓
Hidrología	✓	✓	✓	✓		✓	✓
Estudio agronómico	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Geológico		✓	✓				
Geotecnia ¹		✓	✓	✓			
Dinámicas productivas		✓	✓	✓	✓	✓	✓
Estudio Socio-organizativo		✓	✓	✓	✓	✓	✓
Estudio hidráulico		✓	✓	✓	✓	✓	✓
Diseños estructurales			✓	✓	✓	✓	✓
Estudio Ambiental		✓	✓	✓	✓	✓	✓
Modelo de gestión			✓	✓	✓	✓	✓
Análisis de precios unitarios			✓	✓	✓	✓	✓
Presupuesto			✓	✓	✓	✓	✓
Especificaciones técnicas.			✓	✓	✓	✓	✓
Cronograma valorado de obras			✓	✓	✓	✓	✓
Plan de administración operación y mantenimiento (AOM).			✓	✓	✓	✓	✓

1 Se requerirá la memoria de geotecnia o mecánica de suelos, en toda obra que requiera diseño estructural o análisis de estabilidad de taludes, que permita mantener segura la obra y al mismo tiempo genere el menor costo de excavación posible. El Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica se reserva el derecho de solicitar estos estudios cuando no sean presentados.

1. Construcción de nuevos sistemas de riego

Este tipo de proyectos, deben provenir de la necesidad de una organización en una determinada zona y deben de contar con los estudios definitivos (ver Tabla 29), que permitan atender la problemática de acceso al agua de riego, que demuestren que se mejora los niveles de producción, el fortalecimiento de la organización que gestiona el sistema.

En base a lo establecido en los diseños definitivos, se podrá presentar el proyecto nuevo por etapas o fases, en las que se deberá identificar el número de hectáreas y beneficiarios que se atenderá con cada fase intervención.

La captación del sistema de riego debe estar diseñada de tal manera que permita realizar tareas de limpieza periódicas y de fácil ejecución, con el fin de eliminar lodos, sedimentos acumulados u otros.

2. Rehabilitación, ampliación y/o terminación de sistemas de riego

Para la rehabilitación de la Infraestructura existente de un sistema de riego (obras de captación, almacenamiento, conducción, distribución, acueductos, obras complementarias, etc.), ésta debe ser evaluada de manera integral; con un diagnóstico sustentado en un inventario georreferenciado y se podrá incluir un registro fotográfico, que permita identificar su estado

Se podrá formular estos proyectos por etapas, priorizando las intervenciones que garanticen el acceso al agua de riego, para lo cual se identificará el número de hectáreas que serán beneficiadas con cada etapa intervención.



3. Tecnificación de sistemas de riego a nivel parcelario

Los proyectos de tecnificación del riego estarán orientados al riego parcelario mediante la presurización del sistema y/o a su automatización, se sustentarán en las necesidades de elevar la eficiencia del uso del agua, para garantizar la producción de las áreas bajo riego, para lo cual se deberá:

- Realizar un análisis de las áreas cultivadas bajo riego tecnificado, en el sistema o zona donde se pretende implementar el proyecto, detallando los métodos de riego utilizados por cultivo.
- Realizar un análisis del área con potencial para riego tecnificado dentro del sistema o zona donde se pretende implementar el proyecto.

4. Drenaje Agrícola

Los proyectos de inversión de drenaje agrícola pueden ser, nuevos, de rehabilitación de infraestructura natural y existente, ampliación y/o mejoramiento.

Este tipo de proyectos, deben provenir de la necesidad de una organización en una determinada zona y deben de contar con los estudios completos que permitan atender la problemática de las superficies agrícolas con problemas de anegamiento, sustentado en los estudios definitivos, que demuestren que se mejora los niveles de producción, el fortalecimiento de la organización que gestiona.

5. Gestión del conocimiento e información

Para este tipo de proyectos, se presentará los términos de referencia de las investigaciones o los procesos de generación de información para fortalecer la gestión del riego en cada provincia, principalmente en las siguientes temáticas:

- Dotaciones de agua a los cultivos.
- Generación de información meteorológica.
- Estudios de balance hídrico para determinar la oferta de agua para riego en una zona determinada.
- Inventario de sistemas de riego y drenaje.
- Establecimiento de tarifas.
- Actualización de padrones de Usuarios.
- Instalación de centros de investigación.
- Laboratorios.
- Programas de gestión de información de sistemas de riego.

Se sustentará sobre la base del informe de diagnóstico que se presente para solventar la problemática de falta de información o generación del conocimiento para mejorar la gestión del riego y drenaje. Se podrá contemplar actividades relacionadas a:

- Equipos e infraestructura: corresponde a los materiales, equipos, maquinas, programas e infraestructura, se requiera para la recolección, procesamiento, transferencia de información y salida de datos. En el caso de instalación de equipos o construcción de infraestructura, se deberá anexar los diseños definitivos y los títulos de propiedad de los lugares en los que serán ubicados
- Levantamiento de información: se deberá contemplar las actividades a realizar en campo para levantar la información, así como el tiempo necesario que se requiere para su recolección.
- Procesamiento de información: se deberá especificar las actividades relacionadas a la metodología de procesamiento de información y el programa o sistema que se va a utilizar para dicha acción. Se deberá contempla el proceso de generación de información específica
- Transferencia de información y salida de datos: se contemplará que el proyecto al generar información validará metodologías, por lo que se deberá generar guías metodológicas de cada proceso de investigación propuesto, para luego incluir actividades relacionadas a la trasferencia de información, con procesos de capacitación, tanto a técnicos como a organizaciones y regantes. Para la salida de datos se contemplará la emisión de boletines, mapas, CD entre otros.

En el caso de instalación de estaciones meteorológicas se considerará lo que determina la Ley del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, vigente y demás normas concordantes para el efecto.

Sección IV BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, B. M., & Barahona, U. (2012). Manual de riego y drenaje. El Zamorano, Honduras: Programa de Manejo Integrado de Plagas en América Central.
- Asociación Mundial para el Agua, Capítulo Centroamérica Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2013). Tecnología para el uso sostenible del agua. Tegucigalpa, Honduras.
- Aznar, A. (2000). Determinación de los parámetros físico — químicos de calidad de las aguas (Vol. 2(23)). Revista Gestión Ambiental.
- Castro, S. (2004). Diseño de un sistema de riego localizado en frutillas y estudio de la rentabilidad del cultivo considerando diferentes aportes del Estado a la inversión, a través de la ley 18.450. Memoria de Título. 98. Talca, Chile: Universidad de Talca. Facultad de Ciencias Agrarias.
- Chow, V. T. (1994). Hidráulica de canales abiertos. Colombia: Martha Edna Zuáres.
- Clavijo, Montalvo, Zapatta, Casanova, & Quinde. (2002). administración Operación y mantenimiento del sistema de riego. (CAMAREN, Ed.) Quito.
- Comisión Nacional de Riego (CNR Chile). (2012). Instructivo de diseño de obras de tecnificación ITT- 03.
- CPE INEN 5 Parte 9-1. (1992). Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes. Quito: INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN.
- Eberhart, C., & Apollin, F. (1999). Análisis y Diagnóstico de los Sistemas de Producción en el Medio Rural. (CAMAREN, Ed.) Quito.
- FAO. (2006). Evaporación del cultivo: Guía para determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Estudio FAO Riego y Drenaje.
- FAO. (2009). Diversidad agrícola. La gestión integrada de la diversidad biológica para la alimentación y la agricultura en la FAO.
- FAO. (2013). Afrontar la escasez de agua Un marco de acción para la agricultura y la seguridad alimentaria. Roma: Organización de Las Naciones Unidas Para La Alimentación Y La Agricultura.
- Gaete, L. (2001). Manual de diseño de sistemas de riego tecnificado. Memoria de Título. 220. Talca, Chile: Universidad de Talca. Facultad de Ingeniería.
- Gavilánez Luna, F. (2020). El drenaje agrícola y sus elementos de diseño. Quito, Pichincha, Ecuador: Mawil Publicaciones de Ecuador.
- GPER, I. (s.f.). Proyectos de riego en comunidades campesinas andinas: una propuesta de seguimiento y evaluación. Lima, Perú.
- Hofstede, & Robert. (2014). Los Páramos Andinos ¿Qué sabemos? Estado de conocimiento sobre el impacto del cambio climático en el ecosistema páramo. Quito, Ecuador: UICN.
- INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN. (1992). Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes. Quito.

- Instituto Nacional de Preinversión. (2014). Guía Técnica Sectorial Agua de Proyectos de Riego. Quito, Ecuador.
- Instituto Nacional de Preinversión. (2015). Guía Para la Presentación de Términos de Referencia de Estudios de Preinversión. Quito, Ecuador.
- Jiménez, M., & Vélez, M. (2006). Análisis comparativo de indicadores de calidad de agua superficial. Revista Avances en Recursos Hidráulicos (14).
- Krochin, S. (1986). Diseño hidráulico. Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- Llambí, L., & Soto-W. (2012). Ecología, hidrología y suelos de páramos. Quito, Ecuador: Páramos Andinos Proyecto.
- López Cualla, R. A. (2000). Elementos de diseño para acueductos y alcantarillado. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- López, R. (1995). Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados (Segunda ed.). Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Mena, P., & Hofstede, R. (2006). Los páramos ecuatorianos. EcoCiencia, Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina. Quito, Ecuador: CONDESAN.
- Gavilánez Luna, Freddy Carlos. El drenaje agrícola y sus elementos de diseño. Quito, Pichincha: Mawil Publicaciones de Ecuador, 2020.
- Ministerio de Agricultura. Manual de procedimientos geodésicos y topográficos. Chile, s.f.
- Ortegón, Alfonso. Metodología para la realización de estudios de drenaje a nivel predial. 2012.
- Vásquez V., A., Vásquez R., I., Vásquez R., C., & Cañamero K., M. (2017). FUNDAMENTOS DE LA INGENIERIA DE RIEGO. LIMA: UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA.
- ALOCÉN, J. C. (2007). MANUALPRÁCTICO PARA EL DISEÑO DE SISTEMAS DE MINIRIEGO. HONDURAS: FAO.
- CADENA NAVARRO, V. (2012). HABLEMOS DE RIEGO. IBARRA: CONGOPE.
- Consejería de Agricultura, Desarrollo Rural, Población y Territorio. (2014). Delimitación cartográfica, anteproyecto y estudio de costes de la Zona Regable de Arroyo del Campo. Extremadura: GOBIERNO DE EXTREMADURA.
- GARCIA, A. (JUNIO de 2012). CRITERIOS MODERNOS PARA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA RIEGO. FAO, 27-36.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO. (2015). MANUAL DEL CALCULO DE EFICIENCIA PARA SISTEMAS DE RIEGO. LIMA: DGIAR.
- ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN. (2006). EVAPOTRANSPORACIÓN DEL CULTIVO. ROMA: FAO.
- VERA, E., & SANDOVAL, J. (1991). MANUAL DE RIEGO. CHILLAN: INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS (CHILE).
- Gavilánez Luna, F. (2020). El drenaje agrícola y sus elementos de diseño. Quito, Pichincha, Ecuador: Mawil Publicaciones de Ecuador.

Sección V ANEXOS TÉCNICOS

Los anexos presentados en esta sección son orientativos y no restringe el empleo de otras metodologías, criterios, y/o herramientas desarrolladas por otros autores, siempre que estos tengan validez académica.

Anexo 1. Estudios de Prefactibilidad y Factibilidad

Prefactibilidad

Debe iniciar con el análisis preliminar e incremental de las alternativas de un proyecto. Es de fundamental importancia el elaborar los estudios de prefactibilidad, los cuales consideran la realización de estudios que determinen si frente a un problema de falta de acceso al agua que afecta a la productividad de una localidad existen alternativas para la implementación de un sistema de riego y/o drenaje, de acuerdo a las necesidades locales. Se realizará con información primaria

Los estudios de prefactibilidad servirán para determinar técnica, social y económicamente la alternativa más viable en la implementación de un determinado proyecto de riego o drenaje. Deberá incluir un cálculo preliminar, lo más detallado de los indicadores de evaluación socioeconómicos, la documentación deberá contar con el mejor desglose de los costos de inversión y beneficios esperados por cada una de las distintas alternativas del proyecto, incluyendo un esquema de prelación de las alternativas.

En función del conocimiento de la realidad local, de las necesidades del territorio, así como de las zonas a intervenir; la fase de prefactibilidad responderá técnicamente a la idónea implementación de un determinado proyecto, lo que aprobará avanzar hacia la etapa de factibilidad y diseños definitivos de la propuesta seleccionada, la cual se determinará en función de los estudios previamente realizados.

El objetivo general del estudio de prefactibilidad es la elaboración de los estudios necesarios que permitan:

- Analizar alternativas (técnicas, productivas, ambientales, organizativas y legales), para configurar un concepto integral de proyecto que sea técnica y socialmente aceptable, ambientalmente sostenible y no existan obstáculos o factores de riesgo que impidan su ejecución; y,
- Evaluar si el proyecto propuesto da una solución eficiente y duradera con la finalidad de mejorar las condiciones de vida e ingresos familiares rurales, incremento y diversificación de la producción, mediante la construcción o el mejoramiento de un sistema de riego y/o drenaje sostenible.

En la misma vía, entre varios de los resultados que se desean conseguir con los estudios de prefactibilidad, podemos citar los siguientes:

- Determinación de la alternativa de proyecto más adecuada que contemple los componentes infraestructura/equipamiento, productivo, económico, social y ambiental;
- Identificación y análisis de los "factores de riesgo" (técnicos, sociales, ambientales, organizativos y legales) que ponen en peligro la ejecución y operación del proyecto;
- La ingeniería básica, obras auxiliares y complementarias de la alternativa recomendada;
- La estimación de costos de las alternativas;
- Ficha ambiental y su correspondiente categorización;

- Definición del futuro funcionamiento del sistema, sus resultados productivos y otros impactos.
- Evaluación socioeconómica y financiera, evaluación técnica y ambiental del proyecto;
- La organización que se requiere para la implementación del proyecto; y,
- Definición de los términos de referencia para estudios de factibilidad y diseños definitivos que consideren los componentes: infraestructura/equipamiento, productivo, social y ambiental.

Para el logro de los resultados mencionados, de acuerdo a la naturaleza y alcance del proyecto que se espera implementar, los estudios de prefactibilidad se basarán principalmente en la realización de estudios de carácter técnico que consideren los cuatro componentes del proyecto.

Factibilidad¹⁴

El estudio de factibilidad sirve para confirmar las decisiones tomadas en el estudio de prefactibilidad, completándose con un análisis más profundo de los factores técnicos, productivos, económicos, financieros, sociales y ambientales, que han demostrado que su rentabilidad es positiva, se hará un examen detallado de la alternativa considerada como la más viable o más rentable, con el fin de determinar en forma precisa sus beneficios y costos y profundizar el análisis de las variables que la afectan.

Se llevará a cabo el anteproyecto o diseño preliminar, así como la ingeniería preliminar del proyecto necesaria para efectuar el diseño definitivo; también se definirán, para la alternativa seleccionada, el flujo financiero y la programación de las actividades por ejecutar; además, se optimizarán sus etapas, puesta en marcha y operación. Se profundizará el análisis de las variables más críticas, afinando los datos empleados para calcularlas.

Una vez definido el proyecto se optimizará el diseño, al considerar todos los factores como tamaño, localización, etc.; lo mismo se hará con el programa de desembolsos, para el cual se tendrán que considerar las condiciones financieras y de mercado, las obras auxiliares y complementarias, el efecto de las dificultades técnicas, la capacitación del personal de operación y de mantenimiento. También se optimizará la organización: qué se va a hacer, quiénes lo harán y cómo, para llevar a cabo la construcción o ejecución y la puesta en marcha y operación del proyecto, de conformidad con el tamaño de la obra y la capacidad administrativa, técnica y financiera que se requiere.

¹⁴ Se ha realizado algunas precisiones a lo establecido en el numeral 408-06 de Normas de Control Interno de la Contraloría General del Estado

Anexo 2. Estudios de diseño Definitivo

Diseños definitivos la infraestructura de riego y drenaje¹⁵: Se elaborarán en detalle todos los documentos y planos constructivos necesarios para llevar a cabo la construcción o ejecución y puesta en operación del proyecto, de conformidad con lo establecido en el informe de análisis técnico de la opción seleccionada en el estudio de factibilidad.

Los documentos producidos en esta fase deben elaborarse con la participación de profesionales con conocimientos suficientes para efectuarlos de manera óptima, observando las directrices específicas por tipo de estudios y proyectos.

Como productos específicos de los estudios definitivos, debe incluirse lo términos de referencia para la construcción de la obra y el proyecto de inversión considerando las directrices de esta guía, por lo que debe tener especial atención ya que los estudios una vez terminados, serán los anexos técnicos del proyecto de inversión que se presente para solicitar la viabilidad técnica del proyecto.

Para efectuar los diseños, se definirá la ubicación de los distintos componentes de la obra en el sitio donde se llevarán a cabo; se efectúan todos los cálculos necesarios para determinar sus dimensiones y demás características para permitir su construcción, operación y mantenimiento; se indicarán los requerimientos de las instalaciones eléctricas, mecánicas o de cualquier otra índole, necesarias para el funcionamiento de la obra o proyecto.

El diseño definitivo incluirá todos los detalles que constarán en la memoria técnica descriptiva, memoria de cálculo, manual de operación y mantenimiento, planos constructivos, especificaciones de materiales y construcción.

Planos constructivos¹⁶: deben contener la información gráfica y escrita necesaria para la correcta ejecución de la obra, se elaborarán de conformidad con las disposiciones reglamentarias y normativas vigentes de acuerdo al tipo de obra por ejecutar. Para evitar problemas técnicos o económicos en la construcción de la obra, los planos constructivos deberán tener toda la información necesaria para poder llevarla a cabo. Los planos constituyen la base para planificar la construcción de la obra y para determinar su costo, por lo tanto, no podrán existir descripciones insuficientes o confusas, que provoquen problemas técnicos y económicos, como atrasos en la ejecución de la obra; incorporación de elementos no contemplados que encarecen el proyecto; demolición de partes de la obra a causa de detalles poco precisos, etc.

El grado de detalle de los planos debe permitir, sin lugar a dudas, identificar las características físicas de los elementos por construir, las propiedades mecánicas de los materiales considerados, así como los parámetros utilizados en el diseño. Se realizarán en formato CAD, observando:

- Planos topográficos (perfiles longitudinales y transversales): acotaciones, escalas definidas;

¹⁵ Se ha realizado algunas precisiones a lo establecido en el numeral 408-08 de Normas de Control Interno de la Contraloría General del Estado

¹⁶ Se ha realizado algunas precisiones a lo establecido en el numeral 408-09 de Normas de Control Interno de la Contraloría General del Estado

- Planos hidráulicos y estructurales: planilla de hierro, tipo de hierro, acotación, escala definida, volumen de hormigón, especificaciones técnicas y secciones de cortes;
- Planos del diseño del riego tecnificado; y,
- Planos eléctricos de montaje (si es el caso).

Los planos impresos y en formato PDF deberán contener las respectivas firmas de responsabilidad y aprobación; y, el siguiente detalle: información marginal, leyendas, cuadrícula de referencia, coordenadas, ubicación en relación a la población beneficiaria, escala de impresión, y detalles planimétricos y altimétricos que sirvan de base para el diseño de obras.

Las condiciones generales y especificaciones técnicas¹⁷ son el complemento de los planos constructivos, en ellos se proporciona información indispensable para la correcta ejecución de la obra, por tanto, su grado de detalle deberá permitir el cálculo de costos del proyecto por ejecutar.

En las condiciones generales se definirán conceptos, se fijarán atribuciones y procedimientos para la administración o fiscalización del contrato y se delimitarán responsabilidades.

En las especificaciones técnicas: se tratarán todos los aspectos técnicos de la obra, deben estar acordes con las condiciones de su entorno y su propia naturaleza. Para su elaboración se pueden basar en especificaciones de obras similares, siempre y cuando éstas se adapten a las condiciones de la que se va a construir, cada obra tendrá sus especificaciones especiales de acuerdo a sus particulares condiciones y requerimientos.

Las especificaciones han de ser claras, completas e inequívocas, lo cual significa que no deben presentar ambigüedades, ni contradicciones entre las mismas, que propicien diferentes interpretaciones de una misma disposición, ni indicaciones parciales sobre determinado tópico, así como tampoco errores, ya que estos factores complicarán el desarrollo del proceso de ejecución generalmente aumentando plazo y costo. Básicamente cada especificación debe contar con las siguientes secciones:

- Descripción del rubro anotando sus características relevantes.
- Los materiales necesarios para la ejecución de la prestación (podrán mencionarse las cantidades aproximadas, así como los requisitos mínimos de calidad que deben cumplir).
- El equipo mínimo para su ejecución, con sus características.
- Los procedimientos de trabajo, es decir, la forma de elaboración y su secuencia.
- Los ensayos de laboratorio a realizarse y las tolerancias que se aceptarán, dentro de márgenes fijos o aproximados, al tener en cuenta las necesidades de servicio.
- La medición o cuantificación del rubro.
- La forma de pago.

Para adquisición de equipos, se elaborarán especificaciones basadas en rendimientos y no tanto en características descriptivas, adicionalmente, serán lo más generales, es decir, definir valores

¹⁷ Se ha realizado algunas precisiones a lo establecido en el numeral 408-10 de Normas de Control Interno de la Contraloría General del Estado

mínimos, rangos o márgenes dentro de los cuales se aceptarán las ofertas. Es normativo excluir las características propias de determinados fabricantes, señalando las tolerancias que se admitirán.

El Presupuesto de la obra¹⁸; Se elaborará por unidad de obra o rubro de trabajo, es decir, para cada una de las partes que componen el proceso de construcción, bajo la siguiente estructura: cada precio unitario¹⁹ se subdividirá en costos directos, costos indirectos, utilidad e imprevistos. Los costos mencionados se desglosarán en sus componentes, se indicarán los porcentajes de la utilidad y de los imprevistos considerados con respecto al monto total del presupuesto de la obra.

El presupuesto detallado de la obra es un cálculo de su costo, a partir de los componentes del precio de cada uno de los rubros o de las unidades de obra que conforman el proceso de construcción. El precio de cada unidad de obra está compuesto por:

Costos directos. - Son los gastos efectuados para realizar esa unidad de obra y que se los puede imputar a un rubro determinado y sólo existen si la unidad de obra se ejecuta, estos son: materiales, mano de obra y maquinaria.

Costos indirectos. - Son los gastos generales en que incurre el contratista, tanto en sus oficinas como en el sitio de la obra, no atribuibles a una tarea en particular, pero necesarios para efectuar los trabajos en general, por su naturaleza no se los puede imputar directamente a un rubro determinado y deben prorratearse. Dentro de éstos se tiene: salarios y prestaciones legales del personal directivo, técnico y administrativo de la empresa, depreciación, mantenimiento, alquileres y seguros de edificios, bodegas, predios, etc.; alquiler u operación y depreciación de vehículos o equipos de apoyo, de laboratorio, de topografía, de oficina, gastos de oficina, garantías y financiamiento; trabajos previos y auxiliares como la construcción y mantenimiento de caminos de acceso, instalación y desmantelamiento de equipos y limpieza final de la obra.

Para calcular estos costos, la administración debe suponer la organización que una empresa constructora requerirá para llevar a cabo la obra adecuadamente y sobre la base en esa condición, determinar los posibles costos indirectos asociados.

Utilidad. - Es la ganancia o lucro que percibe el contratista por la ejecución de una obra. Para efectos del cálculo del presupuesto de la Administración, debe determinarse un porcentaje real, como es, el promedio de los porcentajes de la utilidad que aplican los contratistas en la actividad de la construcción.

Imprevistos. - Es un monto que el contratista considera para cubrir cualquier error en la estimación del presupuesto o cualquier eventualidad que recaiga bajo su responsabilidad y pueda afectar al proceso constructivo, tales como atrasos en el suministro de materiales, mano de obra y equipos, accidentes, extravíos y robos, escasez de materiales, mano de obra o equipos.

¹⁸ Se ha realizado algunas precisiones a lo establecido en el numeral 408-11 de Normas de Control Interno de la Contraloría General del Estado

¹⁹ Los análisis de los precios unitarios (APU's), observaran los precios o valores referenciales de la Cámara de la Construcción de cada provincia.

El presupuesto de obra permite conocer la cantidad y características de los materiales, mano de obra, maquinaria y herramientas por utilizar, así como su precio de mercado, de manera que, en forma bastante aproximada, se pueden prever los fondos necesarios para llevar a cabo la obra.

La Programación de la obra²⁰: Se preparará un programa del avance físico de la obra, desglosándola en las actividades por realizar e indicando su respectiva duración y requerimiento de insumos: materiales, mano de obra, herramientas, maquinaria y equipos. Para ello tomará en cuenta las características ambientales, climáticas y geográficas de la zona donde va a realizarse.

Para definir el plazo de ejecución empleará un método de programación por redes de actividades, que señale la ruta crítica y sirva como base para elaborar un diagrama de barras y diagrama de Gantt, en el cual se indiquen la duración, los tiempos tempranos y tardíos (de inicio y término) y las holguras de cada actividad.

El método de programación por emplear en esta tarea será cualquier sistema de redes: CPM, PERT, diagrama de bloques, que ponga en relieve las actividades críticas. Además, con base en la red establecida, se elaborará el diagrama de barras correspondiente, diagrama de Gantt, indicando para cada actividad, su duración, los tiempos tempranos y tardíos de inicio y término, las holguras y el requerimiento de insumos: materiales, mano de obra, maquinaria y equipos

Se deberá presentar un cronograma valorado de ejecución de las actividades tanto físicas como valoradas del proyecto, las cuales deben estar desglosadas para las diferentes etapas de ejecución, con las fechas estimadas de iniciación y terminación de las actividades e incluir los resultados a entregar.

El plan de administración, operación y mantenimiento (AOM): el Plan de AOM, deberá considerar que el sistema de riego o drenaje se diseña sobre las características particulares del territorio a regar y las necesidades de un grupo de productores agropecuarios o regantes. En este contexto la planificación a realizar debe considerarse 4 criterios:

1. **Planificación:** que deberá considerarse un periodo de planificación anual, sobre la base de la identificación de las actividades que garanticen un servicio de riego eficiente, debidamente, priorizadas y valoradas.

2. **Administración:** debe considerarse que todo sistema de riego debe estar administrado por una organización debidamente legalizada / reconocida; con su respectiva directiva.

a) Las atribuciones son:

- Elaboración de la normativa interna de la organización;
- Elaboración de una planificación anual de actividades;
- Elaboración del padrón de usuarios y catastro de predios ubicados en el área de influencia del sistema de riego;
- Determinación del calendario y turnos de distribución de agua a cada usuario;

²⁰ Se ha realizado algunas precisiones a lo establecido en el numeral 408-11 de Normas de Control Interno de la Contraloría General del Estado

- Nombramiento de un operador (aguatero) para la distribución del agua y el manejo del sistema;
 - Nombramiento de un administrador o personal que se requiere para la gestión administrativa; y,
 - Determinación de las tarifas por la prestación del servicio.
- b) En función al prestador del servicio (GAD Provincial, Junta de regantes u organización comunitaria), se identificará la necesidad de:
- Personal para cumplir labores de operación del sistema en campo como la distribución del agua, mantenimiento de compuertas y personal administrativo para el establecimiento de horarios y turnos de riego, cobros de tarifas, entre otras actividades.
 - Gastos; operacionales, no operacionales
 - Requerimientos de fortalecimiento, como la actualización del catastro y padrón de usuarios, generación de un sistema de cobro de tarifas, inventario del sistema o capacitaciones específicas.

3. Operación del sistema: definido por las condiciones específicas de la infraestructura y el equipamiento del sistema, para lo cual debe identificarse conjunto de acciones a desarrollar para un eficiente manejo y distribución del agua desde la fuente hasta su entrega a nivel de parcela.

La operación del sistema de riego debe seguir un procedimiento que comprende una serie de acciones, que viabilicen y garanticen el funcionamiento adecuado y óptimo de la infraestructura y sus dispositivos funcionen de forma continua según las especificaciones del diseño. Este consiste en el manejo de compuertas, válvulas, medición de caudales y tiempo de entrega de agua, realizando todas estas actividades en función de un plan de reparto y turnos de riego para lograr una adecuada operación del conjunto de redes de conducción, canales, tuberías y las diferentes obras hidráulicas.

Entre las actividades de operación se deberían considerar las siguientes:

- En bocatomas: apertura y manipulación de compuertas; y, Medición del caudal.
- En la conducción: realizar recorridos diarios de inspección del canal para verificar o controlar si hay filtraciones; si existen obstrucciones; si hay desbordamientos; si existen usos no autorizados del agua; y, si no existen pérdidas de caudal durante la conducción.
- En sifones: Apertura de la válvula de limpieza del sifón para evacuar los sedimentos atrapados (para realizar esta tarea se debe suspender el servicio).
- En estructuras de distribución: manejo de las compuertas de regulación para enviar el caudal acordado; y, lavado de sedimentos.
- En estructuras de almacenamiento: apertura y manipulación de las compuertas y las válvulas para regular la entrada, almacenamiento y salida del agua.
- En estructuras de medición de caudales: medición y registro diario de los caudales.

- En estructuras de protección: manipulación de las compuertas para evacuación de los sedimentos en los desarenadores y aliviaderos.

4. **Mantenimiento:** El mantenimiento se debe realizar con la finalidad de prevenir, proteger o corregir daños que se produzcan en los equipos, dispositivos o instalaciones de la infraestructura de captación, conducción y distribución del agua, durante el funcionamiento del sistema de riego, que se ejecutarán con una frecuencia determinada. Entre otras actividades de mantenimiento se deberían considerar las siguientes:

- a) **Mantenimiento preventivo:**
 - Definición de fechas para el mantenimiento rutinario;
 - Eliminación de material de arrastre, basura o escombros que flotan en el agua que pueden dañar las obras hidráulicas;
 - Control de la calidad del agua químico y biológico;
 - Verificación del estado actual de accesorios instalados;
 - Protección biofísica en los alrededores de reservorios;
 - Equipamiento con cadenas y candados en cajas de válvulas;
 - Inspección y limpieza de la sedimentación en las obras hidráulicas; y,
 - Verificación y limpieza de rejillas.
- b) **Mantenimiento correctivo:**
 - Pintado de compuerta principal y/o compuertas laterales, válvulas y tuberías de acero, PVC (descubiertas);
 - Engrasado de compuerta principal y/o compuertas laterales; Reparación o reemplazo de los accesorios (válvulas, tubos, compuertas, etc.); y,
 - Reparación de las obras hidráulicas.

Anexo 3. Estudio hidrológico

1. Definición

El estudio hidrológico tiene como finalidad planificar el uso y aprovechamiento de los recursos hídricos, sean estos para control, como las obras de drenaje o para suministro, como las obras de abastecimiento de agua para riego. La recolección de datos hidrometeorológicos para su análisis y posterior procesamiento mediante el uso de modelos numéricos permiten establecer un diseño hidrológico para la adecuada implementación de una infraestructura hidráulica como parte de un proyecto de ingeniería.

Es imprescindible en estudios para proyectos de suministro de agua, en este caso riego, determinar el “Balance hídrico”, el cual relaciona las variables que intervienen en el ciclo del agua, estas variables son: precipitación, evapotranspiración, escurrimiento superficial, almacenamiento superficial y subterráneo, y flujo de agua subterránea.

La ecuación universal que rige el Balance hídrico establece que, el volumen de agua que ingresa a un determinado sistema menos el volumen de agua que sale del mismo sistema, es igual a la variación del almacenamiento, es decir la cantidad de agua que queda almacenada.

$$\frac{V_e}{\Delta t} - \frac{V_s}{\Delta t} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

Entrada – Salida = Variación del almacenamiento

El primer factor para considerar en el estudio hidrológico es la cuenca hidrográfica, la cual se define como la unidad física natural, drenada por un cauce de agua o una red de cauces, de tal forma que todo el caudal efluente es descargado en un punto de salida.

El análisis de la cuenca hidrográfica se realiza en función a sus condiciones climáticas, fisiográficas, morfológicas y edafológicas, las cuales permitirán evaluar su capacidad de almacenamiento de agua.

2. Proceso

Básicamente para establecer el estudio hidrológico es necesario seguir los siguientes pasos:

1. Caracterización de la cuenca hidrográfica de aporte, es decir con cierre en la o las captaciones del sistema
2. Selección un período de tiempo
3. Recolección, análisis de información hidrometeorológica y definición de metodología para obtener las series de información
4. Información de estaciones cercanas
5. información satelital
6. análisis de información de cuencas pares
7. combinación de las anteriores
8. definición de estrategias para relleno de datos
9. Definición de metodología de análisis hidrológico para determinación de caudal:
 - Modelo numérico (conceptual, distribuido o no distribuido)

- cuencas pares
- regionalización de cuencas
- mixtura de las anteriores

Cabe mencionar que en el uso de modelamiento implícito debe existir una fase de calibración con rangos aceptables y una fase de modelación.

A continuación, se detalla el análisis y tratamiento de la información de cada una de las variables necesarias para el estudio hidrológico de un proyecto de riego.

2.1. Características de la Cuenca Hidrográfica

De la caracterización de la cuenca hidrográfica depende la correcta estimación de la oferta hídrica disponible para el proyecto de riego, para ello se debe tener en cuenta los procesos que ocurren en ella, estos son:

- Precipitación: caída de agua en forma líquida como la lluvia o sólida como el granizo o nieve.
- Evaporación: Paso del agua desde el suelo y cuerpos hídricos hacia la atmósfera.
- Evapotranspiración: Paso del agua desde una cobertura vegetal hacia la atmósfera.
- Infiltración: Paso del flujo de agua desde la superficie hasta la zona saturada del suelo.
- Percolación: es el movimiento del flujo del agua dentro del suelo.
- Escurrimiento: movimiento distribuido del agua en la superficie terrestre desde las cotas más altas a las bajas en forma de lámina.
- Escorrentía: desplazamiento del agua por una red de drenaje (cauces naturales y canales) hasta alcanzar la red fluvial.
- Intercepción: es la precipitación que es interceptada por la vegetación, también se la conoce como retención.
- Uso de suelo y tipo de vegetación
- Tipo de suelo
- Almacenamiento: proceso de almacenamiento del escurrimiento en depresiones del terreno.
- Caudal base: aforamiento de las aguas subterráneas que alimentan los ríos permitiendo que mantengan su caudal en períodos secos.

2.1.1. Selección y delimitación de la cuenca hidrográfica

Como se mencionó en la definición, la cuenca es un área de captación de agua lluvia, que escurre la misma en un punto determinado denominado punto de cierre, para efectos del análisis, será el punto de cierre el lugar de implantación de la captación de agua, la delimitación de una cuenca hidrográfica está basada en su divisoria de aguas, obtenida a partir de su relieve o topografía.

La delimitación de la cuenca hidrográfica puede ser obtenida a partir de (2) dos elementos:

- Cartas topográficas: curvas de nivel.
- Modelos digitales de elevación (DEM por sus siglas en inglés)

Se puede obtener la información cartográfica o digital a través de las siguientes fuentes:

INSTITUCIÓN	PRODUCTO	DIRECCIÓN WEB	TIPO DE ARCHIVO
Instituto Geográfico Militar (IGM)	Capas de información geográfica básica de libre acceso. Escala 1:50.000	http://www.geoportaligm.gob.ec/portal/index.php/cartografia-de-libre-acceso-escala-50k/	Cartográfico
Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) - NASA	DEM de resolución 30m x 30m.	https://dwtkns.com/srtm30m/	Digital

Se destaca que esta última herramienta citada (DEM), determina de forma automática con la ayuda de un sistema de información geográfica, a través de un análisis espacial, cómo fluye el agua a través de un área y cómo los cambios en esa área pueden afectar ese flujo.

A continuación, se presenta las herramientas o sistemas geográficos de apoyo para el proceso:

SISTEMA DE INFORMACIÓN	HERRAMIENTA
ArcGIS (Licencia bajo pago)	<i>Arc toolbox</i> <i>Spatial Analyst Tools</i> <i>Hydrology Spatial Analyst</i>
QGIS (Libre acceso)	<i>Processing Tab</i> <i>ToolboxSAGA</i> <i>Terrain Analysis: Hydrology.</i>
SAGA GIS (Libre acceso)	<i>Processing Tab</i> <i>Catchment area</i> <i>Flow accumulation</i>
R Studio – Software de lenguaje de programación, especializado en estadística y geoestadística. (Libre acceso)	Conjunto de bibliotecas con información de libre acceso para desarrollar análisis hidrológicos, algunos ejemplos: <i>getMet</i> <i>metR</i> <i>baseflow</i> <i>hydrostats</i>

Cabe destacar que la delimitación de la cuenca hidrográfica debe ser indispensable desde los estudios de prefactibilidad del proyecto.

2.1.2. Delimitación de la zona agrícola de interés

Una vez que se ha definido la cuenca hidrográfica, es importante delimitar dentro de ella, la zona agrícola que será beneficiada del proyecto de riego, para ello es necesario contar con instrumentos como:

- A nivel de prefactibilidad:
 - o Capas geográficas de la División Político-Administrativa del Ecuador (DPA) a nivel parroquial.
 - o Coordenadas geográficas de las zonas de interés agrícola del proyecto
- A nivel de factibilidad:
 - o Catastro de usuarios beneficiarios del proyecto

A continuación, se presenta las fuentes de información de apoyo para el proceso de delimitación del área o zona de interés agrícola:

SITIO	WEB	ELEMENTO
INEC – Descargas Cartográficas	https://aplicaciones3.ecuadorencifras.gob.ec/registro-cartografia-war/paginas/formularioregistro.xhtml	División Política-Administrativa (DPA)
Sistema Nacional de Información (SNI)	https://www.ecuadorencifras.gob.ec/geografia-estadistica/	Información temática, escala 1:50.000

Además de la información disponible en los Geoportales, es fundamental que se articule con las distintas unidades encargadas del procesamiento de información territorial y cartográfica de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Provinciales respectivos, a fin de que estas provean los datos necesarios para la delimitación de los polígonos georreferenciados de las zonas agrícolas de interés.

2.2. Selección del período de tiempo

La selección del período de tiempo necesaria para establecer el proyecto de riego estará en función de cálculo del período de retorno (T), el cual se define como el tiempo promedio en el que el valor del caudal pico de una determinada crecida es igualado o superado. El período de retorno (T) esta expresado en años.

A continuación, se presenta sugerencias a considerar para la selección del período de retorno (T) en base a la estructura hidráulica de control de agua.

TIPO DE ESTRUCTURA	PERÍODO DE RETORNO (años)
Alcantarillas de carretera	
Tráfico alto	5 - 10
Tráfico intermedio	10 - 25
Tráfico bajo	50 - 100
Drenaje Urbano	
Pequeñas ciudades	2 - 25
Grandes ciudades	25 - 50
Drenaje Agrícola	
Tubería	5 - 50
surcos o zanjas	5 - 50
Diques	
En finca	2 - 50
Alrededor de ciudades	50 - 200

Fuente: Ven Te Chow. 1994, Hidrología Aplicada

En el caso de obras hidráulicas de abastecimiento, la determinación de T para el diseño de considera la relación existente entre: la probabilidad de excedencia de un evento, la vida útil de la obra o infraestructura y el riesgo de falla admisible.

El riesgo de falla admisible está dado por la siguiente ecuación:

$$R = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^n$$

Dónde: n, es el número de años de vida útil; R, el riesgo admisible y; T, el período de retorno

Para la determinación del riesgo admisible (R) en base al período de retorno (T), se disponen los siguientes valores:

RIESGO ADMISIBLE R	VIDA ÚTIL DE LAS OBRAS (años)									
	1	2	3	5	10	20	25	50	100	200
0,01	100	199	299	498	995	1990	2488	4975	9950	19900
0,02	50	99	149	248	495	990	1238	2475	4950	9900
0,05	20	39	59	98	195	390	488	975	1950	3900
0,10	10	19	29	48	95	190	238	475	950	1899
0,20	5	10	14	23	45	90	113	225	449	897
0,25	4	7	11	18	35	70	87	174	348	695
0,50	2	3	5	8	15	29	37	73	154	289
0,75	1,3	2	2,7	4,1	7,7	15	18	37	73	144
0,99	1	1,11	1,27	1,66	2,7	5	5,9	11	22	44

Fuente: Monsalve, 1995. Hidrología en la Ingeniería.

Ejemplo:

El período de retorno (T) de una obra hidráulica, con una vida útil de 20 años y de 25% de riesgo admisible (R) es igual a 70 años.

2.3. Recolección y análisis información hidrometeorológica

La información hidrometeorológica necesaria para el estudio hidrológico corresponde al análisis de las variables climáticas precipitación e intensidades, y las variables hidrológicas caudales máximos y medios; cabe señalar que en el país existe limitada información referente a esta variable, por lo que, en el estudio hidrológico se utiliza métodos indirectos de estimación del caudal de diseño.

Es importante la representatividad, calidad y disponibilidad de a información hidrometeorológica para el estudio hidrológico, por ello es necesario contar con series de datos establecidas en base a la zona de interés. Según el INAMHI, en su estudio de “Determinación de ecuaciones para el cálculo de intensidades máximas de precipitación” en el Ecuador existen 72 estaciones pluviográficas, estas estaciones registran la totalidad de los eventos de precipitación que ocurren durante el año, en forma diaria y horaria.

La garantía de consistencia de una serie de datos es de 20 años como mínimo, sin embargo, existen zonas donde la información no cumple con este requisito, por lo cual es necesario estimar el caudal de diseño a través de otros métodos de generación sintética de caudales.

Las fuentes de información meteorología existente en el país son INAMHI, INOCAR, Empresas de generación de energía, de agua potable, universidades, municipios, estudios, base de datos llamada CLIMWAT de FAO, entre otras, que por sus actividades propias mantienen redes pluviométricas y climatológicas que podrían ser de interés.

2.3.1. Información de precipitación

La precipitación es parte del ciclo hidrológico, por lo tanto, su análisis debe realizarse de forma detallada y con información concisa respecto a los eventos de lluvia registrados en la zona de estudio. El correcto análisis de la precipitación permite que el diseño hidrológico alcance altos niveles de exactitud en la determinación de la oferta hídrica disponible para el proyecto a ser implementado.

El objetivo principal del diseño hidrológico es determinar el caudal de entrada, transitar este caudal por el sistema y verificar que, los valores del caudal a la salida sean satisfactorios. Para ello se debe tomar en cuenta que, en el diseño hidrológico para control del agua como proyectos de drenaje se consideran los valores de eventos extremos de corta duración, y para el diseño hidrológico relacionado al uso del agua, como proyectos de riego se considera el hidrograma de caudales durante un período establecido.

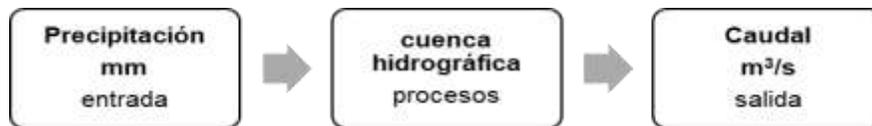


Ilustración 2. Esquema del comportamiento hidrológico de una cuenca

En el diseño o dimensionamiento hidrológico existen tres (3) tipos de información de precipitación:

1. Eventos extraordinarios: aquellos eventos registrados en la zona, asociados a crecidas que provocaron inundaciones, el objetivo de la identificación de estos eventos históricos extraordinarios radica en que, de volver a producirse, las estructuras hidráulicas estarían diseñadas para soportar aquel evento de crecida. Cabe señalar que, el análisis de esta información no responde a un proceso estadístico, sino a un evento o suceso concreto.
2. Series temporales de lluvias: se considera aquellas registradas en observatorios dentro de la zona de estudio o incluso series sintéticas generadas a partir de métodos estadísticos. Sobre el procesamiento de este tipo de información se realizará un análisis estadístico para determinar el valor del flujo asociado a un periodo de retorno determinado o a su vez, establecer un análisis del comportamiento hidrológico de la cuenca basada en la frecuencia de ocurrencia de un evento. En otras palabras, se asume que, si los datos de precipitación registrados en una cuenca son representativos, aceptamos que a futuro estos seguirán siendo los mismos, de tal forma que la seguridad del diseño hidrológico esté garantizada.
3. Lluvias de proyecto: obtenida a partir de información globalizada en forma de curvas de Intensidad–Duración–Frecuencia, se conoce a este análisis como “lluvia tipo o sintética”, la cual se asocia a un período de retorno, y se admite que el caudal de escorrentía calculado a partir de esta lluvia de proyecto tiene el mismo periodo de retorno, lo que quiere decir que se asocia el periodo de retorno al hidrograma de lluvia a utilizar, y por ende al caudal de diseño.

2.3.2. Cálculo de la precipitación media

La precipitación forma parte del ciclo hidrológico, es cantidad de agua que cae a la superficie terrestre, su cálculo del valor medio se puede realizar mediante el uso de tres metodologías:

- Media aritmética
- Polígonos de Thiessen
- Isoyetas

A continuación, se presenta los principios y limitantes de cada método:

METODO	CARACTERISTICA	VENTAJAS	LIMITANTES
Media aritmética	Promedio aritmético de los datos de todas las estaciones presentes en la cuenca hidrográfica en estudio	Método de simple aplicación. Requiere del uso de herramientas de fácil operación como calculadoras básicas, científicas, hojas de MS Excel	Se requiere de información completa en cada estación a utilizar. Resultados de estimación general (menor exactitud)
Polígonos de Thiessen	Construcción geométrica que permite una partición del plano euclídeo. Pondera los resultados según la ubicación de la estación en el plano.	Método de mayor exacta que la media aritmética. Se requiere de conocimiento medio de geoestadística. Se puede utilizar herramientas de información geográfica con conocimiento básico.	No considera la topografía, es decir estima los valores en base a la posición en el plano. Para mayor exactitud requiere de un mayor número de estaciones.
Isoyetas	Isolíneas (líneas de igual característica de una variable) que une los puntos que presentan la misma precipitación en una unidad de tiempo considerada.	Consideran la topografía y la distribución no uniforme de estaciones. Se puede utilizar herramientas de información geográfica con conocimiento básico.	Para mayor exactitud requiere de un mayor número de estaciones. En caso de no manejar SIG se requiere un conocimiento avanzado de geoestadística.

2.3.3. Relleno de datos hidrometeorológicos faltantes

Es posible que en una serie de datos exista vacíos de información y se tenga que descartar un año de datos debido a ciertos vacíos, esto no sería lo adecuado, para ello se han desarrollado una serie de procedimientos que permiten completar datos faltantes en alguna de las series temporales a analizar, entre ellos tenemos:

Media aritmética, utilizada cuando los datos no difieren entre ellos más de un 10 %, completando el dato diario que falta, mediante la media aritmética de los datos de las demás estaciones contiguas.

$$P_x = \frac{1}{n \left[\left(\frac{N_x}{N_1} \right) P_1 + \left(\frac{N_x}{N_2} \right) P_2 + \dots + \left(\frac{N_x}{N_n} \right) P_n \right]}$$

Dónde:

P_x : Precipitación de la estación "x" durante el período de tiempo a completar:

n : Número de estaciones pluviométricas con datos de registros continuos, cercanas a la estación "x", la cual va a ser completada en su registro.

P_1 a P_n : Precipitación de las estaciones 1 a n durante el período de tiempo a completar

N_x : Precipitación media anual, a nivel multianual de la estación "x"

N_1 a N_n : Precipitación media anual, a nivel multianual de las estaciones de 1 a n

Regresión lineal múltiple, se recomienda para la estimación de datos mensuales y anuales de la estación de estudio. El método está fundamentado en la determinación de una regresión y correlación lineal entre una estación patrón (información completa) y la que tenga carencia de datos (información faltante), mediante la solución de una ecuación lineal.

Es importante considerar ciertas condiciones, que permiten establecer una mejor correlación entre la estación patrón y la estación a ser completada:

- Las estaciones se encuentran dentro de la zona de estudio.
- La serie histórica de la estación patrón cuenta con registros de un período mínimo de 20 años.
- Los registros de la serie histórica de la estación a rellenar cuentan con datos faltantes de al menos 5 años.
- El coeficiente de determinación R^2 debe ser mayor o igual a 0,90
- En caso de que, en criterio anterior no se cumpla, se procede a eliminar estaciones mediante el siguiente criterio:
 - o Toda aquella variable x con valor menor o igual a 0,05, resultado del análisis de probabilidad, será descartada del análisis.
- En caso de que, R^2 adopta el valor de cero, se considera que la correlación es nula

$$y = mx + b$$

Donde:

y: Valor para determinar en la estación con datos faltantes

x: Valores conocidos de la estación patrón

m: Pendiente de la ecuación

b: Constante producto de $\bar{y} - m\bar{x}$

Método del National Weather Service (NWS), el dato faltante de una cierta estación puede ser estimado en base a los datos observados de estaciones circundantes, para valores diarios, mensuales y anuales.

Este método consiste en ponderar los valores observados en una cantidad igual al recíproco del cuadrado de la distancia entre cada estación circundante y la estación a ser rellenada.

$$P_x = \frac{\sum(P_i W_i)}{\sum w_i}$$

Donde:

P_x : Precipitación faltante calculada

P_i : Precipitación observada de las estaciones circundantes

$$W_i = \frac{1}{D_i^2}$$

Donde D_i es la distancia entre cada estación circundante y la estación incompleta

Cabe señalar que los métodos presentados suponen su aplicación a series de datos de precipitación diaria (lluvia en 24 horas).

2.3.4. Análisis estadístico de datos hidrometeorológicos

El objetivo del análisis estadístico es predecir cómo se comportarán las variables hidrometeorológicas en el futuro para diferentes períodos de retorno, se utiliza modelos probabilísticos discretos o continuos, estos son los siguientes:

FUNCIÓN	ECUACIÓN
Distribución Normal	$f(x) = \frac{1}{S\sqrt{2\pi}} e^{-1/2\left(\frac{x-\mu}{S}\right)^2}$ <p> f_x = función densidad normal de la variable x x = variable independiente μ = parámetro de localización, igual a la media aritmética S = Parámetro de escala, igual a la desviación estándar de x. </p>
Distribución Log Normal 3 parámetros	$f_x = \frac{1}{(x - x_o)\sqrt{(2\pi)S_y}} e^{-1/2\left(\frac{\ln(x-x_o)-\mu_y}{S_y}\right)^2}$ <p> Para $x > x_o$ x_o = parámetro de posición μ_y = parámetro de escala o media S_y^2 = parámetro de varianza </p>
Distribución Gamma 2 parámetros	$f_x = \frac{x^{\gamma-1} e^{-x/\beta}}{\beta^\gamma \Gamma(\gamma)}$ <p> Válido para: $0 \leq x < \infty$ $0 < \gamma < \infty$ $0 < \beta < \infty$ Donde: γ = parámetro de forma β = parámetro de escala </p>
Distribución Log Pearson Tipo III	$f_x = \frac{(\ln x - x_o)^{\gamma-1} e^{-\frac{(x-x_o)}{\beta}}}{x\beta^\gamma \Gamma(\gamma)}$ <p> Válido para: $x_o \leq x < \infty$ $-\infty < x_o < \infty$ $0 < \beta < \infty$ $0 < \gamma < \infty$ Donde: </p>

FUNCIÓN	ECUACIÓN
	x_o = parámetro de posición γ = parámetro de forma β = parámetro de escala
Distribución Gumbel (función de probabilidades usualmente utilizada para valores máximos aleatorios, obtenidos de poblaciones suficientemente grandes)	$f_x = e^{-e^{-\alpha(x-\beta)}}$ Donde: $\alpha = \frac{1,2825}{\sigma}$ $\beta = \mu - 0,45\sigma$ Finalmente, la expresión es: $x = \bar{x} + k\sigma_x$ Donde: x = valor con una probabilidad dada \bar{x} = media de la serie k = factor de frecuencia

Fuente: Ven Te Chow. 1994, Hidrología Aplicada

2.3.5. Pruebas de consistencia

La información disponible no siempre ha pasado por un control de calidad, en este caso es necesario realizar una serie de procesos para verificar la calidad de la información que vamos a manejar, entre estos procesos tenemos:

Homogeneidad, en el análisis estadístico de valores extremos, es conveniente comprobar que el grupo de datos que manejamos sea homogéneo desde el punto de vista estadístico, a través de pruebas de hipótesis como el “Test Chi cuadrado”, o el “Kolmogorov – Smirnov”.

Consistencia, es decir que las condiciones de medida de los datos de lluvia deberían ser las mismas y no variar a lo largo del tiempo, existen varias causas que ocasionan la falta de consistencia en los datos de una estación durante un periodo, entre ellas tenemos: cambios en las condiciones del aparato registrador, cambios en el procedimiento de observación y cambio de emplazamiento de la estación.

Para evitar la falta de consistencia de una serie temporal se utiliza el método denominado análisis de curvas de doble masa, el cual consiste en construir una curva doble acumulativa, en la cual son relacionados los totales anuales acumulados de una determinada estación con la media acumulada de los totales anuales de todas las estaciones del área de estudio. Si la serie de datos de una determinada estación es consistente durante un determinado periodo, la curva de doble masa en dicho periodo debe presentar una pendiente constante, caso contrario, si a partir de un determinado punto de la curva se produce un cambio de pendiente comienza un periodo con datos no consistentes.

$$M_a = \frac{(\sum_{i=1}^k P_{xi})}{(\sum_{i=1}^k P_{ei})}$$

En caso de no existir cambio de pendiente M_a , la estación x es homogénea, donde k es el número de años a considerar para precipitación P

Al contrario, de no existir homogeneidad en la pendiente M_o , los datos deben ser corregidos para las condiciones actuales.

$$P_{aj} = \left(\frac{M_a}{M_o} \right) P_o$$

Donde:

P_{aj} : Observaciones de precipitación ajustadas a las condiciones actuales de localización.

P_o : Datos observados que deben ser corregidos

M_a : Pendiente de la recta durante de período correcto

M_o : Pendiente de la recta donde se hicieron observaciones

$$P_{ei} = \frac{1}{n} \left(\sum_{j=i}^n P_j \right)$$

P_j : Precipitación de la estación j de la región homogénea

n : Número de estaciones de la región homogénea considerada

m : Número total de años considerados

2.3.6. Determinación de la tormenta de diseño

La tormenta de diseño es el patrón de precipitación a utilizar en el diseño hidrológico, usualmente los caudales resultantes se obtienen de modelos lluvia-escorrentía y tránsito de caudales.

Las tormentas de diseño se basan en información histórica de precipitación de una zona o se construyen a partir de las características generales de una zona adyacente.

La tormenta de diseño puede tener (2) dos aplicaciones:

- Determinación de caudales picos, ejemplo: proyectos de drenaje agrícola y urbano
- Hietogramas de tormenta como entradas para el análisis lluvia-escorrentía en embalses de retención, ejemplo: proyectos de abastecimiento de agua para consumo y riego, control de inundaciones.

Curvas de intensidad, duración y frecuencia (IDF)

Son elementos de diseño que relacionan la intensidad de la lluvia, su duración y frecuencia con la que se puede presentar, es decir su probabilidad de ocurrencia (período de retorno).

$$i = \frac{P}{t}$$

Donde:

i : Intensidad de la precipitación (mm/h)

P : Precipitación en mm

t : Duración (tiempo), en horas

Para la determinación de las curvas IDF es necesario contar con información pluviográfica, de la cual se seleccionará la de mayor intensidad en diferentes duraciones para cada año de información. Esto con la finalidad de realizar un estudio de frecuencia.

Es importante señalar que, la construcción de series anuales conlleva un largo proceso, el cual involucra la lectura y análisis de rollos o fajas pluviográficas, los cuales pasan por un proceso de digitalización de la información, así como su validación. En el Ecuador se dispone del Estudio de “Determinación de ecuaciones para el cálculo de intensidades máximas de precipitación” desarrollado por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología – INAMHI, el cual establece curvas IDF para periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 100 años, así como las ecuaciones de intensidad máxima de cada estación en estudio.

Además, este estudio determina ecuaciones para curvas IDF, siendo su modelo general el siguiente:

$$I = \frac{a}{(D + b)^m}$$

Donde:

I: Intensidad de la lluvia de diseño

D: Duración

a, b, m: Coeficientes que varían con el lugar y período de retorno.

Una curva IDF supone una relación entre las intensidades medias máximas esperables, para cada duración de precipitación, con un periodo de retorno considerado. El proceso de obtención está suficientemente descrito en muchos textos de hidrología.

Cabe destacar que la lluvia de diseño es igual al tiempo de concentración T_c para el área de escurrimiento considerada, ya que la escorrentía alcanza su pico cuando su total está contribuyendo al área de salida.

Básicamente para obtener las curvas IDF se debe realizar el siguiente proceso:

- Considerar todas las precipitaciones registradas a lo largo de un gran número de años, a nivel de hietograma y en intervalos de registro de al menos 10 minutos.
- Ordenar estas precipitaciones, clasificándolas en base a los diferentes intervalos de referencia (10, 15, 20, 25, 30, 60, 120 minutos, etc.)
- Obtener, para cada intervalo de referencia, la serie de Intensidades Medias Máximas Anuales para cada año de registro
- Obtener a partir de una distribución de extremos, para cada intervalo de referencia, las Intensidades Medias Máximas Anuales para cada periodo de retorno, y ;
- En base a los datos anteriores definir la familia de curvas Intensidad-Duración-Frecuencia de la estación de estudio, a partir de los puntos con igual periodo de retorno.

Ecuaciones IDF en función de las precipitaciones máximas en 24 horas

En el Ecuador existe escasa información pluviográfica, por lo cual en ciertas zonas es difícil la construcción de ecuaciones IDF, por lo tanto, es importante realizar un análisis de precipitaciones máximas en 24 horas, generalmente estimadas a partir de la intensidad máxima en 24 horas.

$$P_d = P_{24h} \left(\frac{d}{1440} \right)^{0,25}$$

Donde:

P_d : Precipitación total, en mm

d : Duración en minutos

P_{24h} : Precipitación máxima en 24 horas

Como se indicó anteriormente, las curvas IDF representan un nivel de información global referente al comportamiento pluviométrico de una zona. Su construcción se realiza analizando los registros de todas las tormentas y sus periodos más intensos de precipitación.

Al igual que para las ecuaciones IDF para distintas duraciones y periodos de retorno, el Estudio de "Determinación de ecuaciones para el cálculo de intensidades máximas de precipitación" desarrollado por el INAMHI, también presenta la determinación de las curvas IDF para intensidades máximas de 24 horas, por zonas (demarcaciones hidrográficas).

Hietograma de diseño

En ciertas ocasiones es necesario conocer la evolución del período más lluvioso determinado en una serie. Dado que las curvas IDF recogen una información histórica de la pluviometría de la cuenca, estas se convierten en un punto de partida para construir la lluvia de proyecto necesaria para el diseño hidrológico.

Varias son las metodologías de construcción de la lluvia del modelo, entre ellas tenemos:

Método del bloque alterno

Es un método simple de diseño de hietograma a partir de una curva IDF, el hietograma resultante especifica la profundidad de precipitación en un número n de intervalos de tiempo sucesivos de duración Δt , sobre una duración total de $Td = n * \Delta t$

Tormenta triangular

Es el método utilizado en cuencas de mayor tamaño, donde existe aumento de tiempos de concentración, este método supone que la intensidad de precipitación sigue una distribución triangular. Se puede partir bien de un dato de precipitación diaria en 24 horas o de los datos de una curva IDF.

Existen otros métodos de diseño de tormenta que se ajustan a la disponibilidad de información y experticia en el análisis de datos estadísticos, entre estos tenemos: *Tormenta tipo Sifalda*, *Flood Studies Report*, *Lluvias tipo Keifer-Chu*, *Lluvias doble triangulo*.

2.3.7. Precipitación efectiva de la cuenca

La precipitación efectiva P_e es la precipitación que no se retiene en la superficie terrestre y tampoco se infiltra en el suelo. Después de fluir a través de la superficie de la cuenca el exceso de precipitación se convierte en escorrentía directa.

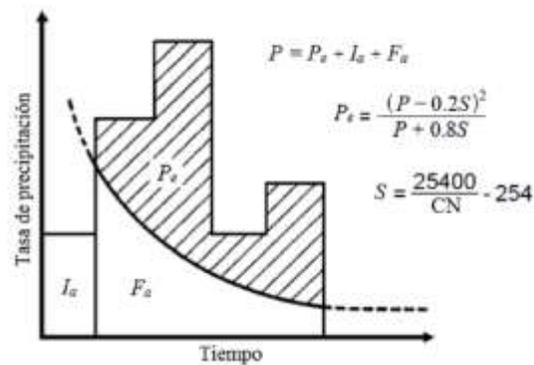
La gráfica de Precipitación efectiva vs. el hietograma de exceso de precipitación es un componente clave para el estudio de las relaciones lluvia – escorrentía.

La diferencia entre el hietograma de lluvia total y el hietograma de precipitación efectiva se conoce como abstracción o pérdida. Las pérdidas son primordialmente agua absorbida por filtración, intercepción y almacenamiento superficial.

El hietograma de precipitación efectiva puede calcularse a partir del hietograma de precipitación total, el método más difundido es el método del Soil Conservation Service (SCS) para abstracciones.

El principio del método SCS es que la escorrentía directa es siempre menor o igual a la profundidad de precipitación, de manera similar, después de que la escorrentía se inicia, la profundidad adicional del agua retenida en la cuenca es menor o igual a alguna retención potencial máxima.

La clave de este método es que la precipitación inicial no produce escorrentía directa. Esta magnitud se conoce como abstracción inicial.



$$\frac{F_a}{S} = \frac{P_e}{P - I_a}$$

$$P = P_e + I_a + F_a$$

Combinando las dos ecuaciones anteriores tenemos:

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S}$$

Donde:

$$I_a = 0,2S$$

Finalmente se tiene:

$$P_e = \frac{(P - 0,2S)^2}{P + 0,8S}$$

Donde:

$$S = \frac{1000}{CN} - 10$$

La variable S se encuentra expresada en unidades de lámina de agua: pulgadas o mm.

La calibración del parámetro CN (número adimensional) corresponde al área específica de estudio, con datos de campo, o conocimiento de las características propias de los suelos del área de interés.

Cabe señalar, que los números CN se aplican para condiciones antecedentes de humedad normales (AMC II), para condiciones secas (AMC I) y para condiciones húmedas (AMC III).

$$CN(I) = \frac{4,2CN(II)}{10 - 0,058CN(II)}$$

$$CN(III) = \frac{23CN(II)}{10 - 0,13CN(II)}$$

Grupo AMC	Lluvia antecedente total de 5 días (pulg)	
	Estación inactiva	Estación activa
I	Menor que 0,5	Menor que 1,4
II	0,5 a 1,1	1,2 a 2,1
III	Sobre 1,1	Sobre 2,1

Fuente: Soil Conservation Service

Los números Cn son tabulados considerando el tipo de suelo y uso de la tierra, así tenemos:

- Grupo A: arena profunda, suelos profundos, depositados por viento, limos agregados
- Grupo B: Suelos pocos profundos depositados por el viento, marga arenosa.
- Grupo C: Margas arcillosas, poco profundas con bajo contenido orgánico, suelos con alto contenido de arcilla.
- Grupo D: Suelos que se expanden significativamente cuando se mojan, arcillas altamente plásticas y ciertos suelos salinos.

Para obtener una descripción de números CN para tierras de uso agrícola debe remitirse al Manual del Soil Conservation Service, Capítulo 9, 1972.

Análisis de niveles y caudales

A través del análisis estadístico de los registros históricos de caudales de la fuente sea estas río, quebradas, manantiales o arroyos, es posible determinar los volúmenes probables de agua disponibles para la ejecución de un proyecto de riego. Esta información es de suma importancia para la elaboración del balance hídrico, planificación de cultivos y distribución del agua de riego.

Los siguientes elementos son importantes dentro del proceso hidrométrico:

Red: corresponde a los puntos estratégicos donde se realizará las mediciones.

Registro: conjunto de datos que nos permiten determinar las series históricas tanto de caudales como de niveles de agua.

Aforo: corresponde a la medición del caudal o gasto de agua que pasa por la sección transversal de un conductor (río, riachuelo, canal, tubería) de agua. Este caudal depende directamente del área de la sección transversal a la corriente y de la velocidad media del agua.

En el caso de no existir aforos se utilizan los datos de precipitación como datos de entrada a una cuenca para producir un caudal, cuando ocurre un evento de precipitación, la cuenca se humedece de manera progresiva, infiltrándose una parte en el subsuelo y luego de un tiempo el flujo se convierte en flujo superficial.

Las metodologías de transformación de lluvia a caudal son las siguientes:

Método Racional

Este método tiene como principio la estimación del caudal máximo a partir de la precipitación, abarcando todas las abstracciones en un solo coeficiente denominado “coeficiente de escorrentía” el cual se estima sobre la base de las características de la cuenca en estudio.

Este método es recomendado para cuencas de área menores a 10 kilómetros cuadrados, considerando que la duración de la precipitación es igual al tiempo de concentración t_c . La expresión para determinar la descarga máxima de la cuenca es la siguiente:

$$Q = \frac{C * I * A}{360}$$

Donde:

- Q : Descarga máxima de diseño (m^3/s)
- C : Coeficiente de escorrentía
- I : Intensidad de precipitación máxima horaria (mm/h)
- A : Área de la cuenca (ha)

Coeficientes de escorrentía

COBERTURA DEL SUELO	TIPO DE SUELO	PENDIENTE				
		>50	20 - 50	5 - 20	1 - 5	0 - 1
Sin vegetación	Impermeable	0.80	0.75	0.70	0.65	0.60
	Semipermeable	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50
	Permeable	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
Cultivos	Impermeable	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50
	Semipermeable	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40
	Permeable	0.40	0.35	0.30	0.25	0.20
Pastos vegetación ligera	Impermeable	0.65	0.60	0.55	0.50	0.45
	Semipermeable	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
	Permeable	0.35	0.30	0.25	0.20	0.15
Hierba	Impermeable	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40
	Semipermeable	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
	Permeable	0.30	0.25	0.20	0.15	0.10
Bosque vegetación densa	Impermeable	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
	Semipermeable	0.45	0.40	0.35	0.30	0.25
	Permeable	0.25	0.20	0.15	0.10	0.05

Fuente: Benítez, et al, 1980.

Método Racional Modificado

Es un método según la ecuación propuesta por Témez 1987 – 1991, adaptada a las condiciones climáticas del hemisferio norte, permite estimar de forma rápida caudales pico, en cuencas hidrográficas de área menos a 770 km² y con t_c de 0,25 a 24 horas, la ecuación es la siguiente:

$$Q = \frac{C * I * A * K}{360}$$

Donde:

- Q : Descarga máxima de diseño (m³/s)
- C : Coeficiente de escorrentía
- I : Intensidad de precipitación máxima horaria (mm/h)
- A : Área de la cuenca (ha)
- K : Coeficiente de uniformidad

$$K = 1 + \frac{t_c^{1,25}}{t_c^{1,25} + 14}$$

Donde el t_c es calculado mediante la siguiente ecuación:

$$t_c = 0,3 \left(\frac{L}{S^{0,25}} \right)^{0,76}$$

- t_c : Tiempo de concentración (horas)
- L : Longitud del cauce mayor (Km)
- S : Pendiente promedio del cauce mayor (m/m)

Hidrograma unitario

Es un gráfico que muestra la variación en el tiempo de alguna información hidrológica, es decir el hidrograma de escorrentía directa que se produciría a la salida de una cuenca si sobre ella se produjera una precipitación neta por unidad de duración por ejemplo un milímetro de precipitación durante una hora.

El hidrograma unitario se puede considera como un impulso unitario en un sistema lineal. Por lo tanto, se aplica el principio de la superposición, ejemplo: 2 centímetros de escorrentía producirán un hidrograma con todas las ordenadas 2 veces más grandes que aquellas de hidrograma unitario (la suma de 2 hidrogramas unitarios).

Matemáticamente el hidrograma unitario se expresa como:

$$q(t) = \int i(t) U(t - T) dt$$

Donde:

- $q(t)$: Función del hidrograma de salida
- $i(t)$: Función del hidrograma de entrada.

2.4. Definición del modelo numérico para el diseño hidrológico

Se parte por la definición de modelo, como una representación abstracta, que simula el comportamiento de un sistema real. En el proceso de construcción de un modelo hidrológico, se considera los elementos o variables descritos anteriormente. La clasificación de los distintos modelos se establece a partir de dos grupos: físicos y conceptuales, en el diseño hidrológico lo más acertado son los modelos de tipo conceptual, los cuales se clasifican en base a parámetros como aleatoriedad y la variación espacial y temporal.

En este contexto, los modelos de tipo conceptual pueden ser: Determinísticos o Estocásticos, en el caso de modelos determinísticos son lo más utilizados en el diseño de obras hidráulicas, pues no permiten aleatoriedad en una simulación, así tenemos: modelos agregados, distribuidos y semidistribuidos en función de su espacialidad y en función de su temporalidad en modelos eventuales y continuos, los primeros describen un evento específico dentro de una serie de sucesos, y los segundos sintetizan procesos hidrológicos por un período más amplio.

A continuación, se presenta el esquema de desarrollo de un modelo hidrológico:

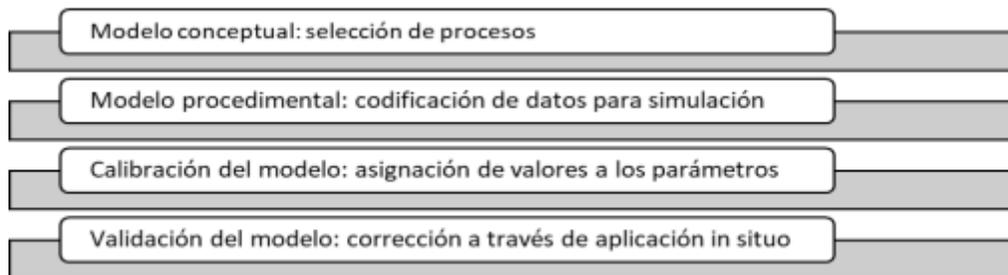


Ilustración 3. Esquema sugerido para la construcción de un modelo hidrológico

Muchos modelos requieren de un complejo análisis de sus ecuaciones constitutivas como es el caso de ecuaciones diferenciales, por lo tanto, se hace necesario simplificarlas de manera que puedan ser reconocidas y procesadas por un sistema de cómputo o llamado software de modelación, para ello los avances en hidrología permiten tener varias herramientas de este tipo, entre ellas tenemos:

Es importante señalar que el proceso de calibración es la etapa en la cual se asignan valores a todos los parámetros del modelo de manera tal que, los resultados a la salida del modelo se ajusten lo mejor posible a los datos históricos registrados, esto implica utilizar herramientas estadísticas para minimizar la diferencia entre valores simulados y registrados. Algunos indicadores estadísticos utilizados son: el error medio cuadrático, el criterio de Schultz, el coeficiente de Nash-Sutcliffe y el balance de masas.

HERRAMIENTA	PROCESO	PRINCIPIO
ArcGIS / /QGIS / SAGA GIS Geostatistical Environmental Assessment Software (GEOEAS) R Studio	Sistemas que colaboran en recopilar, organizar, administrar, analizar, compartir y distribuir información geográfica.	Coadyuvan a los usuarios para incorporar información geográfica en sus análisis de modelos, toma de decisiones, presentación de planes, extracción de información.
Hydrologic Modeling System (HEC-HMS)	Diseñado para simular los procesos hidrológicos de cuencas.	Procesos de análisis hidrológico- tradicionales, como eventos de infiltración, hidrogramas unitarios, y enrutamiento hidrológico. HEC-HMS también incluye los

HERRAMIENTA	PROCESO	PRINCIPIO
		módulos para la evapotranspiración, derretimiento de nieve, y cálculo de la humedad del suelo
MODFLOW	Modelo de agua subterránea por diferencias finitas desarrollado por el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS).	Modelamiento numérico, capaz de simular el flujo de agua subterránea en dos o tres dimensiones, simula los principales procesos físicos relacionados con el régimen de agua subterránea como recarga, evapotranspiración, bombeo, drenaje.
TR-20: Project Formulation - Hydrology	Programa informático para la formulación de proyectos de hidrología	Calcula la escorrentía directa y desarrolla hidrogramas resultantes de cualquier tormenta de lluvia natural o sintética. Los hidrogramas desarrollados se enrutan a través de tramos de arroyos y valles, así como a través de embalses. Los hidrogramas se combinan de los afluentes con los del cauce de la corriente principal. También se pueden acomodar el flujo ramificado (desviaciones) y el flujo base.
SWMM (Modelo de Gestión de Agua de Tormenta)	Se utiliza para la planificación, el análisis y el diseño relacionados con la escorrentía de aguas.	Gestiona aguas pluviales para transformar a escorrentía a través de la infiltración y retención, y ayuda a reducir las descargas que causan el deterioro de los cuerpos de agua.
TETIS v9	Modelo de simulación hidrológica, del ciclo de sedimentos y del ciclo de nitrógeno.	Modelo de tipo distribuido en el espacio mediante una subdivisión de la cuenca en celdas regulares, se pueden resolver problemas tanto de Crecidas y Erosión (discretización temporal de minutos u horas)
Precipitation Runoff Modeling System (PRMS)	Es modelo basado en un sistema modular, de parámetros espacialmente distribuidos, que representa los procesos físicos de una cuenca hidrográfica.	Evalúa los efectos de varias combinaciones de geomorfología, tipo y uso de suelo, vegetación y parámetros climáticos sobre la respuesta hidrológica de la cuenca.
AFINS_2.0	Modelo para el análisis de la frecuencia de extremos hidrológicos (caudal o lluvia).	Modela en un punto definido utilizando información sistemática (medida sin ningún tipo de censura estadística) y/o no sistemática (con censura estadística) y con las hipótesis de estacionalidad e independencia de la muestra observada.
CHAC (Cálculo Hidrometeorológico de aportaciones y crecidas)	Los módulos del programa permiten el manejo de series temporales, la evaluación de recursos hídricos y la estimación de caudales máximos.	Las estimaciones se basan en el método racional. Es de libre distribución.
SWAT (Soil & Water Assessment Tool)	Permite simular la producción de agua y sedimentos en cuencas hidrográficas, así como el impacto que en la calidad del agua tienen las prácticas agronómicas en cuencas con variedad en suelos y usos de tierra.	Combina bases físicas y conceptuales con procedimientos empíricos, delimita la cuenca a partir de los datos de altitud, posteriormente la divide en subcuencas.
WEAP (Sistema de Evaluación y	Es una herramienta computacional	Coloca el lado de la demanda (patrones de

HERRAMIENTA	PROCESO	PRINCIPIO
Planificación del agua)	amigable que provee un enfoque integral para la planificación de los recursos hídricos.	uso del agua, eficiencia del equipo, reutilización, costos y asignación) en igualdad de condiciones con el lado de la oferta (flujo de aguas, aguas subterráneas, embalses y transferencias de agua).
FletchClimate Water Cycle Integrator (WCI) Giovanni (Geospatial Interactive Online Visualization And Analysis Infrastructure) Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data (CHIRPS) International Precipitation Working Group (IPWG) Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) Climatic Research Unit (CRU)	Fuentes globales de información de diferentes variables hidrometeorológicas: precipitación	Información hidrometeorológica libre a escala global, permite establecer el contexto sobre el comportamiento de una cuenca.
LandFlux-EVAL WATCH (Water and Global Change)	Fuentes globales de información de diferentes variables hidrometeorológicas: evapotranspiración	Información hidrometeorológica libre a escala global, permite establecer el contexto sobre el comportamiento de una cuenca.
EUMESAT Soil Moisture CCI (Climate Change Initiative) Soil Moisture Active Passive (SMAP) International Soil Moisture Network (ISMN)	Fuentes globales de información de diferentes variables hidrometeorológicas: humedad del suelo	Información hidrometeorológica libre a escala global, permite establecer el contexto sobre el comportamiento de una cuenca.
DEM del globo a resolución de 30 arcos de segundo denominado GTOPO30. La misión SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) EarthExplorer USGS	Fuentes globales de información de diferentes variables: topografía	Información topográfica libre a escala global, permite establecer las características morfológicas de una cuenca.
Mapa de Uso y cobertura del suelo del Ecuador Continental MAG Global Land Cover Facility	Fuentes globales de información de diferentes variables: uso y cobertura del suelo	Información de uso y cobertura del suelo libre a escala global, permite establecer las características edafológicas de la cuenca.

Anexo 4. Estudio agronómico

1. Estudio del clima de la zona

1.1. Datos meteorológicos

Ubicación y descripción de la estación: Los datos meteorológicos y agroclimáticos se obtendrán de la estación más cercana del área de estudio y debe contener la siguiente información:

Tabla 30. Ubicación y descripción de la estación

Provincia	Pichicha
Cantón	Quito
Parroquia	Chillogallo
Estación	Izobamba
Código	M0003
Altitud	3058 m.s.n.m
Tipo	Agrometeorológicas
Latitud	0°22'0"
Longitud	78°33'0"

Identificar la estación tipo instalada y los elementos que contiene:

Ejemplo: UNIDAD CENTRAL (datalogger), con panel de conexiones sin teclado ni visualizador. Permite la conexión de los diferentes sensores, la programación de las tareas de lectura de los sensores y cálculos, así como el almacenamiento de la información generada.

SENSORES:

- Sensor de temperatura y humedad relativa
- Sensor de precipitación o pluviómetro
- Sensor de velocidad y dirección del viento o anemoveleta
- Sensor de radiación solar
- Sensores de flujo de calor en el suelo

Datos meteorológicos a tomar.

Los datos tomados de temperatura mínima y máxima, humedad, velocidad del viento e insolación deben ser promedios diarios mensuales

Para la precipitación los datos tomados deben ser promedios anuales para el cálculo de la precipitación confiable y promedios mensuales de precipitación para el cálculo de precipitación efectiva por un periodo de 10 años.

- Temperatura mínima
- Temperatura máxima
- Humedad relativa
- Velocidad del viento
- Insolación o horas de luz
- Precipitación

Tabla 31. Datos climatológicos

Mes	Tem Min	Tem Max	Humedad	Viento	Insolación	Eto
	°C	°C	%	Km/día	Horas	mm/día
Enero						
Febrero						
Marzo						
Abril						
Mayo						
Junio						
Julio						
Agosto						
Septiembre						
Octubre						
Noviembre						
Diciembre						
Promedio						

Tabla 32. Datos de precipitación

PROMEDIOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN (mm)			PRECIPITACIÓN TOTAL ANUAL (mm)	
Enero				2010
Febrero			2011	
Marzo			2012	
Abril			2013	
Mayo			2014	
Junio			2015	
Julio			2016	
Agosto			2017	
Septiembre			2018	
Octubre			2019	
Noviembre			2020	
Diciembre			Promedio	

2. Estudio del suelo en la zona

En el Estudio se debe realizar los análisis de suelo tanto físico como químico que nos permite determinar los contenidos de macros y micronutriente de interés agrícola; así como, las características físicas que presenta el suelo.

Adicionalmente se realizarán calicatas y sondeos, de parámetros y clasificaciones.

2.1. Objetivo

El objetivo fundamental del estudio es la obtención de un mayor grado de precisión tanto en la delimitación de las unidades de suelo como en la evaluación de tierras para riego mediante la definición de las propiedades técnicas de las diferentes unidades respecto al riego y drenaje como son:

- Profundidad efectiva.
- Textura superficial.
- Velocidad de infiltración.
- Conductividad hidráulica.
- Pendiente del terreno.

Para cada uno de estos parámetros se deben realizar los correspondientes mapas temáticos, que pueden servir de base para la ejecución de los proyectos tanto de riego como de drenaje y aportando para cada subclase de tierras, las recomendaciones, respecto a cultivos, métodos de riego y su manejo, condiciones de drenaje en mejoras necesarias para su transformación.

2.2. Condiciones de trabajo

Para el estudio se debe realizar calicatas en un promedio de 1 a 2 por cada hectárea, dependiendo de la variabilidad del suelo elegido y su profundidad debe ser de 2 m, estas deben estar ubicadas en forma equidistante.

2.3. Metodología

La metodología sugerida para el estudio, se propone las siguientes fases:

- Cartografía 1:10.000
- Fotointerpretación
- Trabajo de campo
- Trabajo de laboratorio
- Propiedades de suelo
- Clasificación de tierra para riego
- Informe final y mapas

2.4. Trabajo de campo

Se tiene que describir los perfiles del suelo, definiendo las siguientes propiedades:

- Profundidad efectiva.
- Textura y estructura.
- Pedregosidad.
- Profundidad a la capa impermeable.
- Pendiente del terreno.
- Material parental.
- Conductividad hidráulica.
- Salinidad.

Las pruebas de la velocidad de infiltración básica se deben realizar por el método del doble anillo de Muntz (duplicados para constatar su fiabilidad).

2.5. Trabajo de laboratorio

Se debe seleccionar las calicatas más representativas de los diferentes tipos de suelos presentes en la zona de estudio, realizando las siguientes determinaciones analíticas.

- Materia orgánica.
- Caliza total.
- C.E. (Extracto 1:2,5).
- pH (Extracto 1:2,5).
- Análisis granulométrico.
- Capacidad de campo.
- Punto de marchitez

Adicionalmente de las muestras de los perfiles se debe realizar las siguientes determinaciones

- Capacidad de intercambio catiónico (C.I.C)
- Cationes del complejo absorbente (meq/100 g)
- Extracto de saturación:
 - o Humedad de saturación (%)
 - o pH
 - o Conductividad eléctrica (meq/100 g)
 - o Aniones y cationes (meq/l)

2.6. Profundidad efectiva

Hace referencia a la profundidad de suelo útil para el crecimiento de las plantas y para la retención de humedad. Se establecen los siguientes intervalos de variación.

Tabla 33. Valore de variación de la profundidad efectiva del suelo

Símbolo	Descripción	Valor (cm)
1	Muy profundo	>100
2	Profundo	75-100
3	Moderadamente profundo	50-75
4	Superficial	25-50
5	Muy superficial	<25

2.7. Pendiente

La nomenclatura empleada para describir la pendiente del suelo suele ser la siguiente:

Tabla 34. Descripción de la pendiente del suelo

Símbolo	Pendiente (%)	Descripción
A	0-2	Casi llano
B	2-5	Pendiente suave
C	5-9	Pendiente moderada
D	9-16	Pendiente fuerte

2.8. Textura superficial

La textura de la parte más superficial del suelo (0-30 cm: horizontes A) es un importante indicador de la facilidad de laboreo, erosionabilidad y de la velocidad de infiltración del suelo.

Los cinco grupos texturales que se establecen son:

Tabla 35. Grupos texturales de suelos

Símbolo	Descripción	Clase de textura que incluye
V	Muy fina (Muy pesada)	Arcilloso pesado (60% de arcilla)
H	Fina (pesada)	Arcillosa, Arcillo-Limosa, Arcillo-Arenosa, Franco-Arcillo-Limosa, Franco-Arcillosa pesada
M	Media	Franco-Arcillosa ligera, Franco-Limosa, Franca, Franca-Arenosa muy fina
L	Gruesa (ligera)	Franco-Arenosa fina, Franco-Arenosa, Arena Franca-fina
C	Muy gruesa (muy ligera)	Arena Franca, Arenosa y Arenosa-gruesa

2.9. Velocidad de infiltración

Los valores de velocidad de infiltración superficial dependen de múltiples factores tales como la textura superficial, estructura, contenido de gravas, etc.

- Para los suelos de textura arenosa, las infiltraciones son muy altas y excesivas, con valores comprendidos entre 97 y 140 mm/h.
- Para texturas francas, franco arcillo arenosas e incluso arcillo arenosas, las infiltraciones están comprendidas entre 20 y 40 mm/h.
- Para texturas finas del tipo franco arcilloso, las infiltraciones resultan ser moderadas, quedando comprendidas en un intervalo entre 10 y 20 mm/h.
- Por último, para las texturas muy finas de tipo arcilloso las infiltraciones son lentas entre 3 y 10 mm/h, y por lo general inferiores a 6 mm/h.

2.10. Permeabilidad, conductividad hidráulica

La permeabilidad es la propiedad que hace referencia a la capacidad de un suelo para transmitir agua y aire. Se determina a través del valor de la conductividad hidráulica.

Los grados establecidos son:

Tabla 36. Valores de Conductividad Hidráulica

Símbolo	Clase	Textura probable	Estructura probable	Valor de K m/día
1	Muy lenta	H ó V	Masiva-columnar	<0,03
2	Lenta	H ó V	Prismática-Bloques angulares-Laminar	0,03 – 0,12
3	Moderadamente lenta	V ó M	Prismática-Bloques angulares- Laminar	0,12 – 0,50
4	Moderada	M	Prismática-Bloques subangulares	0,50 – 1,5
5	Moderadamente Rápida	L	Bloques subangulares, granular, migajosa	1,5 – 3,0
6	Rápida	C	Migajosa – Grano simple	3,0 – 6,1
7	Muy rápida	C y grava	Grano simple	> 6,1

2.11. Capacidad de retención de humedad

La capacidad de retención de humedad se representa en cuatro intervalos:

Tabla 37. Valores de la Capacidad de retención de humedad

CAPACIDAD DE RETENCION	ESPESOR
Muy alta	>15 cm
Alta	11-15cm
Media	6-11
Baja	<6 cm

2.12. Capacidad de drenaje

Determinar el drenaje natural de la zona de estudio fundamentalmente de los cursos de agua que la bordean o atraviesan, el riesgo de anegamiento con precipitaciones y si es necesaria la construcción complementaria de una red de drenaje para dar salida rápida a las aguas procedente de los excesos tanto de riego como de escorrentía superficial del agua de lluvia. La orografía (relieve) del terreno contribuirá a la determinación del drenaje.

2.13. Conclusiones

Con toda la información de los estudios realizados de suelo y otras adicionales se deben determinar las conclusiones que ayuden al desarrollo del proyecto.

3. Estudio del Agua de Riego

3.1. Datos del agua de riego

Las muestras tomadas de los diferentes puntos deben tener la siguiente información:

Tabla 38. Toma de muestras

DATOS PARA LA TOMA DE MUESTRAS									
DETALLE	PUNTO 1			PUNTO 2			PUNTO n...		
Nombre de la fuente									
Tipo de fuente									
Coordenadas	X	Y	COTA	X	Y	COTA	X	Y	COTA

Para las muestras tomadas es necesario determinar en laboratorio la calidad de agua para riego, para su evaluación tomar en cuenta el anexo de calidad de agua.

Para su análisis físico del agua es de carácter obligatorio determinar el color, olor, turbiedad y materiales en suspensión.

3.2. Evaluación de la calidad del agua

A partir de los parámetros más significativos, se evaluará la calidad del agua de riego en base a los valores de referencia recomendados

3.3. Conclusiones

A partir de los estudios realizados de la calidad de agua y con la evaluación y los parámetros más significativos emitir recomendaciones para el uso del agua para riego.

4. Cultivos de la zona de riego

Según los antecedentes descritos en los estudios de clima, suelo y agua de la zona regable y en función de la cultura agrícola, se puede proponer un listado de cultivos aptos para las condiciones agronómicas.

Ejemplo: El Maíz (*Zea mays*) es un cereal perteneciente a la familia de las gramíneas.

Tabla 39. Características morfológicas del cultivo

CICLO	Anual
RAIZ	Fasciculada, de tres tipos: seminales, permanentes y fasciculadas
TALLO	Erecto, en forma de caña, macizo en su interior y grueso (>15mm)
HOJAS	Hojas anchas con nervio central marcado Alternas, abrazadoras, largas y paralelinervias
FLORES	Planta monoica. Flores masculinas: dispuestas en panícula terminal, formadas por palea, lemma, 2 lodículas y 3 estambres. Dos flores en cada espiguilla. Flores femeninas: en inflorescencias axiales, lemma y palea reducidas, glumas reducidas, estilo de gran longitud. Dos flores en cada espiguilla.
FRUTOS	Mazorca constituida por una carióspside de color normalmente amarillo

Tabla 40. Requerimiento del cultivo

CLIMA	Zonas tropicales y templadas. Necesita mucha luz, no crece a la sombra.
TEMPERATURA	Planta de climas templados. Temperatura mínima germinación: 10°C en el suelo. Temperatura óptima germinación: 21-26°C. Temperatura óptima crecimiento: 21-30°C.
HELADAS	Planta muy sensible al frío y a las heladas.
HUMEDAD	Exigencias importantes. El periodo de polinización es particularmente sensible. 400-650 mm de agua en el periodo de crecimiento. Requerimiento medio de 25 mm agua/semana en la fase de crecimiento. En la etapa de emisión de sedas y formación de la mazorca requiere 40 mm/semana. La falta de humedad causa pérdidas de hasta el 60%.
SUELO	Se adapta a diferentes condiciones edáficas, pero soporta mal el encharcamiento. Necesita suelo suelto en profundidad. Mejor adaptación a texturas de tipo medio, con buen contenido en materia orgánica. Para garantizar la máxima uniformidad en la emergencia de la planta, el lecho de siembra ha de ser uniforme. Profundidad de siembra superficial: de 2-2,5 cm. PH idóneo: entre 6-7; aunque se adapta a valores superiores e inferiores.

Tabla 41. Fecha de siembra y rendimiento

Área cultivada	100 hectáreas
Mes de siembra	Abril
Mes de cosecha	Octubre
Rendimiento	4.72 ton/ha

La fenología del maíz puede dividirse en cuatro etapas: inicial, desarrollo, media y final. Los valores de referencia del coeficiente de cultivo (Kc) son los que se muestran a continuación en la zona de estudio:

Tabla 42. Fenología del cultivo de maíz

PERÍODOS	INICIO	DESARROLLO	MEDIA	FINAL	
FECHA APROXIMADA	09/04 → 21/05	21/05 → 01/07	01/07 → 27/08	27/08 → 15/10	
	42 DÍAS	42 DÍAS	56 DÍAS	49 DÍAS	
Kc APROXIMADOS	0,4	0,4	1,15	1,15	0,35



5. Diseño agronómico del riego

Para el diseño agronómico del riego es necesario considerar los siguientes parámetros:

- Clima
- Cultivos
- Suelo
- Condiciones de operación del sistema

5.1. Clima

5.1.1. Evapotranspiración

Métodos para determinar la evapotranspiración potencial

Existen varios métodos para determinar la Evapotranspiración potencial (ET_p), los más comunes son los siguientes:

- Por muestreo de humedad del suelo
- Lisímetros
- Tanque de evaporación
- Balance de agua
- Balance de energía; y
- Método o formulas empíricas

De todos estos métodos, los que tiene mayor aplicación práctica son los métodos empíricos, lisímetros y tanque de clase "A".

a) Método del lisímetro

El método de lisímetro es la forma directa y exacta de medir la evapotranspiración potencial, a partir de un aparato o estructura llamado lisímetro, durante un periodo determinado. La determinación de la evapotranspiración potencial mediante un lisímetro se hace mediante la siguiente relación:

$$ET_o = D_a - D_d$$

Ecuación 1. Método del lisímetro

Dónde:

ET_o: Evapotranspiración potencial (mm)

D_a: Cantidad de agua aplicada (mm), y

D_d: Cantidad de agua drenada

b) Método de tanque evaporación clase "A"

Este método consiste en encontrar una relación entre la tasa de evapotranspiración producida en un lisímetro y la tasa de evaporación producida en un tanque de evaporación clase "A", que mide 1.20 m de diámetro, 0.25 m de profundidad, y se instala a 0.15 m por sobre el nivel de terreno. La evaporación potencial se estima de la siguiente manera:

$$ET_o = F_t - E_o$$

Ecuación 2. Método del tanque de evaporación clase "A"

Dónde:

ET_o: Evapotranspiración potencial, (mm/día),

E_o: Evaporación libre de tanque clase "A", (mm/día), y

F_t: Coeficiente empírico, valido para las condiciones ambientales del tanque.



Ilustración 4. Tanque de evaporación Clase "A"

La evaporación (E_o) se lee directamente del tanque. El coeficiente (F_t) se obtiene de la Tabla 43. Este método es altamente eficiente y preciso, siempre que se cumpla con todas las condiciones que se requiere para su instalación uso. Además, es un método sumamente práctico.

Valores de Ft (coeficiente de tanque) para evaporaciones medias en un tanque evaporímetro bajo diferentes condiciones.

Tabla 43. Valores de coeficiente de tanque para evaporaciones

Viento (km/d)	Radio de cultivo (m)	CASO A: Tanque situado sobre pasto o cultivo			Radio de suelo desnudo (m)	CASO B: Tanque situado en suelo desnudo		
		Humedad relativa media (%)				Humedad relativa media (%)		
		Bajo	Medio	Alto		Bajo	Medio	Alto
		<40	40-70	>70		<40	40-70	>70
Ligero <175 Km/s (<12m/s)	0	0,55	0,65	0,75	0	0,70	0,80	0,85
	10	0,65	0,75	0,85	10	0,60	0,70	0,80
	100	0,70	0,80	0,85	100	0,55	0,65	0,75
	1000	0,75	0,85	0,85	1000	0,50	0,60	0,70
Moderado 175-425 km/d (2-5 m/s)	0	0,50	0,60	0,65	0	0,65	0,75	0,80
	10	0,60	0,70	0,75	10	0,55	0,65	0,70
	100	0,65	0,75	0,80	100	0,50	0,60	0,65
	1000	0,70	0,80	0,80	1000	0,45	0,55	0,60
Fuerte 425-700 km/d (5-8 m/s)	0	0,45	0,50	0,60	0	0,60	0,65	0,70
	10	0,55	0,60	0,65	10	0,50	0,55	0,65
	100	0,60	0,65	0,70	100	0,45	0,50	0,60
	1000	0,65	0,70	0,75	1000	0,40	0,45	0,55
Muy fuerte >700 km/d (>8m/s)	0	0,40	0,45	0,50	0	0,50	0,60	0,65
	10	0,45	0,55	0,60	10	0,45	0,50	0,55
	100	0,50	0,60	0,65	100	0,40	0,45	0,50
	1000	0,55	0,60	0,65	1000	0,35	0,40	0,45

Este método es muy práctico y recomendable para ser utilizado en la determinación de la Evapotranspiración potencial y real del cultivo de interés, pues toma en cuenta las características reales del suelo, clima, cultivo y manejo o factor humano.

c) Método de fórmulas empíricas

Las fórmulas o métodos empíricos más conocidos y de mayor aplicación son:

- Método de Hargreaves
- Método de Penman Modificado
- Método de Blaney-Criddle
- Método de Radiación
- Métodos Chistiansen
- Método de Jensen-Haise
- Método de Thornthwaite

Nota: Para el cálculo de la evapotranspiración potencial utilizando formulas empíricas como la de Penman Modificado se puede utilizar los Software como CROPWAT para la obtención de los datos meteorológicos se puede utilizar el CLIMWAT

5.1.2. *Determinación de la evapotranspiración del cultivo*

Se denomina evapotranspiración máxima de cultivo (ETc) a la evapotranspiración que tiene lugar cuando no existe ninguna restricción de agua en el suelo. Para su determinación utilizaremos el método detallado en Doorendos y Pruitt (1977), en el que la ETc se calcula mediante la fórmula:

$$ETc (mm/d) = Eto \times kc$$

Ecuación 3. Evapotranspiración del cultivo

Dónde:

Eto es la evapotranspiración de referencia en mm/d

Kc es el coeficiente de cultivo (adimensional)

Coeficiente de cultivo

El factor Kc se utiliza para diferenciar la evapotranspiración de un cultivo dado de la evapotranspiración del pasto de referencia. Esta diferencia estará debida principalmente a:

- La diferencia de cobertura de suelo
- La diferente superficie foliar.
- El diferente albedo (la reflexión de la radiación solar por la cobertura planta suelo)
- La diferente altura del cultivo.

En los cultivos se diferencian cuatro estados vegetativos o fases del cultivo:

- Fase inicial: desde la siembra hasta que existe un 10% de cobertura de suelo
- Fase de desarrollo: desde el 10% de cobertura hasta la cobertura máxima, lo cual sucede habitualmente en el momento de la floración.
- Fase media: entre la floración y el inicio de la madurez, cuando las hojas comienzan a amarillar y caer, y los frutos a madurar.
- Fase de maduración: desde la madurez hasta la recolección.



5.1.3. Cálculo de la precipitación confiable

Para el cálculo de la precipitación es recomendable trabajar con datos de precipitación confiable por la alta variabilidad interanual.

Para estos cálculos es necesario considerar la precipitación promedio anual de un periodo de 10 o más años y la precipitación promedio mensual.

Supongamos que contamos con los siguientes datos de precipitación de una zona donde se pretende instalar el sistema de riego.

Tabla 44. Precipitación total anual

PRECIPITACIÓN TOTAL ANUAL (mm)	
2010	961.3
2011	884.2
2012	1176.8
2013	822.5
2014	865.9
2015	972.9
2016	904.5
2017	865.1
2018	878.7
2019	879.4
2020	901.1
Promedio	919.3

Tabla 45. Precipitación promedio mensual

PROMEDIOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN (mm)	
Enero	7.7
Febrero	5.1
Marzo	7.3
Abril	63.8
Mayo	112.2
Junio	178.4
Julio	99.9
Agosto	116.1
Septiembre	137.1
Octubre	107.7
Noviembre	35.8
Diciembre	12.5

El procedimiento de cálculo es el siguiente:

- Se comienza ordenando los datos de precipitación anual de mayor a menor.
- Se calcula el índice de precipitación (I_p) de cada dato, está dado por la fórmula:

$$I_p = \frac{P}{\bar{P}}$$

Ecuación 4. Índice de precipitación

Dónde:

P: es el dato de precipitación y

\bar{P} : es el promedio de la precipitación anual.

- Se calcula la probabilidad de ocurrencia (Pr) de cada valor de precipitación anual mediante la fórmula de Hazen:

$$Pr = \frac{2 \times m - 1}{2 \times N}$$

Ecuación 5. Probabilidad de ocurrencia

Donde:

m: es el número de orden de cada valor de precipitación anual.

N: es el número de años de la serie de datos.

- Pero lo que necesitamos son valores de Índice de precipitación (I_p) para probabilidades más redondas como el 75 o el 90%. Para averiguar el Índice de precipitación (I_p) para una probabilidad de ocurrencia buscada (Pr) es necesario identificar la probabilidad de ocurrencia mayor y menor, y seguidamente aplicaremos la siguiente fórmula:

$$I_p \text{ buscado} = I_p \text{ mayor} - \frac{Pr \text{ buscado} - Pr \text{ menor}}{Pr \text{ mayor} - Pr \text{ menor}} \times (I_p \text{ mayor} - I_p \text{ menor})$$

Ecuación 6. Índice de probabilidad buscado

En este caso la probabilidad de ocurrencia (Pr) buscado será de 75% para lo cual se tiene la siguiente información con los datos calculados: probabilidad de ocurrencia (Pr) mayor es de 77,3%, la probabilidad de ocurrencia menor es de 68.2% y el índice de precipitación mayor es 0,956, índice de precipitación menor 0,942 y lo ubicamos en la fórmula de la siguiente manera.

$$I_p \text{ 75\%} = 0,956 - \frac{75 - 68,2}{73,3 - 68,2} \times (0,956 - 0,941) = 0,945$$

Tabla 46. Valores buscados de índice de precipitación y probabilidad de ocurrencia

No de orden	Precipitación anual (mm)	Índice de precipitación (Ip)	Probabilidad de ocurrencia (Pr) (%)
1	1176,8	1,280	4,5
2	972,9	1,058	13,6
3	961,3	1,046	22,7
4	904,5	0,984	31,8
5	901,1	0,980	40,9
6	884,2	0,962	50,0
7	879,4	0,957	59,1
8	878,7	0,956	68,2
9	865,9	0,942	77,3
10	865,1	0,941	86,4
11	822,5	0,895	95,5
Promedio	919,3		

- e) Una vez que tenemos el valor de Índice de precipitación (Ip) para probabilidad de ocurrencia (Pr), deseada, lo multiplicamos por los valores de la precipitación mensual, de modo que tenemos las precipitaciones mensuales confiables a la probabilidad de ocurrencia (Pr) deseado.

Tabla 47. Índice de precipitación buscada al 75%

Promedios mensuales de precipitación (mm)		Ip (75%)	Ppt (75%)
Enero	7,7	0,945	7,3
Febrero	5,1		4,8
Marzo	7,3		6,9
Abril	63,8		60,3
Mayo	112,2		106,1
Junio	178,4		168,7
Julio	99,9		94,4

Promedios mensuales de precipitación (mm)		Ip (75%)	Ppt (75%)
Agosto	116,1		109,8
Septiembre	137,1		129,6
Octubre	107,7		101,8
Noviembre	35,8		33,8
Diciembre	12,5		11,8

5.1.4. Precipitación efectiva

No toda la precipitación que cae al suelo penetra de manera efectiva en este y es aprovechable por los cultivos. En una lluvia determinada, sólo un porcentaje de estas cumple esta función pues se producen pérdidas por escorrentía, evaporación y por percolación profunda.

Para el cálculo de la precipitación efectiva se propone las ecuaciones utilizadas por el Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos (USSCS). Estas ecuaciones se calculan a partir de la precipitación mensual (la probable, no la promedio) y son las siguientes:

Para una precipitación mensual (Pm) menor de 250mm:

$$Pe = (125 - 0.2 \times Pm) \times \frac{Pm}{125}$$

Ecuación 7. Precipitación efectiva menor de 250mm

Para una precipitación mensual mayor o igual a 250 mm:

$$Pe = 0.1 \times Pm + 125$$

Ecuación 8. Precipitación efectiva mayor a 250mm

Como en este caso la precipitación es menor a 250mm utilizaremos la Ecuación 7

Tabla 48. Valores de precipitación confiable y precipitación efectiva

Promedios mensuales de precipitación (mm)		Ip (75%)	Ppt (75%)	Pe
Enero	7,7	0,945	7,3	7,2
Febrero	5,1		4,8	4,8
Marzo	7,3		6,9	6,8
Abril	63,8		60,3	54,5
Mayo	112,2		106,1	88,1
Junio	178,4		168,7	123,1
Julio	99,9		94,4	80,2
Agosto	116,1		109,8	90,5
Septiembre	137,1		129,6	102,7
Octubre	107,7		101,8	85,2
Noviembre	35,8		33,8	32,0
Diciembre	12,5		11,8	11,6

5.2. Cultivo

5.2.1. Selección del Cultivo

Para la selección del cultivo es necesario identificar que cultivo tiene una mayor demanda hídrica, con el que se desarrollara los cálculos correspondientes.

5.2.2. Cálculo de las necesidades netas

Son las necesidades de agua a lo largo de un cultivo que deben ser cubiertas con la precipitación. Cuando la precipitación no es suficiente bebemos recurrir al riego, y habrá que aportar aquella cantidad de agua que necesita la planta y que no cubre la precipitación. Conceptualmente esto se expresa como:

$$Nn = ETc - Pp$$

Ecuación 9. Necesidades Netas

Dónde:

ETc es la evapotranspiración del cultivo (necesidades)

Pp es la precipitación y NR son las necesidades de riego.

Para la determinación de las necesidades netas debemos ya tener los siguientes cálculos:

- Cálculo de precipitación confiable
- Cálculo de la precipitación efectiva.
- Obtención de los datos del cultivo necesario para dibujar las curvas del factor Kc.
- Cálculo del Evapotranspiración del cultivo

En la Tabla 49 se observa el cálculo de las necesidades netas anuales de un cultivo.

5.2.3. Profundidad efectiva de la raíz

Considerando los cultivos, podemos considerar un valor estimado promedio, a partir de los datos de la tabla.

Tabla 49. Profundidad radicular efectiva de los cultivos

Profundidad radicular efectiva de los cultivos más comunes			
Cultivo	Profundidad efectiva (cm)	Cultivo	Profundidad efectiva (cm)
Banana	50-90	Col	40-50
Melón	100-150	Pepino	70-120
Cítricos	120-150	Otras hortalizas	30-60
Olivo	100-150	Fréjol	50-90
Uva	75-180	Otras leguminosas	50-125
otros frutales	100-200	Maíz	75-160
fresa	20-30	Cereales	60-150
Cebolla	30-75	Alfalfa	90-180
Pimiento, Tomate	40-100	Otros pastos	60-100
Piña	30-60	Palma	70-110
Ají	50-100	Papa	40-60
Sorgo	100-200	Camote	100-150
Cacao	0.7-2.1		

Tabla 50. Necesidades netas anuales de un cultivo

NOMBRE	ABREVIATURA	Unidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
Evapotranspiración Potencial	ETo	mm/mes	96,1	86,8	102,0	105,0	115,6	180,0	110,00	120,0	130,0	109,0	105,0	115,0	1.374,5
Kc del cultivo	Kc		0,9	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	11,4
Evapotranspiración del cultivo	ETc	mm/mes	91,3	82,5	96,9	99,8	109,8	171,0	104,50	114,0	123,5	103,6	99,8	109,3	1.305,8
Precipitación Confiable	P	mm/mes	7,7	5,1	7,3	63,8	112,0	178,0	99,90	116,0	137,0	108,0	35,8	12,5	883,1
Precipitación Efectiva	Pe	mm/mes	7,6	5,1	7,2	57,3	91,9	127,3	83,93	94,5	106,9	89,3	33,8	12,3	717,1
Necesidades Netas mensuales	Nn	mm/mes	83,7	77,4	89,7	42,5	17,9	43,7	20,57	19,5	16,5	14,2	66,0	97,0	588,6
Necesidades Netas diarias	Nn	mm/día	2,7	2,8	2,9	1,4	0,6	1,7	0,66	0,6	0,5	0,5	2,2	3,1	19,4

5.3. Suelo

5.3.1. Tipo de suelo

La textura del suelo es un componente importante en riego, ya que determina la capacidad de almacenamiento e infiltración de agua. La capacidad de almacenamiento de agua de un suelo y las necesidades de agua de la planta determinan la frecuencia de riego, es decir, el tiempo entre un riego y el siguiente; y la capacidad de infiltración determina el tiempo de riego, es decir, el tiempo que se debe regar para humedecer la zona de raíces del cultivo. Por estas razones se incluye un método práctico para estimar la textura del suelo.

Se debe indicar la proporción en las partículas de arena, limo y arcilla que se encuentra en el suelo y definen la estructura del mismo, la cual se determina según el triángulo textural.

En función de su textura, los suelos se dividen en los siguientes tipos básicos: Suelos arenosos, suelos arcillosos, suelos limosos y suelos francos.

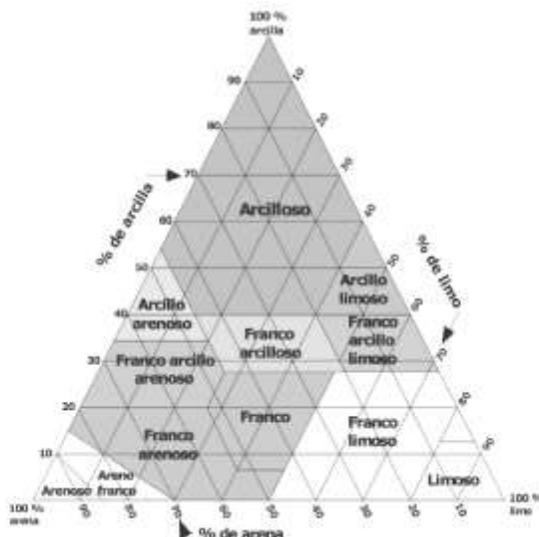


Ilustración 6. Textura de suelos

5.3.2. Textura del suelo

La textura se debe estimar por sectores de suelo de aspecto similar, puede ser un potrero completo o sólo una parte; en cada uno de los sectores se saca un equivalente a 5 muestras por hectárea, evitando muestrear debajo de árboles, sectores altos, faldeos o sectores poco representativos.

El procedimiento es el siguiente:

- En cada lugar donde se sacará la muestra, se hace un hoyo cuadrado del ancho de la pala y de 40 a 50 cm de profundidad.
- Se mezcla bien la tierra de cada hoyo, se saca medio kilo y se hecha en un balde; una vez que se han sacado las muestras de todo el lugar, se mezcla bien la tierra que se recogió de los diferentes hoyos.
- Se toma un puñado de tierra del balde y estima la textura manualmente.

5.3.3. Humedad del suelo

La muestra de suelo debe ser representativa del sector que se quiere estimar, y se debe sacar a la profundidad donde se encuentra la mayor concentración de raíces. Y se realiza una estimación manual.

a) Densidad aparente del suelo:

Indicar la medida de porosidad del suelo. Esto se determina dividiendo el peso del suelo seco entre el volumen total, de modo que un mayor valor de densidad aparente significara menor porosidad. Se representa como d_a y se mide en gramos por centímetro cubico (g/cm^3).

$$d_a = \frac{P_s}{V_t}$$

Ilustración 7. Densidad aparente del suelo

La densidad aparente es muy importante porque determina la compactación y la facilidad de circulación de agua y aire. A efectos de riego conocer su valor es esencial porque caracteriza la capacidad de almacenaje de agua en el suelo.

- b) Pendiente del suelo: la pendiente podemos averiguar utilizando la topografía.
c) Capacidad de campo (CC):

Es el contenido de agua o humedad que es capaz de retener el suelo luego de saturación o de haber sido mojado abundantemente y después dejado drenar libremente, evitando pérdida por evapotranspiración hasta que el Potencial hídrico del suelo se estabilice.

d) Punto de marchites permanente (PMP):

Es el punto de humedad mínima en el cual una planta no puede seguir extrayendo agua del suelo y no puede recuperarse de la pérdida hídrica, aunque la humedad ambiental sea saturada.

e) Infiltración básica del suelo (Ib):

Es el proceso mediante el cual el agua penetra en el suelo. La infiltración es una de las características del suelo más importante para el diseño, operación y evaluación del sistema de riego.

Tabla 51. Propiedades físicas del suelo

Datos representativos de algunas propiedades físicas del suelo según su textura					
Textura del suelo	Velocidad de infiltración	Volumen poroso total	Densidad aparente del suelo	Capacidad de campo	Punto de marchitez permanente
	mm/h	P%	g/cm ³	%	%
Arenosa	50	38	1,65	9	4
	(25-250)	(32-42)	(1,55-1,80)	(6-14)	(2-6)
Franco - Arenosa	25	43	1,5	14	6
	(13-40)	(40-47)	(1,40-1,60)	(10-18)	(4-8)
Franca	13	47	1,4	22	10
	(7-20)	(43-49)	(1,35-1,50)	(18-26)	(8-12)
Franco-Arcillosa	8	49	1,35	27	13
	(2-15)	(47-51)	(1,30-1,40)	(23-31)	(11-15)
Arcillo-Limoso	2,5	51	1,3	31	15
	(0,2-5)	(49-53)	(1,26-1,35)	(27-35)	(13-17)
Arcillosa	0,5	53	1,25	35	17
	(0,1-1)	(51-55)	(1,20-1,30)	(31-39)	(15-19)

6. Condiciones de manejo del sistema de riego

Área a regar (A)

Se debe indicar el área total a regar en hectáreas (ha)

Agua autorizada

Indicar el agua autorizada para el sistema de riego en litros sobre segundos (l/s) conforme la sentencia.

Tiempo de operación del sistema (To).

Se debe indicar cuantas horas va estar el sistema en funcionamiento.

Eficiencia del sistema de riego (Efr)

La eficiencia de riego está compuesta por la eficiencia de conducción en el canal principal, eficiencia de distribución en los canales laterales y la eficiencia de aplicación a nivel de parcela, el producto de estas tres eficiencias nos determina la eficiencia de riego de un sistema.

$$Efr = Efc \times Efd \times Efa$$

Ecuación 10. Eficiencia del sistema de riego

Dónde:

Efc: la eficiencia de la conducción

Efd: la eficiencia de la distribución

Efa: la eficiencia de aplicación

Eficiencia de conducción (Efc).

La eficiencia de conducción permite evaluar la pérdida de agua en el canal principal desde la bocatoma hasta el punto final del canal principal.

$$Efc = \frac{\text{Caudal que llega al final del canal p}^{\text{rincipal}} + \sum \text{caudales de distribución}}{\text{Caudal de agua que entra al canal principal}} \times 100$$

Ecuación 11. Eficiencia de conducción

Nota: La sumatoria de canales de distribución se asume cero, en caso de que las compuertas se encuentren cerradas.

Si el porcentaje de eficiencia es alto, significa que las pérdidas de agua son mínimas debido al buen estado del canal principal que conduce el agua.

- Que, de preferencia el canal principal sea revestido, para evitar que haya pérdida de infiltración
- Que no tenga roturas, ni en la base, ni en los taludes ni en los bordes.
- Que no tenga mucho espejo de agua expuesto a la evaporación
- Que no se produzcan hurtos o sustracciones de agua en los recorridos, como en el caso de usuarios informales, etc.

Eficiencia de distribución (Efd)

Se obtiene de todos los canales de distribución de 1er, 2do, 3er, etc., orden, que sirven para distribuir el agua hacia las parcelas de los usuarios. Mide la pérdida que se produce entre la toma lateral del canal principal, hasta la entrega a los usuarios de una zona de riego.

$$Efd = \frac{\text{Caudal que llega al final del caudal de distribución} + \sum \text{Caudales de los laterales}}{\text{Caudal de agua que entra al canal lateral}} \times 100$$

Ecuación 12. Eficiencia de distribución

Por lo tanto, al existir en un sistema de riego que contiene varios canales de distribución la eficiencia de ella se determina mediante la siguiente ecuación.

$$Efd = \frac{\text{Sumatoria de eficiencia de Distribución de 1er, 2do, 3er, 4to, ... "n" orden}}{\text{Número total de canales de Distribución}}$$

Ecuación 13. Eficiencia de distribución

De igual forma que en el canal de conducción, la distribución deberá presentar una alta eficiencia al tener pérdidas de filtración mínimas, el valor de dicha eficiencia será mayor cuanto mejor sea el estado de los canales y estructuras de distribución. Esto quiere decir:

Que no haya fugas en la toma y estructuras de retención, partidores y otros debido a deterioros o daños causados a veces por los mismos usuarios.

Eficiencia de aplicación (Efa)

La eficiencia de aplicación de riego es la cantidad de agua útil para el cultivo que queda en el suelo después de un riego, en relación con el total del agua que se aplicó. Generalmente se mide en porcentaje o litros de agua útil en el suelo por cada 100 litros aplicados.

El valor de la eficiencia se verá afectada por la superficie de la parcela, para lo cual tendrá una relación de proporcionalidad. Teniendo esto en cuenta se empleará la siguiente ecuación en caso de tener varias parcelas:

$$\text{Eficiencia de aplicación (Ea\%)} = \frac{A1 \times Er1 + A2 \times Er2 + \dots + An \times Ern}{A1 + A2 + \dots + An}$$

Ecuación 14. Eficiencia de aplicación

Mejorar la eficiencia de aplicación de riego es regar mejor, por lo que se recomienda:

- Mantener la zona de raíces de los cultivos sin exceso ni falta de agua.
- Evitar inundaciones en los sectores más bajos de la parcela, con lo que se evitan las enfermedades del cuello de las plantas.
- Disminuir los problemas de drenaje
- Aumentar los rendimientos de los cultivos
- Regar más áreas de superficie con la misma agua que llega al predio.

7. Cálculo de los parámetros de riego

Cálculo del agua utilizable (AU)

Se calcula mediante la ecuación

$$AU = \frac{(Cc - PMP)}{100} \times da \times Pr$$

Ecuación 15. Agua utilizable

Dónde:

AU es el agua útil y su medida está en milímetros

Cc es la capacidad de campo en porcentaje (%)

PMP es el punto de marchitez permanente en porcentaje (%)

da es la densidad aparente del suelo y su unidad es g/cm³

Pr es la profundidad de la raíz y su unidad está en milímetros (mm).

Lámina neta de riego (Ln)

En este caso hay que considerar un déficit permisible de manejo (DPM) o un umbral de riego como se indica en la siguiente expresión.

$$Ln = \frac{DPM \times AU}{100}$$

Ecuación 16. Lámina Neta de Riego

Dónde:

Ln es la lámina neta de riego y su unidad de medida es milímetro (mm)

DPM es el déficit permisible de manejo y esta expresado en porcentaje

Lámina bruta de riego (L_b)

En los sistemas de riego siempre se produce una serie de pérdidas tanto en la conducción del agua hasta la parcela (roturas, fugas, etc.). Con el fin de asegurarnos de que la cantidad de agua que se necesita que llegue efectivamente al cultivo, esto dependerá de gran medida del sistema de riego utilizado. El cálculo se lo realizara con la siguiente fórmula:

$$L_b = \frac{L_n}{E_{fr}} \times 100$$

Ecuación 17. Lámina Bruta de Riego

Donde:

L_b es la lámina bruta de riego y su unidad de medida es el milímetro (mm)

L_n es la lámina neta de riego y su unidad de medida es milímetro (mm)

E_{fr} es la eficiencia de aplicación del sistema de riego y esta expresado en porcentaje (%)

Máximo intervalo entre riego o frecuencia entre riegos (Fr)

Es el máximo intervalo entre riegos, será el máximo tiempo que puede dejar entre dos riegos consecutivos de tal manera que el déficit de humedad no sea inferior al déficit permisible de manejo (DPM). Se calcula mediante la fórmula:

$$Fr = \frac{L_n}{N_n}$$

Ecuación 18. Frecuencia de Riego

Donde:

L_n es la lámina neta de riego y su unidad de medida es milímetro (mm)

N_n es la Necesidad neta del cultivo y su unidad de medida es milímetro por día (mm/día)

Nota: Este dato se ajusta a un número entero

Lámina neta ajustada ($L_n aj$)

Como se ajustó la frecuencia entre riego por lo tanto la lámina neta se ajusta, es necesario recalcular la dosis neta de agua deberá aplicar en un riego.

$$L_n aj = Fr \times N_n$$

Ecuación 19. Lámina Neta Ajustada

Lámina bruta ajustada ($L_b aj$)

Como se ajustó la lámina neta por lo tanto se ajusta la lámina bruta.

$$L_b aj = \frac{L_n aj}{E_{fr}} \times 100$$

Ecuación 20. Lámina bruta ajustada

Tiempo de aplicación (t_a)

El tiempo de aplicación no es más que el tiempo que deberá estar regando para poder aplicar la lámina bruta calculada. Este tiempo de aplicación dependerá de dos factores:

- La infiltración básica del suelo
- Pendiente del terreno

El tiempo mínimo de aplicación se calcula mediante la fórmula:

$$t_a = \frac{Lb \ a_j}{Ib \times fp} \times 100$$

Ecuación 21. Tiempo de aplicación

Donde:

Ib es la infiltración básica del suelo y su unidad de medida en (mm/h)

fp es el factor de reducción por pendiente.

En la siguiente tabla podemos ver la pendiente y su correspondiente Valor de factor de reducción por la pendiente.

Tabla 52. Valores de factor de reducción de pendiente

Valores de factor de reducción por la pendiente	
Pendiente	fp
0-8%	100%
9-20%	80%
>20%	60%

Caudal de diseño (Q_d)

Es el caudal necesario para regar una superficie dada. Se calcula mediante la fórmula:

$$Q_d = \frac{A \times Lb \ a_j}{T_o \times Fr} \times 10$$

Ecuación 22. Caudal de Diseño

Donde:

Q_d es el caudal de diseño y su unidad de medida es m³/h

A es el área a intervenir y su unidad de medida es hectáreas (ha)

$Lb \ a_j$ es la lámina bruta ajustada y su unidad de medida es milímetro (mm)

T_o es el tiempo de operación del sistema y su unidad de medida es en hora/día

Fr es la frecuencia de riego y su unidad de medida es día.

En riego, el hecho de construir un tanque de almacenamiento no nos va a permitir regar más área, sino que nos hace posible regar la misma área en menos tiempo, y, por tanto, con más comodidad.

Dotación de agua por hectárea (Dh)

Es la cantidad de caudal (l/s) que se asigna a una unidad de superficie (ha). Su unidad de medida es l/s/ha.

$$Dh = \frac{Qd}{3.6 \times A}$$

Ecuación 23. Dotación de agua por hectárea

Donde:

Dh es la dotación de un caudal por hectárea y su unidad de medida es (l/s/ha)

Qd es el caudal de diseño y su unidad de medida es m³/h.

A es el área a intervenir y su unidad de medida es hectáreas (ha).

8. CÁLCULO DE DATOS SEGÚN AUTORIZACIÓN DE AGUA

Áreas a regar según autorización de agua (Arc)

Es la cantidad de superficie que se riegan en función de la autorización de agua otorgada, y su unidad de medida es hectáreas (ha). Se calcula con la siguiente fórmula.

$$Arc = \frac{Q\ cnc}{Dha}$$

Ecuación 24. Área a regar según concesión

Dónde:

Q cnc es el Caudal concesionado

Dha es la Dotación de agua por hectárea.

Números de cambio de posición.

Es el número de cambios de posición nos permite regar una determinada superficie considerando el tiempo de operación en relación al tiempo de operación su unidad es adimensional. Se emplea la siguiente fórmula.

$$Nc = \frac{To}{Ta}$$

Ecuación 25. Número de cambio de posición

Dónde:

To es el tiempo de operación del sistema de riego

Ta es el tiempo de aplicación de una lámina bruta ajustada.

Áreas a regar ajustadas. (A aj)

Es el área regada en función de la concesión de agua y se ajusta si existen cambios de posición. Para su cálculo se emplea la siguiente fórmula.

$$A\ aj = Arc \times Nc$$

Ecuación 26. Área a regar ajustada

Dónde:

Arc es el área a regar según concesión de agua (hectárea)

Nc es el Número de cambio de posición

Tiempo de riego ajustado con la concesión de agua (*Fr aj cnc*)

Es el tiempo que necesita para regar una determinada superficie, su unidad de medida es día (d). Para su cálculo se emplea la siguiente formula:

$$Tr\ aj\ cnc = \frac{A}{A\ aj\ cnc}$$

Ecuación 27. Tiempo de riego ajustado con la concesión de agua

Dónde:

A es el área a regar y su unidad de medida es hectáreas.

A aj cnc es el área a regar ajustad según la concesión de agua y su unidad de medida es hectáreas/ días (ha/d)

Área total a regar (*A tr*)

Es el área total a regar considerando la frecuencia ajustada con la concesión del agua, su unidad de medida es hectáreas. Para su cálculo se emplea la siguiente formula.

$$A\ tr = A\ aj\ cnc \times Fr\ aj\ cnc$$

Ecuación 28. Área total a regar

Donde:

A aj cnc es el área a regar ajustad según la concesión de agua y su unidad de medida es hectáreas/ días (ha/d)

Fr aj cnc es la frecuencia de riego ajustada en función de la concesión de agua y su unidad de meda es día (d)

9. Cálculo de volúmenes de almacenamiento

Volumen de almacenamiento (*V alm*)

Es la cantidad de volumen de agua que se puede almacenar en un periodo de tiempo, y su unidad de meda es metros cúbicos (m³), Para su cálculo se emplea la siguiente formula.

$$V\ alm = 3.6 \times Q\ cnc \times Tl$$

Ecuación 29. Volumen de almacenamiento

Dónde:

Q cnc es el caudal concesionado, su unidad de medida es litros sobre segundo (l/s)

Tl es tiempo libre sin operar el sistema de riego

Caudal de diseño de almacenamiento (Q alm)

Es el volumen de almacenamiento utilizado en unidad de tiempo, su unidad es litros sobre segundo (l/s). Para su cálculo se emplea la siguiente formula.

$$Q_{alm} = \frac{V_{alm}}{3.6 \times T_o}$$

Ecuación 30. Caudal de diseño de almacenamiento

Dónde:

V alm es el volumen de agua que se puede almacenar en el tiempo Libre sin operación su unidad de medida es en m³

To es el tiempo de operación del sistema de riego, su unidad de medida es segunda.

Caudal de diseño de operación (Q op)

Es la suma del caudal de concesión del agua más el caudal de diseño de almacenamiento y su unidad de medida es litro sobre segundo. Para su cálculo se utiliza la siguiente formula.

$$Q_{op} = Q_{alm} + Q_{cnc}$$

Ecuación 31. Caudal de diseño de operación

Dónde:

Q alm es caudal establecido en el almacenamiento en función al tiempo de operación del sistema. Su unidad es litros/segundo (l/s)

Q cnc es el caudal concesionado, su unidad de medida es litros sobre segundo (l/s)

Áreas ajustadas con almacenamiento (A aj alma)

Es el área regada que está en función al caudal de almacenamiento más el caudal de operación del sistema de riego sobre la dotación de agua por hectárea, su unidad de medida es en hectáreas (ha). Para su cálculo se emplea la siguiente formula.

$$A_{aj\ alm} = \frac{Q_{op}}{Dha}$$

Ecuación 32. Áreas ajustadas con almacenamiento

Dónde:

Q op es el caudal de diseño de operación

Dha es la Dotación de agua por hectárea.

Áreas ajustadas con almacenamiento y Número de cambios de posición (A aj Nc)

Es el área ajustada con almacenamiento y se ajusta si existen cambios de posición. Para su cálculo se emplea la siguiente formula.

$$A_{aj\ Nc} = A_{aj\ alm} \times Nc$$

Ecuación 33. Áreas ajustas con almacenamiento y Números de posición

$A_{aj\ alm}$: es el área ajustada con almacenamiento expresado en hectáreas (ha)

Nc : es el Número de cambio de posición

Tiempo de riego ajustada con la autorización ($Tr_{aj\ cnc}$)

Es el tiempo que necesita para regar una determinada superficie, su unidad de medida es día (d).

Para su cálculo se emplea la siguiente formula:

$$Tr_{aj\ cnc} = \frac{A}{A_{aj\ Nc}}$$

Ecuación 34. Tiempo de riego ajustado con concesión

Dónde:

A : es el área a regar y su unidad de medida es hectáreas.

$A_{aj\ Nc}$: Es el área ajustada con el cambio de posición, y su unidad de medida es hectáreas sobre día (ha/d).

Área total a regar

Es la superficie ajustada incorporada con el Número de cambio de posición por tiempo de riego ajustado de almacenamiento, su unidad de medida es hectáreas. Para su cálculo se emplea la siguiente formula.

$$Atr = A_{aj\ Nc} \times Tr_{aj\ alm}$$

Ecuación 35. Área total a regar

Dónde:

$A_{aj\ Nc}$: Es el área ajustada con el cambio de posición, y su unidad de medida es hectáreas sobre día (ha/d).

$Tr_{aj\ alm}$: Es el tiempo de riego ajustado con el almacenamiento, y su unidad de medida es día (d)

Anexo 5. Estudio hidráulico

Este estudio tiene el alcance de determinar los criterios de diseño, parámetros de cálculo, procedimientos de diseño, características hidráulicas utilizadas para todas las infraestructuras de riego o drenaje. El diseñador tendrá la potestad de elegir los métodos de cálculo expresados en este anexo o utilizar otras fuentes con respaldo técnico que permitan un mejor diseño hidráulico para las infraestructuras. Cada una de las diferentes obras hidráulicas, deberán encontrarse en esta fase, con las diferentes memorias de cálculo hidráulico, y las especificaciones técnicas. Desarrollo del anexo:

1. Captación
 - 1.1. Elementos de regulación
 - 1.2. Estructuras de retención de sólidos
 - 1.3. Disipación de energía
 - 1.4. Desarenador
 - 1.5. Elementos de protección
2. Obras de conducción
 - 2.1. Conducciones a presión
 - 2.2. Canales abiertos
3. Programas

INFORMACIÓN DE LA FUENTE DE ABASTECIMIENTO

La fuente de abastecimiento puede ser desde un río o vertientes de agua natural.

Si el abastecimiento se lo realiza desde un río la información necesaria es la siguiente:

- Consideraciones de caudales para que una obra funcione de tal forma que se pueda captar todo el caudal de diseño sin que haya daños en la captación:
 - o Limitarse al caudal adjudicado para riego
 - o Mantener el caudal ecológico fluyendo aguas arriba y abajo de la captación
 - o El caudal de diseño debe ser el necesario para satisfacer la demanda de agua al final del período de diseño.
 - o El caudal medio del río con el que se trabajará para los diversos cálculos se obtendrá de la curva de duración, para riego se recomienda una variación entre el 70% y 90%.
 - o Si el caudal de diseño es menor al caudal medio del río, se considerará la construcción de un embalse de regulación.
 - o Estimar el caudal de creciente o avenida máxima.
- Área transversal del río, para definir los calados normales, de estiaje y máximo para asegurar la integridad de la captación
- Velocidad del río
- Pendiente del río

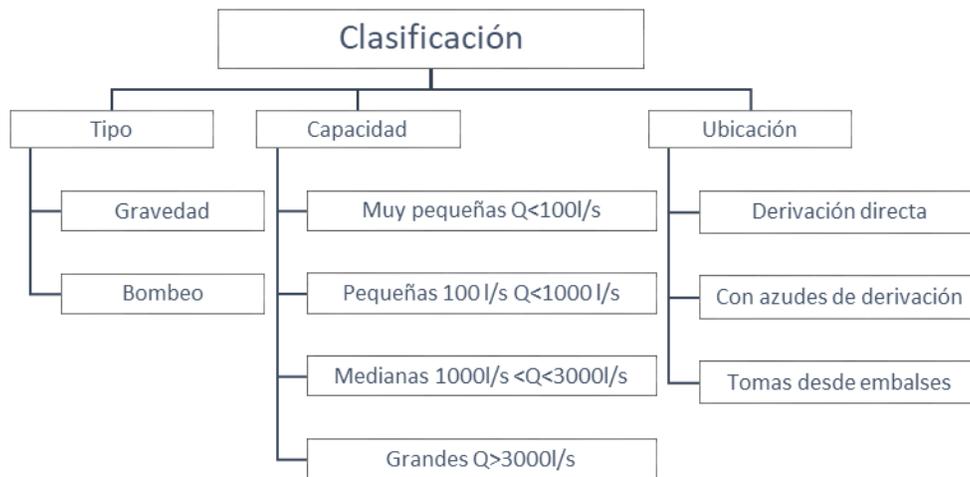
Al captar agua de una vertiente tomar en cuenta:

- El caudal adjudicado para riego
- Estructuras de regulación
- Mantener el caudal ecológico

1. CAPTACIONES

1.1. CLASIFICACIÓN GENERAL DE CAPTACIONES

Ilustración 8 Clasificación de captaciones



Fuente: (CPE INEN 5 Parte 9-1, 1992)

Los elementos básicos para las captaciones según la ubicación se presentan en la Tabla 53.

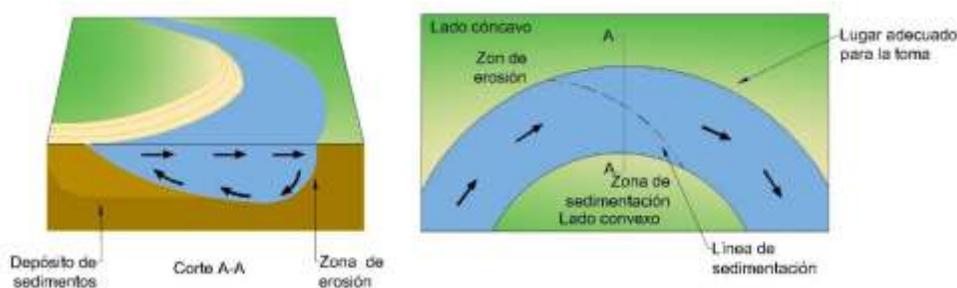
Tabla 53 elementos principales para las captaciones más utilizadas

Derivación directa	Con azudes de derivación		Desde embalses
	Laterales	Rejillas de fondo	
Rejilla para control de basuras y flotantes Transición entre el canal y la estructura de control a la entrada Compuertas Transición entre la estructura de control y la toma Desripiador Desarenador Canal de conducción	Azud Rejillas laterales Protección contra cuerpos flotantes Elementos de limpieza Desripiador Desarenador	Azud Rejilla de fondo Canal desripiador Compuertas Desarenador	Torre de captación con orificios de toma Compuertas de operación y mantenimiento

La configuración, distribución y elección del tipo de captación debe elegirse en concordancia con las condiciones naturales del lugar, del río, morfología, caudal de diseño, comparaciones técnico – económicas y otras consideraciones como:

- Si existen conducciones a presión prever que no ingrese aire al sistema.
- Las pérdidas de carga sean las mínimas.
- Considerar los niveles de agua de la fuente de abastecimiento.

- La dirección del flujo debe ser lo más estable.
- Aún en tiempo de estiaje debe ser posible la captación de agua.
- La entrada de sedimentos debe limitarse en lo más posible.
- Investigar la existencia de procesos de sedimentación para un mejor análisis de la ubicación de la captación
- Ubicar la captación en el tramo cóncavo del río o en tramos rectos cuando las condiciones son adecuadas para la formación de corrientes transversales. Una correcta ubicación evitará el ingreso de sedimentos a la captación
- Considerar que los meandros en los ríos no son permanentes, se debe asegurar la estabilidad del cauce y la captación hasta el final del período de diseño.



Para captaciones laterales:

Estas captaciones son recomendables en ríos de llanura y de pie de montaña. Características generales del río:

1. Tener caudales no muy grandes
2. La cantidad de sedimentos es moderada
3. Alto transporte de sedimentos de fondo

Para captaciones con rejilla de fondo considerar:

Estas captaciones son recomendables en ríos de montaña o pie de montaña con pendientes fuertes que pueden llegar al 10% con crecientes súbitas. Características generales del río:

1. Crecientes súbitas
2. Aguaceros de corta duración
3. Llevan gran cantidad de piedras
4. Grandes variaciones diarias de caudal cuando vienen de nevados
5. Pequeño contenido de sedimentos finos
6. Garantizar la estabilidad del encauzamiento

1.2. ELEMENTOS DE REGULACIÓN

Una captación está conformada de vertederos en diferentes lugares y para funciones específicas como:

- Vertederos:
 - o Vertederos de cresta delgada para:

- Rejillas laterales para la captación de agua desde el río
- El paso del desripiador al desarenador
- El paso del desarenador a las obras de conducción
 - Vertederos de cresta gruesa
- Azud en forma de vertedero

1.2.1. VERTEDEROS DE CRESTA DELGADA

CONSIDERACIONES PARA REJILAS LATERALES:

En estiaje el vano de la reja funciona como vertedero, la carga se produce por el remanso producido por el azud, el vertedero trabaja sumergido con un desnivel muy pequeño entre los calados previo y posterior a la rejilla.

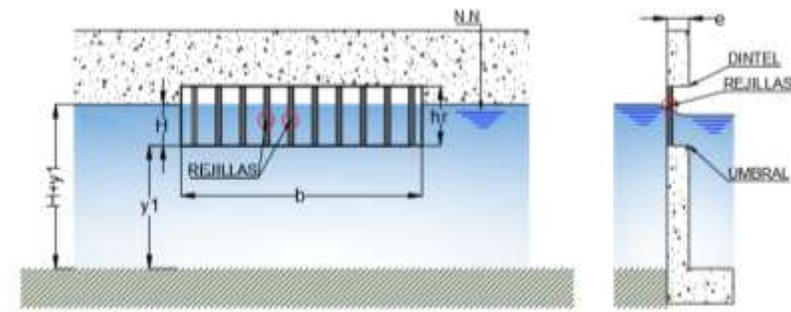


Ilustración 9 Rejilla lateral que trabaja como vertedero

La rejilla lateral va a funcionar como un vertedero de cresta delgada, siempre y cuando la relación de la altura del vertedero (y_1 , desde el fondo del cauce hasta el umbral de la rejilla) y el grosor del vertedero (e) sea mayor a 1,5 o $e/H < 0.67$.

El umbral del orificio (y_1) de la reja debe estar a una altura no menor a 0,60 – 0,8 cm del fondo del cauce, considerando una altura mínima para mantener el ingreso de caudal, incluso en época de estiaje.

Se aclara que en época de crecientes cuando el nivel del río sube, la reja pasa a trabajar como orificio contribuyendo a la regulación del caudal. Se acepta que en creciente el canal trabajará con una cierta sobrecarga entre 10 y 20% del caudal de diseño y se calcula el calado correspondiente.

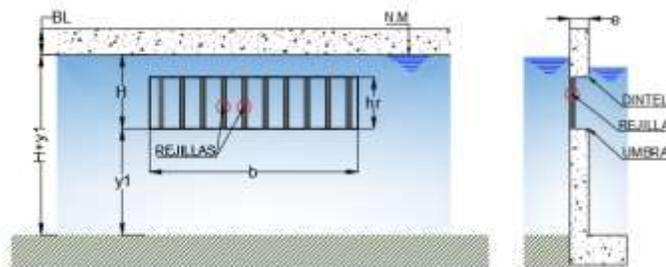


Ilustración 10 Rejilla lateral, trabaja como orificio

En el caso de rejillas laterales con derivación mediante un azud, debe analizarse bien la altura de la rejilla para evitar construcciones costosas, se debe tomar en cuenta que el azud debe ser igual a la

suma de la altura desde el fondo del cauce hasta el dintel, por lo tanto, entre más alta es la rejilla más grande debe ser el azud.

CONSIDERACIONES PARA VERTEDEROS EN GENERAL

Este método de cálculo también permite determinar el vertedero de cresta delgada para el control de caudal en el paso del agua entre estructuras. En el caso que previo al vertedero se forme un resalto hidráulico, el tirante conjugado final permitirá determinar la altura de carga para el vertedero, ver literal 1.3.1 de este anexo.

MÉTODO DE CÁLCULO

Con la ecuación del caudal de vertedero se determina el largo de vertedero necesario para captar el caudal de diseño.

$$Q = ksMbH^{3/2} \rightarrow b = \frac{Q}{ksMH^{3/2}}$$

Ecuación 36 Caudal para vertedero sumergido

Donde:

- b. – largo del vertedero, longitud de la cresta, m
- Q. –caudal de diseño, m³/s
- K*. –coeficiente si existen contracciones y barrotes, 0.85
- s. –coeficiente de corrección por sumersión
- M. – coeficiente de vertedero
- H. –Altura sobre vertedero, m

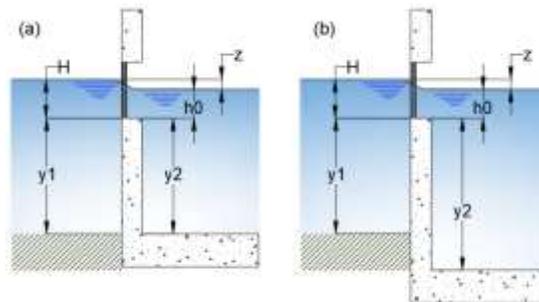


Ilustración 11 Esquema de vertedero sumergido: (a) diseño 1, (b) diseño 2

Para determinar el coeficiente de vertedero y el coeficiente de corrección por sumersión la literatura técnica muestra las siguientes fórmulas:

$$M = \left[0,407 + \frac{0,045 + H}{H + y_1} \right] \left[1 + 0,285 \left(\frac{H}{H + y_1} \right) \right] * \sqrt{2g}$$

Ecuación 37 Coeficiente de vertedero, según Konovalov

$$s = 1,05 \left[1 + 0,2 * \frac{h_0}{y_2} \right]^3 \sqrt{\frac{Z}{H}}$$

Ecuación 38 Coeficiente de corrección por sumersión, según Bazin

$$s = \left[1 - \left(\frac{h_v}{H} \right)^{\frac{3}{2}} \right]^{0.385}$$

Ecuación 39 Coeficiente de corrección por sumersión, según Villemonte:

Donde:

- s. –coeficiente de corrección por sumersión
- M. – coeficiente de vertedero
- H. – Altura de carga aguas arriba del vertedero, m
- y1. – Altura del vertedero, m
- y2. – Altura desde el fondo del canal aguas abajo del vertedero, m
- z. – Pérdida de carga por velocidad

El diseñador podrá utilizar otras ecuaciones que se acoplen de mejor manera a la conducción diseñada, siempre y cuando se tenga un respaldo técnico.

1.2.2. VERTEDEROS DE CRESTA GRUESA

En el caso que el vertedero tenga una relación de $e/y_1 > 0.67$ el vertedero será de cresta gruesa, considerar lo siguiente:

Tabla 54 Determinación del coeficiente ϵ

Ecuación	$Q = \epsilon M b h^{3/2}$	
Coeficiente ϵ	Si $e/h < 3$	Si $e/h < 10$
	$\epsilon = 0.7 + \frac{0.185}{e/y_1}$	$\epsilon = 0.75 + \frac{0.1}{e/y_1}$

Fuente: (Sotelo Ávila, Diseño hidráulico de estructuras, 1994)

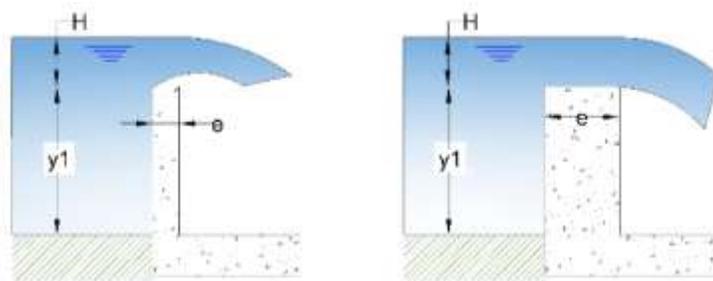


Ilustración 12 Vertedero de cresta delgada y vertederos de cresta gruesa

1.2.3. VERTEDERO EN FORMA DE AZUD

Un azud es una presa construida en medio de un río con el objetivo de parar o desviar un caudal de agua hacia la entrada de una captación, aquí se muestra un procedimiento de cálculo generalizado, está en poder del diseñador utilizar estas ecuaciones o utilizar otras fuentes técnicamente bien fundamentadas que se acoplen de mejor manera a las condiciones la captación.

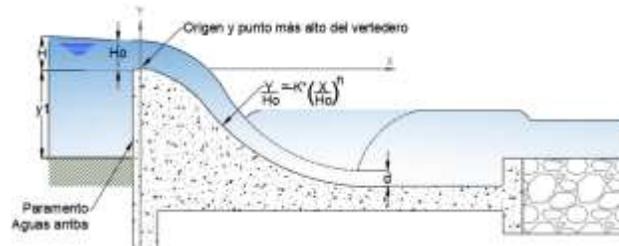


Ilustración 13 Azud

MÉTODO DE CÁLCULO

El caudal para utilizar para su diseño será 2/3 del caudal máximo de crecida en un tiempo de retorno mínimo de 25 años, para mantener la integridad de la estructura. Con la ecuación del caudal general para vertedero se determina la carga sobre la cresta en época de crecida:

$$Q = CbH_o^{3/2} \rightarrow H = \sqrt[3]{\frac{Q}{Cb}}$$

Ecuación 40 Ecuación general para vertedero

Donde:

- b. – ancho del vertedero, longitud de la cresta, m
- Q. –caudal de diseño, m³/s
- C. – coeficiente de desagüe del vertedero
- H. –carga sobre la cresta época de crecida, m

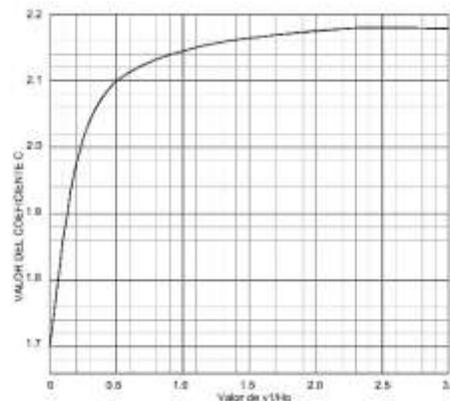


Ilustración 14 Coeficiente de desagüe de un vertedero con paramento vertical

Fuente: (Sotelo Ávila, Diseño hidráulico de estructuras, 1994)

El coeficiente de desagüe de vertedero cambia si el ángulo del paramento no es vertical, para corregirlo debe multiplicarse por el factor correspondiente según la Ilustración 14.

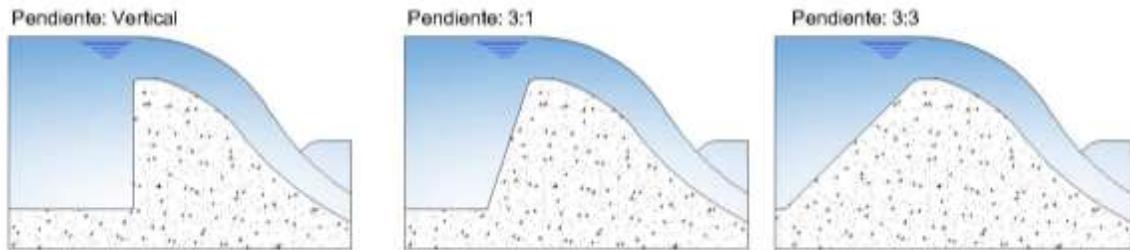


Ilustración 15 Esquemas de paramentos con diferentes pendientes

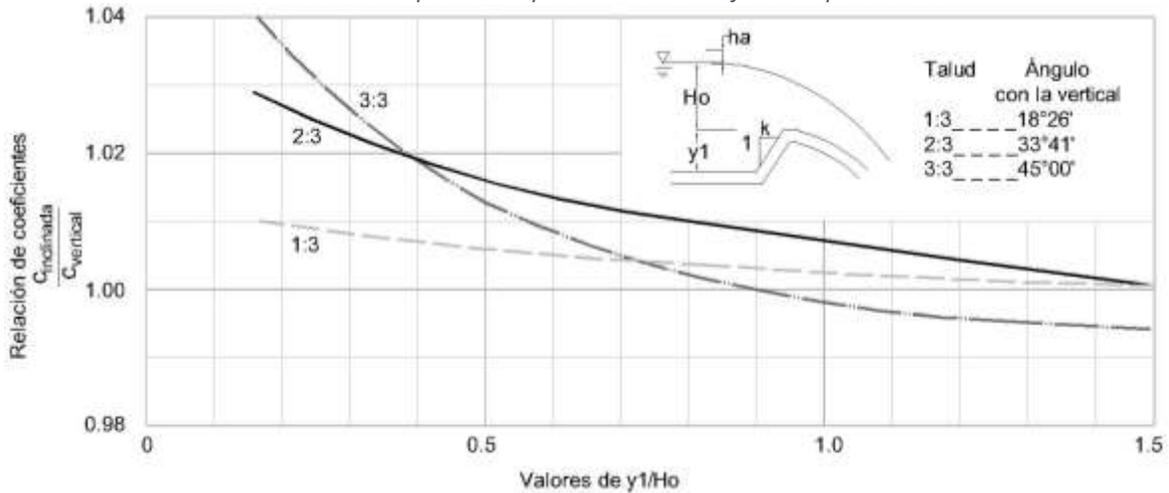


Ilustración 16 Factores de corrección para el coeficiente de desagüe para pendientes de paramento no verticales.

Fuente: (Sotelo Ávila, Diseño hidráulico de estructuras, 1994)

Donde y_1 es la altura del azud o si se tiene una reja lateral es la altura desde el fondo del río hasta el dintel de la reja.

CARGA DE DISEÑO, H_o

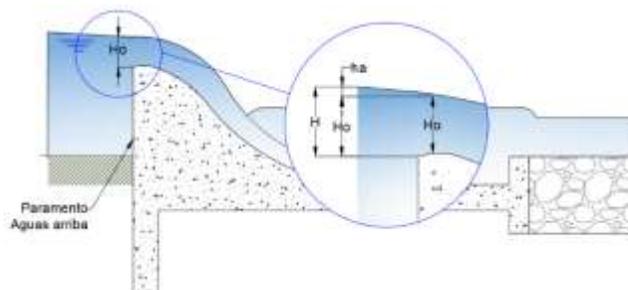


Ilustración 17 Esquema de la carga de diseño

El diseño del perfil implica una carga de diseño H_o , una de las formas rápidas para obtener H_o es por medio del calado crítico y el caudal específico que se determina con las siguientes ecuaciones:

$q = C * H^{\frac{3}{2}}$	$y_c = \left(\frac{q^2}{9.81} \right)^{\frac{1}{3}}$	$H_o = 1.3 * y_c$
Ecuación 41 Caudal específico	Ecuación 42 Calado crítico	Ecuación 43 Carga de diseño

Donde:

- q. – Caudal específico, m³/s
- C. – Coeficiente de desagüe de un vertedero
- H. - Carga sobre la cresta época de crecida, m
- y_c. – Calado crítico, m
- Ho. – Carga de diseño, m

PERFIL DEL AZUD

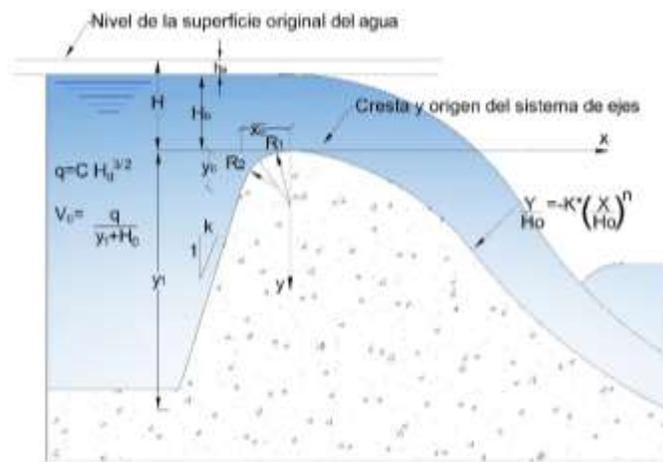


Ilustración 18 Elementos de los perfiles de cimacio con la forma de lámina vertiente

El perfil del Azud adopta la forma de la parte inferior de una lámina de agua en caída libre por un vertedero de cresta delgada para dar lugar a caudales óptimos, existen varias ecuaciones para definir la forma del azud que dependen de la carga existente aguas arriba del vertedero, la altura del azud, la inclinación del paramento y las consideraciones que tome el diseñador, a continuación, se tiene la ecuación general de un azud:

$$\frac{Y}{H_o} = k * \left(\frac{X}{H_o} \right)^n$$

Ecuación 44 Ecuación del perfil del azud

Donde:

- Y. – punto vertical del azud, m
- X. – punto horizontal del azud, m
- Ho. - Carga de diseño, m

K y n son constantes que dependen la relación de la carga de velocidad de llegada y la carga de diseño. Los coeficientes k y n se determinan mediante los ábacos de la Ilustración 17, para estos ábacos se requiere obtener la relación entre la carga por velocidad a la llegada del azud y la carga de diseño (h_a/Ho).

$V = \frac{q}{y_1 + H}$	$h_a = \frac{V^2}{2g}$
Ecuación 45 Velocidad de llegada	Ecuación 46 Pérdida de carga de velocidad

Donde:

- V. – velocidad de llegada, m/s
- H. – carga sobre la cresta época de crecida, m
- y₁. – altura del azud, m
- q. – Caudal específico, m³/s
- h_a. – Pérdida de carga de velocidad, m

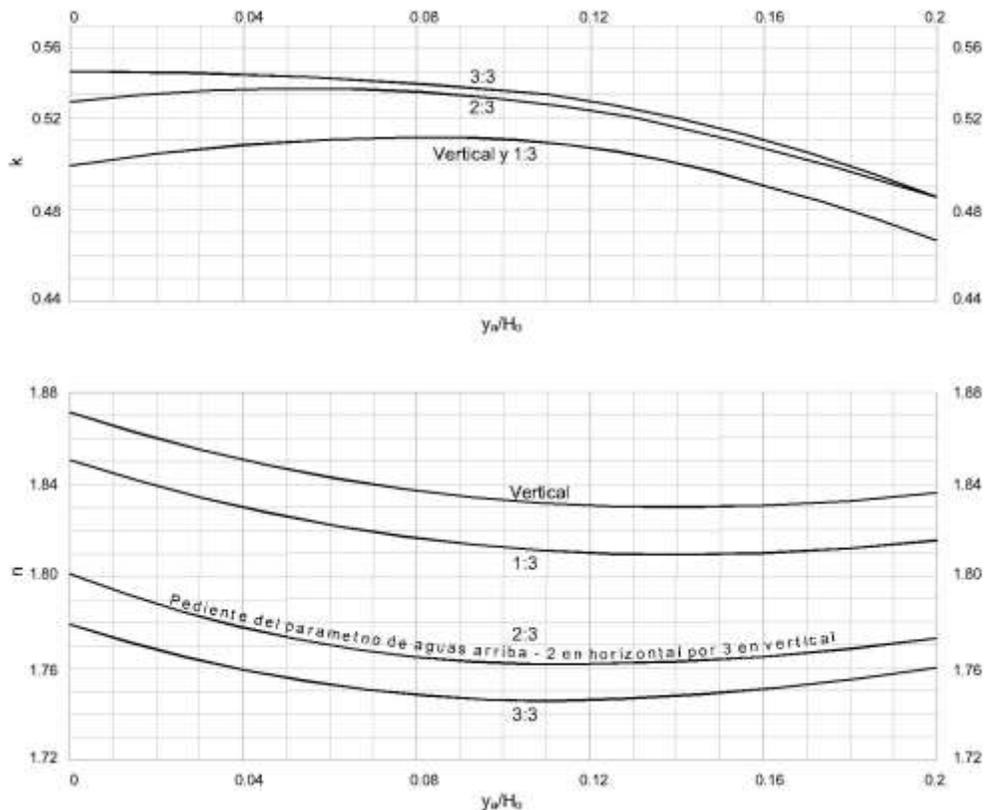


Ilustración 19 Coeficientes que definen el perfil de vertedero
Fuente: (Sotelo Ávila, Diseño hidráulico de estructuras, 1994)

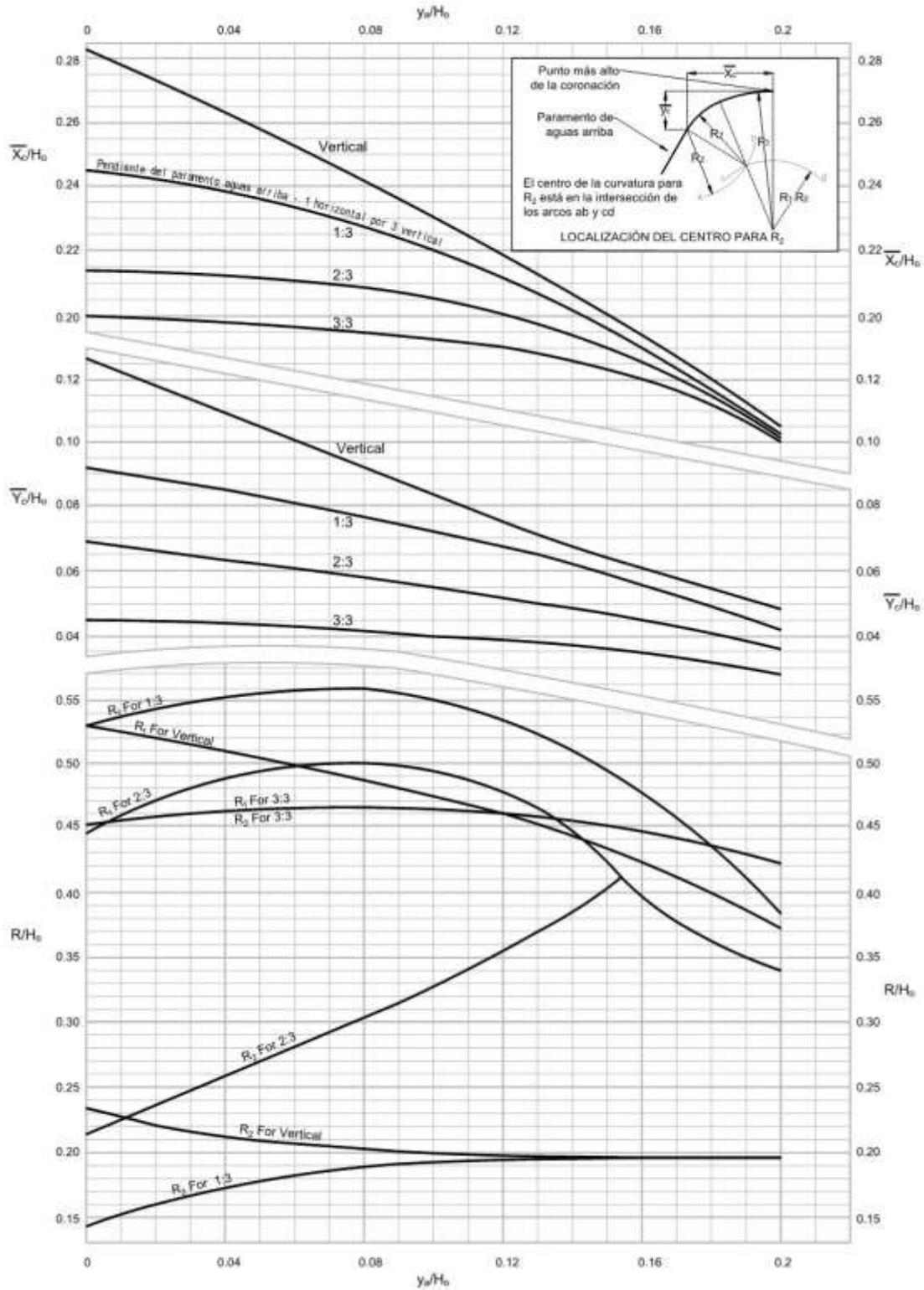


Ilustración 20 Parámetros para la curva de coronación aguas arriba
Fuente: (Sotelo Ávila, Diseño hidráulico de estructuras, 1994)

Tabla 55 Proceso propuesto para cálculo del azud

PASO	PROCESO	ECUACIÓN O ÁBACO
Paso 1	Determinar el caudal máximo de crecida y la altura total generada por los 2/3 de este caudal en la sección del río en un tiempo de retorno mínimo de 25 años, en donde se construirá el azud.	
Paso 2	Calcular la altura de carga sobre la cresta época de crecida (H_o)	$H_o = \sqrt[\frac{3}{2}]{\frac{Q}{Mb}}$
Paso 3	Calcular la carga por velocidad a la entrada del azud para escoger las constantes de k y n que definirán el perfil del azud	$h_a = \frac{V^2}{2g}$
Paso 4	Definir intervalos constantes en x para calcular las alturas del azud (y)	$Y = k * \left(\frac{X}{H_o}\right)^n$
Paso 5	Determinar las dimensiones para la curvatura aguas arriba del azud	Ilustración 18
Paso 6	Calcular la altura de agua al pie del azud para posteriormente calcular la disipación de energía por medio de un resalto hidráulico	

La altura de agua al pie del azud se determina con la siguiente ecuación:

$$d_{con} = \frac{q}{k\sqrt{2g(H_o + y_1 - d_{con})}}$$

Ecuación 47 Calado contraído

Donde:

d_{con} . – Altura al pie del azud o calado contraído, m

q. – Caudal específico, m³/s

k. coeficiente de pérdida, 1 – 0.9

Para que el resalto se introduzca inmediatamente al pie del azud se toma esta altura (d_{con}) como el calado contraído inicial de un resalto hidráulico, esto permitirá disipar energía al pie del azud²¹. Conocidas las dimensiones del azud es necesario comprobar la estabilidad de este, comprobando la seguridad del lecho y las fuerzas de empuje del agua sobre el azud.

1.3. ESTRUCTURAS DE RETENCIÓN DE SÓLIDOS

1.3.1. REJILLA LATERAL

Las rejillas permiten el paso de agua hacia la captación obstaculizando el paso de troncos, piedras u otros elementos, el ángulo entre la dirección del canal y el río se determina con la siguiente ecuación.

²¹ Ver sección de cálculo de Resalto hidráulico en el literal 1.3.1 para determinar la longitud del pie del azud en donde se concentrará el resalto hidráulico.

$$\alpha = 90 - \arccos(V_r/V_e)$$

Ecuación 48 Ángulo de la rejilla

Donde:

- α . - ángulo de la rejilla
- V_r . - velocidad media del río, m/s
- V_e . - Velocidad de entrada al canal, m/s

Recomendaciones de velocidades para tomas en la rejilla de entrada a la captación:

- Tomas derivación directa no sumergidas: 0,0 a 0,2 m/s
- Tomas derivación directa derivación sumergidas: 0,1 a 0,3 m/s
- Tomas derivación directa fáciles de captación 0,0 a 0,8 m/s

Al diseñar la reja observar lo siguiente:

- Si se prevé derivar el agua con ayuda de un azud, colocar la rejilla aguas arriba del mismo
- Los barrotes deben ser lo suficientemente fuertes para resistir el impacto de sólidos.
- Los barrotes deben estar al ras o sobresalir del muro para facilitar la limpieza.

$n = \left(\frac{b}{\text{espaciamiento}} \right) - 1$	$B = b + n * t$
Ecuación 49 Número de barrotes	Ecuación 50 Largo total de la rejilla

Donde:

- b. - Ancho efectivo de la rejilla, calculado como vertedero, m
- n. - Número de barrotes
- e. - Espaciamiento entre barrotes entre 2 a 5 cm.
- B. - Largo total de la rejilla, m
- t. - Grosor de barrotes, m

1.3.2. REJILLA DE FONDO

Consideraciones para construir una rejilla de fondo:

- En ríos de montaña con pendientes fuertes hasta del 10% o más.
- Si existen crecientes súbitas causadas por aguaceros
- Se recomienda que la velocidad en la rejilla de entrada a la captación sea de 0,2 a 0,4 m/s
- Tienen pequeño contenido de sedimentos finos.
- Se compone de la rejilla de fondo y la galería.

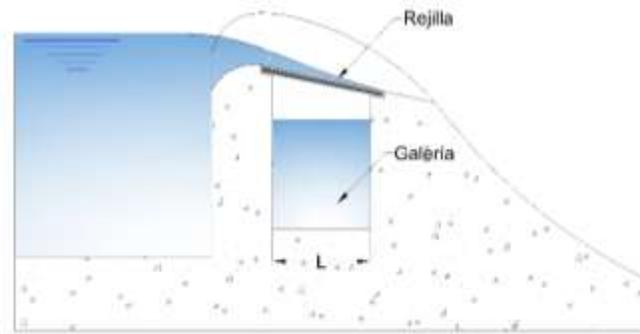


Ilustración 21 Esquema de rejilla de fondo

MÉTODO DE CÁLCULO

Antes de dimensionar la rejilla se requiere calcular los coeficientes de contracción y de reducción:

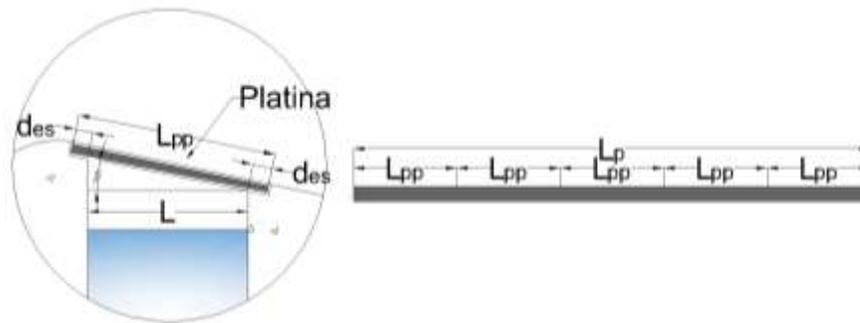
$c = 0.6 * \left(\frac{s}{d}\right) * (\cos\beta)^{\frac{3}{2}}$	$k = (1 - f) \frac{s}{s+t}$
Ecuación 51 coeficiente de contracción	Ecuación 52 coeficiente que reduce el área total efectiva

Donde:

- c. –coeficiente de contracción
- k. –coeficiente que reduce el área total efectiva
- s. –espaciamiento entre barrotes, de 2 a 5 cm
- t. – espesor de barrote dado por el fabricante, cm
- d. – espaciamiento entre barrotes más espesor de barrote (s+t), cm
- β . –Ángulo de inclinación, entre 0 y 20 grados
- f. –porcentaje de obstrucción, por arenas y gravas, entre 15 y 30%

El valor de L puede ser cualquiera, para optimizar recursos y evitar desperdicios se recomienda dividir a la pletina comercial en partes iguales y constructivamente factibles sin olvidarse de la longitud de descanso de la platina sobre el azud.

Tabla 56 Esquema de división de una platina



$$L_{pp} = \frac{L_p}{N}$$

Ecuación 53 Longitud parcial de la platina

Donde:

Lp. –Longitud comercial de la platina, m
Lpp. - Longitud parcial de la platina, m
N. – Número de divisiones

$$L = (L_{pp} - 2(des)) * \text{Cos } \beta$$

Ecuación 54 Ancho de rejilla de fondo

Donde:

L. –ancho de la galería se recomienda una longitud menor a 1,25 m.
Des. - longitud de descanso de la platina, m
 β . –Ángulo de inclinación, entre 0 y 20 grados

Para obtener el largo de la rejilla se utilizará la siguiente ecuación:

$$b = \frac{0.313Q}{(ck)^{\frac{3}{2}}L^{\frac{3}{2}}}$$

Ecuación 55 Largo de rejilla de fondo

Debido a que L puede modificarse, se debe elegir una configuración de b y L de tal forma que L no sea muy grande y que el largo de la rejilla quepa en el ancho del río o azud.

Altura mínima desde la rejilla hasta la cresta del azud H_m :

$$H_m = \left(\frac{Q}{2,55ckbL} \right)^2$$

Ecuación 56 Altura mínima de rejilla de fondo

Donde:

b. –largo de la rejilla, m
Q. –caudal de diseño, m³/s
c. –coeficiente de contracción
k. –coeficiente que reduce el área total efectiva
L. –longitud de la rejilla, m

Al diseñar la reja observar lo siguiente:

- Espaciamiento de barrotes (s) de 2 a 6 cm.
- Seleccionar la sección de las barras en función de la longitud y resistencia mecánica, debido a que pueden pasar piedras pesadas sobre estas rejas.
- La inclinación horizontal (β) va de 0° a 20° para facilitar el paso de piedras, en el caso de usar otras pendientes respaldar la utilización del ángulo tomado.

GALERÍA

En una rejilla de fondo además de calcular la configuración de los barrotes, se debe diseñar la galería, que es la zona en la que el agua ingresará hacia la captación. La longitud b se divide en partes iguales Δx , x será la distancia desde el comienzo de la galería y el caudal en cada punto se determina con la fórmula:

$$Q_x = \left(\frac{Q}{b}\right) * x$$

Ecuación 57 Caudal en cada punto x

Donde:

- b. –largo de la rejilla, m
- Q. –caudal de diseño, m³/s
- Q_x. –Caudal en cada punto, m³/s
- x. - Distancia desde el comienzo de la galería, m

La velocidad promedio en la galería debe ser alta para evitar que las piedras y arenas ingresen por la rejilla, para esto la velocidad debe ser mayor a $3\sqrt{gs}$

Tabla 57 Consideraciones de velocidad

Velocidad inicial V_o	1 m/s
Velocidades en cada punto	$V_x = \frac{V_f - V_o}{b} * x + V_o$
Velocidad final V_f	2 – 3 m/s

Fuente: (Krochin, 1986)

Verificar que el número de Froude no supere el valor de uno para mantener un flujo subcrítico, es decir, que el número de Froude sea menor a 1, si es mayor modificar las dimensiones de la rejilla.

$y_f = \frac{Q}{LV_f}$	$F = \frac{V_f}{\sqrt{gy_f}}$
Ecuación 58 Calado final	Ecuación 59 Número de Froude

Donde:

- y_f. – Calado final, m
- L. –Ancho de la galería, m
- F. –Número de Froude
- V_f. –Velocidad en el punto final, m²/s

El fondo de la galería se determina con la suma de las pérdidas por velocidad y longitudinales del canal, las pérdidas se pueden determinar con la ecuación de Manning desarrollada en la sección 2.2 de este anexo.

$s = \frac{V^2 * n^2}{R^{4/3}}$	$h_f = L * S_f$
Ecuación 60 Pendiente del canal	Ecuación 61 Pérdidas longitudinales

Donde:

- V. – velocidad media, m/s
- n. – coeficiente de rugosidad de Manning
- R. – radio hidráulico, m
- S. – pendiente del canal, m/d
- d. – calado en la galería, m

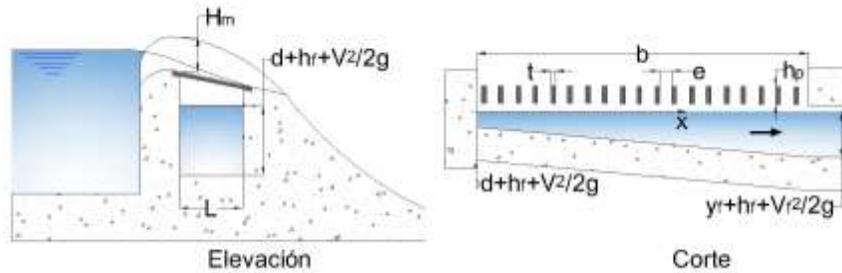


Ilustración 22 Elevación y corte de la rejilla de fondo

La Tabla 58 muestra un breve esquema de los valores a calcular para obtener el calado de la galería desde el comienzo $x=0$ a $x=b$, m

Tabla 58 Tabla guía para determinación del fondo de la galería

x (m)	Q_x (m ³ /s)	V_x (m/s)	$A_x=Q_x/V_x$ (m ²)	$d=A_x/L$ (m)	h_f (m)	$V^2/2g$ (m)	Altura $d + \sum h_f + \frac{V^2}{2g}$

1.4. DISIPACIÓN DE ENERGÍA

1.4.1. RESALTO HIDRÁULICO

La aplicación de la ecuación de energía permite obtener el calado en el punto 1 y posteriormente aplicar la ecuación de calados del resalto hidráulico para obtener el calado en el punto 2

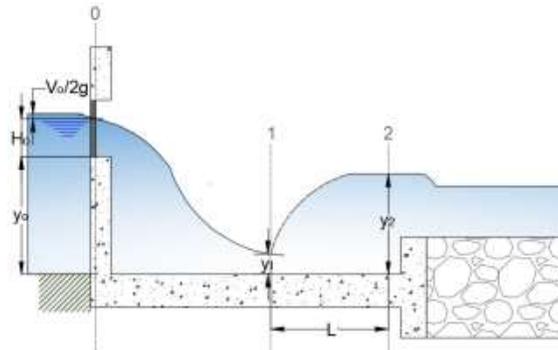


Ilustración 23 Resalto hidráulico

$$y_1 + \frac{V_1^2}{2g} = y_2 + \frac{V_2^2}{2g}$$

Ecuación 62 Ecuación de Energía específica

Donde:

y_1 . – altura, m

$v^2/2g$. –carga por velocidad, m

Tabla 59 Proceso propuesto para resalto hidráulico

PASO	PROCESO	ECUACIÓN O ÁBACO
PASO 1	Determinar la energía en el punto cero	$E_0 = y_0 + H_0 + \frac{V_0^2}{2g}$
PASO 2	Considerar el 10% de pérdidas por velocidad	$h_f = 0,10 * \frac{V_0^2}{2g}$
PASO 3	Resolver la ecuación cúbica para obtener el calado 1 (y_1)	$E_0 = y_1 + \left(\frac{Q}{by_1}\right)^2 * \frac{1}{2g} + h_f$
PASO 4	Calcular el caudal unitario	$q = \frac{Q}{b}$
PASO 5	Determinar el calado 2 (y_2) del resalto hidráulico,	$y_2 = \frac{y_1}{2} \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{8q^2}{gy_1^3}} \right)$

Donde:

E_0 . –Energía al ingreso de la captación, m

y_0 . –Calado al inicio el azud, m

V_0 . –Velocidad al inicio del azud, m²/s

Q . –Caudal de diseño, m³/s

b . – Ancho efectivo de la rejilla, m

g . –Gravedad, m/s²

y_1 . – Tirante conjugado en el punto 1, m

y_2 . – Tirante conjugado en el punto 2, m

q . – caudal unitario, relación del caudal respecto al ancho del canal, m²/s

Finalmente se determina la longitud del resalto, en donde se pueden aplicar fórmulas o gráficos, la información necesaria para cualquiera de los dos métodos son los tirantes conjugados y_1 y y_2 y el número de Froude.

MÉTODO 1: existen varias fórmulas experimentales utilizadas para encontrar la longitud, aquí se muestran algunas, el diseñador puede utilizar las presentadas aquí u otras que se muestren en bibliografía o sustentación propia.

$L = 2,5(1,9dy_2 - y_1)$	Ecuación 63 Pavlovski (1937)
$L = 10,3y_1(F_1 - 1)^{0,81}$	Ecuación 64 Chertousov (1935)
$L = 4y_1(1 + 2F_1^2)^{0,5}$	Ecuación 65 Pikalov (1950)
$L = 8 \frac{10+F_1}{F_1^2} * \frac{(y_2-y_1)^3}{4y_1y_2}$	Ecuación 66 Aivasian (1958)

MÉTODO 2: Con el número de Froude calculado se determina la relación entre la longitud y el calado final y_2 .

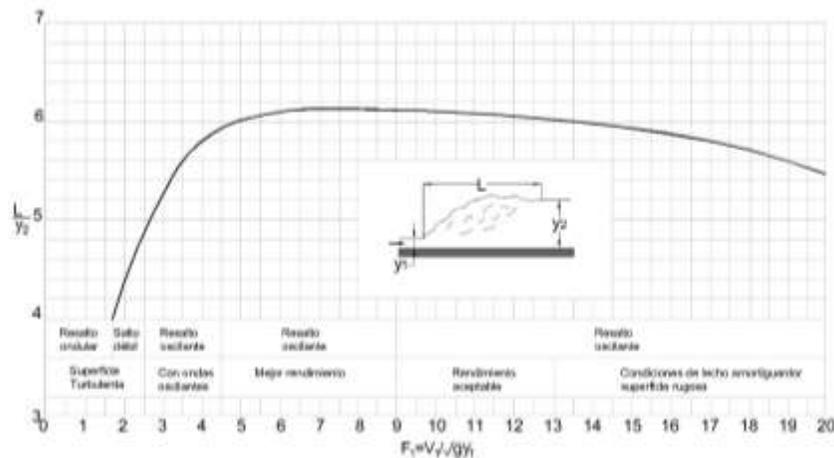


Ilustración 24 Longitud de resalto hidráulico por USBR (United States Bureau of Reclamation)

ESTRUCTURAS QUE CONTENDRÁN EL RESALTO HIDRÁULICO

Desripiador:

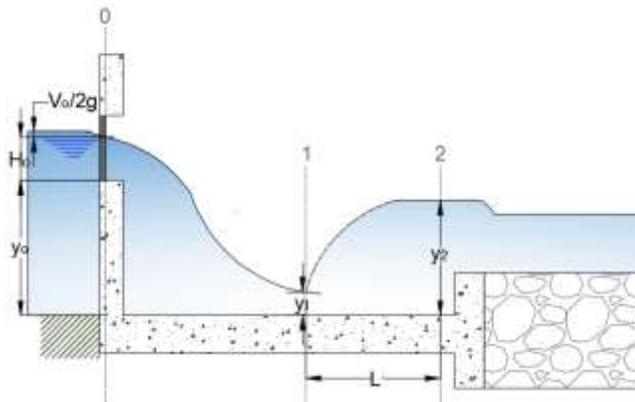


Ilustración 25 Resalto hidráulico en el desripiador

- Es una cámara que sirve para retener las piedras o sólidos que los barrotes no detuvieron, en esta zona es posible que se forme un resalto hidráulico, es conveniente que su longitud al menos sea la longitud del resalto.
- Debe tener una pendiente que sea capaz de arrastrar todas las piedras hacia la compuerta de purga y evitar ángulos rectos que generan puntos muertos que pueden llegar a almacenarse de sólidos. Se recomienda que la pendiente sea mayor al 2%.
- El tirante conjugado 2 es la altura mínima que debe tener el desripiador para evitar asolvamientos.
- La longitud del resalto representa la distancia del desarenador

Comprobación de la pendiente del canal de limpia del desripador

Al momento de abrir la compuerta de lavado todo el caudal debe fluir sin que nada entre al canal y la pendiente debe ser menor a la del río. Si es mayor se debe aumentar el ancho del canal o levantar el fondo del desripador o las dos opciones. Para verificar la pendiente se utiliza la ecuación de Manning

$$V = \frac{1}{n} * R^{2/3} * S^{1/2} \rightarrow s = \frac{V^2 * n^2}{R^{4/3}}$$

Ecuación 67 Ecuación de Manning

Donde:

- V. – velocidad media, m/s
- n. – coeficiente de rugosidad de Manning
- R. – radio hidráulico, m
- S. – pendiente del canal, m/d

Colchón disipador al final del azud:

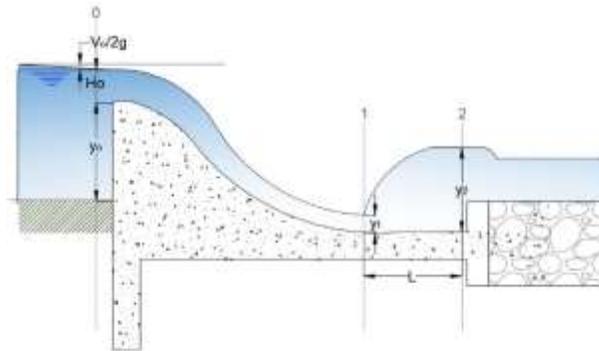


Ilustración 26 Resalto hidráulico al pie del Azud

- La caída de agua que pasa por el azud llega con fuerza al fondo del cauce provocando erosión, por este motivo, es importante construir estructuras de disipación que buscan formar un salto hidráulico que permite disipar la energía.
- La longitud del resalto será la longitud del colchón disipador
- El espesor del colchón se determinará de tal forma que resista el empuje de la subpresión.

1.4.2. TRANSICIONES

El diseño de Transición se implementa para que la mayor parte del material grueso que llega a desripador se deposite dentro de éste y no pase al canal. Por este motivo la conexión del desripador se hace generalmente por medio de un vertedero cuyo ancho es bastante mayor que el del canal que sigue. Para evitar que haya pérdidas grandes de energía entre la salida del desripador y el canal las dos estructuras se conectan por medio de una transición.

El Bureau of Reclamation recomienda un ángulo máximo entre el eje del canal y los lados de la transición (θ) de 12.5° , con este ángulo se puede pre diseñar la longitud de la transición

$$L = \frac{b_1 - b_2}{2tg(\theta)}$$

Ecuación 68 Longitud de la transición

Donde:

- L. – Longitud de la transición, m
- b1. –Ancho del vertedero, m
- b2. –Ancho de la conducción, m
- θ . – θ . –Ángulo de transición, grados

Debe determinar las pérdidas de carga por las cargas de velocidad, las pérdidas de carga por fricción se pueden despreciar. Estas pérdidas tienen el incremento de un coeficiente determinado el por tipo de transición (C).

Con esta información se determinará geométricamente las dimensiones de la transición

1.5. DESARENADOR

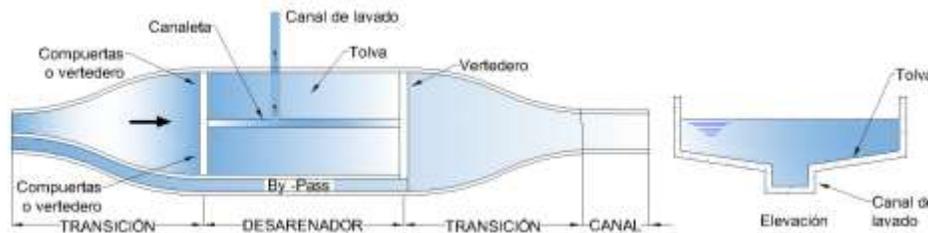


Ilustración 27 Posición y elementos de desarenador de una cámara

Remueve el material sólido que lleva el agua al canal, se puede omitir en casos especiales donde el agua es muy limpia.

Se ha observado que en ríos de montaña durante crecientes la cantidad máxima de sólidos llega a ser 4% al 6 % del volumen del caudal y en ríos de llanura llega a un 0,2 a 1%.

En el caso de caudales pequeños y sin turbiedades se contará con una sola unidad con un By-Pass para el mantenimiento. Si los caudales sobrepasan los 10 m³/s se recomienda una desarenador de dos cámaras.

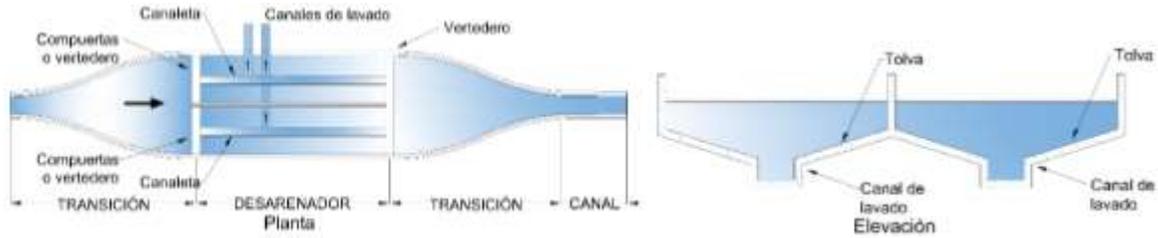


Ilustración 28 Esquema de desarenador de doble cámara

- La pendiente transversal de la tolva será de mínimo del 10% para que las arenas se dirijan al canal de lavado fácilmente.
- Para la profundidad de almacenamiento de lodos se adopta una profundidad máxima de 0,40 metros.
- Se recomienda que el o los canales de lavado tengan un ancho de 30 centímetros o el ancho mínimo de la herramienta de limpieza.
- La descarga de lodos se debe ubicar en el primer tercio de las cámaras diseñadas
- Por las velocidades tan bajas, el canal desarenador va a tener un ancho mayor al del vertedero de ingreso y de salida por lo tanto al inicio y final se debe considerar una transición.
- Para facilitar el movimiento de arenas hacia la compuerta al fondo del desarenador generalmente el fondo tiene una gradiente entre el 2 al 6 %.

Velocidades en el desarenador:

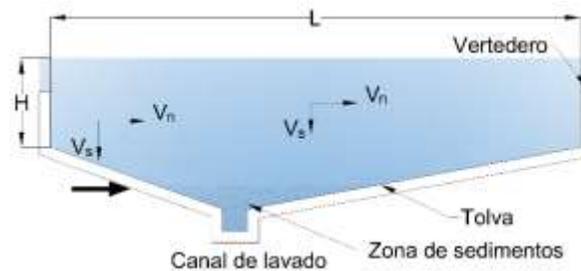


Ilustración 29 Corte del desarenador

Donde:

- V_s . – velocidad de sedimentación, cm/s
- V_h . – velocidad horizontal, contante, cm/s

La descarga de flujo puede ser controlada por medio de un vertedero, se utiliza el método de cálculo de vertederos con una velocidad máxima de 1 m/s y el caudal de diseño.

Las velocidades límite en la cámara de sedimentación se determinan según el material y el diámetro de la partícula, existen las fórmulas de Newton, Allen o Stokes que dependen del número de Reynolds y el tamaño de la partícula, la Tabla 60 muestra un resumen de las velocidades de sedimentación obtenidas por estas fórmulas o se puede acudir a otras fuentes con respaldo técnico.

Tabla 60 Velocidades límite de partículas

Material	Límite de las partículas (cm)	Velocidad Vs cm/s	Material	Límite de las partículas (cm)	Velocidad Vs cm/s
Grava	>1.0	100	Arena Fina	0,01	0,8
Arena gruesa	0,1	10		0,008	0,6
	0,08	8,3		0,006	0,4
	0,05	6,4		0,005	0,3
	0,05	5,3		0,004	0,2
	0,04	4,2		0,003	0,13
	0,03	3,2		0,002	0,06
	0,02	2,1		0,001	0,015
	0,015	1,5			

Fuente: (Organización Panamericana de la Salud, 2005)

Velocidad de sedimentación teórica V_o .

Para determinar V_o se requiere conocer el número de Hazen θ/t que es igual a la relación entre la velocidad de sedimentación y la velocidad teórica (V_s/V_o), para su obtención se utiliza la Tabla 61.

Los porcentajes más usuales de remoción son 50%, 75% y 87.5%, sin embargo, se recomienda hacer un estudio de sedimentos acarreados por el río, para obtener el porcentaje de remoción real en función de las condiciones propias de río.

$\frac{\theta}{t} = \frac{V_s}{V_o}$	$V_o = V_s * \left(\frac{\theta}{t}\right)^{-1}$
Ecuación 69 Número de Hazen	Ecuación 70 Velocidad de sedimentación teórica

Donde:

θ . –período de retención, s

t. – tiempo en llegar la partícula al fondo del desarenador, s

Tabla 61 Número de Hazen

Condición	Estado de deflectores	Remoción (%)							
		87,5	80	75	70	65	60	55	50
n-1	Sin deflectores	7,00	4,00	3,00	2,30	1,80	1,50	1,30	1,00
n-3	Buenos	2,75		1,66					0,76
n-4	Muy bueno	2,37		1,52					0,73
n-∞	máximo teórico	0,88		0,75					0,50

Fuente: (López Cualla, 2000)

Velocidad de arrastre V_r

$$V_r = \sqrt{\frac{8k}{f} g(\rho_s - \rho)d}$$

Donde:

- k.- factor de forma, (0,04 para arenas unigranulares no adheribles)
- f. –factor de rugosidad de la cámara debido a que no hay floculación f es 0.03
- g. –gravedad 981 cm/s²
- ρ_s . – peso específico de la partícula g/cm³
- ρ . – peso específico del agua g/cm³
- C. diámetro de la partícula, cm

Tiempos

Tiempo de caída (t), tiempo en el que llega una partícula al fondo del desarenador.

$$t = H/V_s$$

Ecuación 71 Tiempo de caída

Donde:

- t. –tiempo de caída, s
- H. – altura del desarenador, asumida entre 1,5 a 4,5 m
- V_s . – velocidad de sedimentación, m/s

Se determina el tiempo de retención con el tiempo de caída y el número de Hazen de la Tabla 61 debe estar entre 0,5 a 4 horas.

$$\theta = t * \text{Numero de Hazen}$$

Ecuación 72 Tiempo de retención

El volumen del tanque

$$V_{ol} = \theta * Q$$

Donde:

- V_{ol} . – volumen del tanque, m³
- θ . –tiempo de retención, s
- Q. – caudal de diseño, m³/s

Área superficial del desarenador

$$A_s = \frac{V_{ol}}{H}$$

Comprobaciones del diseño

Comprobación 1: se la realiza comparando el área superficial del desarenador con el área requerida.

$$A_r = \frac{Q}{V_s}$$

Donde:

Ar. – Área requerida, m²

Q. – Caudal de diseño, m³/s

Vs. – velocidad de sedimentación

Tabla 62 Verificación del área de sedimentación

Condición	Resultado
$A_s > A_r$	El diseño es correcto
$A_s < A_r$	Redimensionar ya sea: Cambiando el porcentaje de remoción Cambiando la altura del desarenador

Verificada el área superficial del desarenador se recomienda para su dimensionamiento una relación de L/B=4, con anchos mayores a 0.60m.

$$A_s = B * L$$

Donde:

B. – Ancho del desarenador, mayor a 60 cm.

L. –Largo del desarenador

Comprobación 2: consiste en revisar las velocidades en el desarenador

Para determinar la velocidad horizontal desarenador se requiere conocer velocidades de caída de las partículas, de la ecuación de Sokolov se obtiene lo siguiente:

$$V_h = \frac{L * V_s}{1.18 * H}$$

Donde:

L. - Longitud del desarenador, m

H. - Altura sobre el fondo, m

V_s. - Velocidad de sedimentación, cm/s

V_h. - Velocidades horizontal, cm/s.

- La velocidad horizontal (V_h) debe ser menor a 20 veces la velocidad de sedimentación (V_s).
- La relación entre la velocidad horizontal (V_h) y la de sedimentación teórica (V_o) debe estar entre 9 y 12.
- La velocidad horizontal (V_h) debe ser menor que la velocidad de arrastre (V_r) de las partículas para evitar suspensión de los sedimentos.

El diseñador tendrá la potestad de usar esta información o usar otra información con fundamentación técnica, precautelando la seguridad de la obra.

1.6. ELEMENTOS DE PROTECCIÓN

ENROCADO

Al final del colchón disipador se colocará un enrocado que reduce el efecto erosivo y contrarresta el arrastre de materiales finos, la longitud del enrocado se expresa como:

$$L_t = 0,67C(Db * q)^{0.5}$$

Ecuación 73 Longitud total de enrocado

Donde:

L_t . - Longitud total de enrocado, m

D_b . - Diferencia de altura entre la cota del azud y el nivel del tirante crítico 2 al final del resalto hidráulico, m

q . –caudal unitario, m^2/s

C . –coeficiente de Blingh

Tabla 63 Coeficientes de Blingh con tamaños de grano

Lecho del cauce	Tamaño de grano	C
Arena fina y Limo	0,005 a 0,01	18
Arena fina y Limo	0,1 a 0,25	15
Arena Fina	0,5 a 1	12

Tabla 64 Coeficientes de Blingh

Lecho del cauce	C
Arena Gruesa Gravas Arena	9
Bolonería Gravas y Arena	4-6
Arcilla	6-7

2. OBRAS DE CONDUCCIÓN

Tipos de tubería

Existen varios tipos de tuberías, siendo de PVC la más común y PE

Velocidades admisibles

Según la norma INEN 5 Parte 9 se toman como velocidades máximas los siguientes valores:

Material	Velocidad máxima (m/s)
Hormigón	4,5 a 5
Hierro	4 a 5
Asbesto – cemento	4,5 a 5
Acero	6
Plástico	4,5

Presiones admisibles

Se seleccionará en base a la presión máxima que va a soportar la tubería en el punto más crítico del sistema, según los manuales técnicos de los fabricantes.

Las tuberías deben soportar las cargas estáticas y dinámicas para evitar daño en las tuberías.

Las cargas estáticas son las cargas que existen en el sistema cuando no hay movimiento de fluido en las tuberías y son las más críticas que se deben controlar, y las cargas dinámicas son las cargas estáticas menos las pérdidas de carga en la tubería cuando existe movimiento de fluido.

El cálculo se lo realiza transformando la altura desde el punto de distribución hasta el punto más distante del sistema en el eje vertical, a esta altura de agua se la conoce como metros de columna de agua. Esta presión debe tomarse en cuenta para la elección de la tubería, no importa el diámetro, ni el material, recorrido o distancia o para la elección de una válvula al final de la tubería cerrada.

Por seguridad se recomienda definir la presión de diseño tomando en cuenta la presión máxima de la conducción con el apoyo del perfil topográfico, con la altura máxima de carga que soporta la tubería (presión estática) multiplicada por un factor de 1.3 (López, 1995)

Diámetro Nominal (mm)	Serie del tubo (S)									
	25	20	16	12,5	10,0	8	6,3	5	4	3,2
	Presión nominal (MPa)									
	0,5	0,63	0,8	1	1,25	1,6	2	2,5	3,15	4,0
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,4
12	-	-	-	-	-	-	-	-	1,4	1,7
16	-	-	-	-	-	-	-	1,5	1,8	2,2
20	-	-	-	-	-	-	1,5	1,9	2,3	2,8
25	-	-	-	-	-	1,5	1,9	2,3	2,8	3,5
32	-	-	-	-	1,6	1,9	2,4	2,9	3,6	4,4
40	-	-	-	1,6	1,9	2,4	3,0	3,7	4,5	5,5
50	-	-	1,6	2,0	2,4	3,0	3,7	4,6	5,6	6,9
63	-	1,6	2,0	2,5	3,0	3,8	4,7	5,8	7,1	8,6
75	1,5	1,9	2,3	2,9	3,6	4,5	5,6	6,8	8,4	10,3
90	1,8	2,2	2,8	3,5	4,3	5,4	6,7	8,2	10,1	12,3
110	2,2	2,7	3,4	4,2	5,3	6,6	8,1	10,0	12,3	15,1
125	2,5	3,1	3,9	4,8	6,0	7,4	9,2	11,4	14,0	17,1
140	2,8	3,5	4,3	5,4	6,7	8,3	10,3	12,7	15,7	19,2
160	3,2	4,0	4,9	6,2	7,7	9,5	11,8	14,6	17,9	21,9
180	3,6	4,4	5,5	6,9	8,6	10,7	13,3	16,4	20,1	24,6
200	3,9	4,9	6,2	7,7	9,6	11,9	14,7	18,2	22,4	27,4
225	4,4	5,5	6,9	8,6	10,8	13,4	16,6	20,5	25,2	-
250	4,9	6,2	7,7	9,6	11,9	14,8	18,4	22,7	27,9	-
280	5,6	6,9	8,6	10,7	13,4	16,6	20,6	25,4	-	-
315	6,3	7,7	9,7	12,1	15,0	18,7	23,2	28,6	-	-
355	7,0	8,7	10,9	13,6	16,9	21,1	26,1	-	-	-
400	7,9	9,8	12,3	15,3	19,1	23,7	29,4	-	-	-
450	8,8	11,0	13,8	17,2	21,5	26,7	33,1	-	-	-
500	9,8	12,3	15,3	19,1	23,9	29,7	36,8	-	-	-
560	11,0	13,7	17,2	21,4	26,7	33,2	-	-	-	-
630	12,3	15,4	19,3	24,1	30,0	37,4	-	-	-	-
710	13,9	17,4	21,8	27,2	33,9	-	-	-	-	-
800	15,7	19,6	24,5	30,6	-	-	-	-	-	-
900	17,6	22,0	27,6	-	-	-	-	-	-	-
1 000	19,6	24,5	30,6	-	-	-	-	-	-	-

Ilustración 30 Norma ecuatoriana, INEN 1373 Tubería plástica. Tubos y Accesorios de Poli (Cloruro de vinilo) (PVC) No plastificado para presión. Requisitos de diámetro y espesor para presiones nominales.

Como ejemplo se toma un tanque elevado a 60 metros de la superficie de la tierra, por lo tanto, la carga estática o presión mínima que debe soportar la tubería cuando no hay movimiento de agua al final del tramo es la conversión de los 60 metros de columna de agua a PSI o MPa multiplicada por el factor de 1.3.

En este caso la presión es la mínima que debe soportar el tubo es de 110.9 PSI o 0.76 MPa.

Conversiones

- 1 metro de columna de agua (m.c.a.) equivale a 1.422 PSI
- 1 Megapascal (MPa) equivale a 101.97 m.c.a.

Pérdidas de carga

Pérdidas longitudinales

Para calcular estas pérdidas debe considerar las siguientes ecuaciones, tomando en cuenta su aplicabilidad en el proyecto

Ecuación de Darcy – Weisbach, para cualquier tipo de flujo y tubería.

$$hf = f * \frac{L}{D} * \frac{V^2}{2g}$$

Ecuación 74 Ecuación de Darcy – Weisbach

Donde:

- hf. - pérdida de carga, m
- f.- factor de fricción, sin dimensiones
- V.- velocidad media, m/s
- D.- diámetro interior de la tubería, m
- g.- gravedad, m/s².

Para obtener el factor de fricción, f:

Re	Nombre	Ecuación
Menor a 2100	Hagen – Poiseville	$f = \frac{64}{Re}$
Mayor a 4*10 ⁵	Colebrook - White	$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{\epsilon}{3.71 D} + \frac{2.51}{Re \sqrt{f}} \right)$

$$Re = \frac{V * D * \rho}{\mu}$$

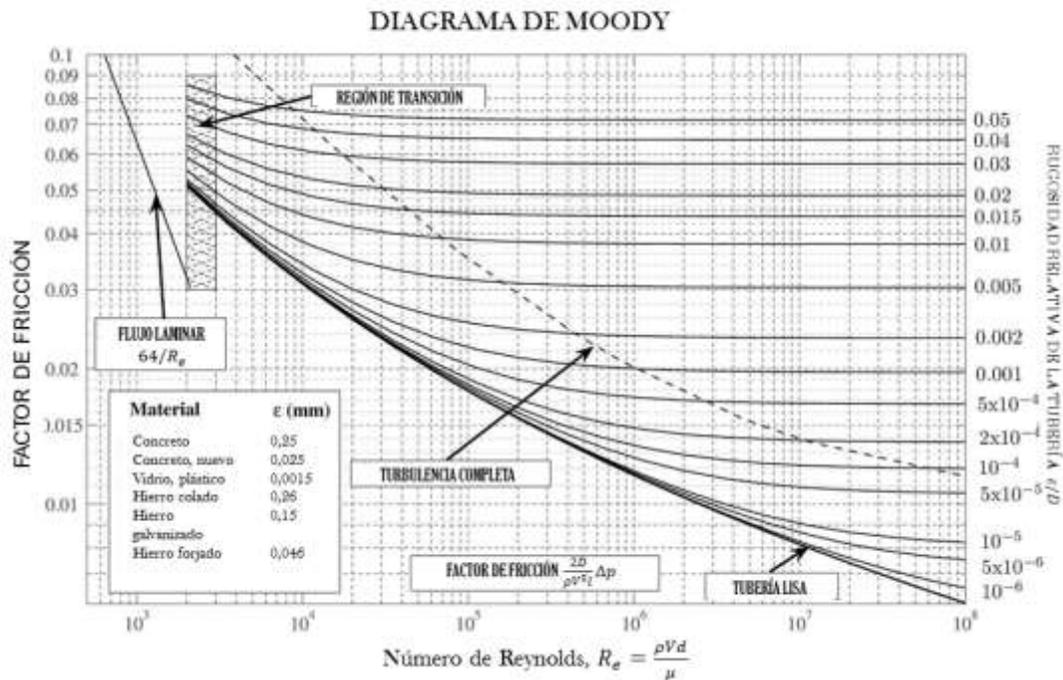
Ecuación 75 Número de Reynolds

La ecuación de Colebrook-White, permite obtener el factor de fricción mediante la ecuación o mediante el diagrama de Moody.

Donde:

- Re. – número de Reynolds
- hf. - pérdida de carga, m
- ε.- rugosidad, para tuberías plásticas 0.00015
- D.- diámetro interior de la tubería, m
- Re.- número de Reynolds
- V.- Velocidad media, m/s
- ρ.- densidad específica del agua, 1000 kg/m
- μ.- viscosidad dinámica del agua, kg/ (m*s)

Temperatura	Viscosidad dinámica	Temperatura	Viscosidad dinámica	Temperatura	Viscosidad dinámica
°C	kg/(ms)	°C	kg/(ms)	°C	kg/(ms)
0	0,0017920	12	0,0012360	24	0,0009110
1	0,0017310	13	0,0012020	25	0,0008910
2	0,0016740	14	0,0011700	26	0,0008710
3	0,0016200	15	0,0011390	27	0,0008520
4	0,0015690	16	0,0011090	28	0,0008330
5	0,0015200	17	0,0010810	29	0,0008150
6	0,0014730	18	0,0010540	30	0,0007980
7	0,0014290	19	0,0010280	31	0,0007810
8	0,0013860	20	0,0010030	32	0,0007650
9	0,0013460	21	0,0009790	33	0,0007490
10	0,0013080	22	0,0009550	34	0,0007340
11	0,0012710	23	0,0009330	35	0,0007200



Ecuación de Hazen – Williams, es más común para tubos rugosos:

$V = 0.355 * C * D^{0.63} * S_f^{0.54}$	$S_f = 10.64 * \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.85} * \left(\frac{1}{D}\right)^{4.87}$	$h_f = S_f * L$
Ecuación 76	Ecuación Hazen-Williams	Ecuación 77 Pérdida de carga

Donde:

- Q. - caudal, m³/s
- V. - velocidad media, m/s
- D. - diámetro interior de la tubería, m
- C. - Coeficiente que depende del material de la tubería.

Sf. – Pendiente de la tubería, m

L. – longitud de la tubería, m

h_f . - Pérdidas de la tubería, m

Tabla 65 Coeficientes de Hazen - Williams

Material	C	Material	C
Acero corrugado	60	Fierro fundido sin incrustaciones (usado)	110
Acero con juntas (nuevo)	135	Fierro fundido con incrustaciones (viejo)	90
Acero galvanizado	125	Plástico PVC	150
Acero remachado nuevo	110	Cobre y latón	130
Acero remachado usado	85	Concreto acabado liso	130
Material	C	Material	C
Acero soldado, con revestimiento	130	Concreto acabado común	120
Fierro fundido limpio	130		

Fuente: (Sotelo Ávila, Hidráulica General, 1994)

Pérdidas locales

La fórmula general para pérdidas locales es:

$$h_l = K * \frac{V^2}{2g}$$

Ecuación 78 Ecuación de pérdidas locales

Donde:

h_l . - pérdidas locales

k.- coeficiente de pérdida

$V^2/2g$.- carga de velocidad

El valor de k es un valor adimensional que debe verificarse con la información dada por el fabricante de los accesorios a utilizar.

Tabla 66 Coeficientes referenciales de pérdidas²²

Accesorio	K	Accesorio	K
Ampliación gradual	0.30	Unión	0.40
Boquillas	2.75	Medidor Venturi	2.50
Compuerta abierta	1.00	Reducción gradual	.15
Controlador de caudal	2.50	Registro de ángulo, abierto	5.00
Codo de 90 grados	0.90	Registro de gaveta, abierto	0.20
Codo de 45 grados	0.40	Registro de globo, abierto	1.00
Curva de 90 grados	4.40	Salida del tubo	1.00
Curva de 45 grados	0.20	Tee, pase directo	0.60
Curva de 22 ½ grados	0.10	Tee, salida lateral	1.30
Entrada normal en canal	0.50	Tee, salida bilateral	1.80
Entrada de borda	1.00	Válvula de pie	1.75
Existencia de pequeñas derivaciones	0.03	Válvula de retención	2.50

Fuente: (Álvarez & Barahona, 2012)

²² Los coeficientes referenciales de pérdidas por accesorios pueden cambiar según el fabricante de la tubería que se va a instalar

Tabla 67 Proceso propuesto para conductos a presión

Paso 1	Paso 2	Paso 3	Paso 4	Paso 5
Con el dato de caudal y las velocidades admisibles ubicamos un diámetro aproximado	Definir la rugosidad de la tubería, el peso específico y la viscosidad dinámica del agua de acuerdo con la temperatura y calcular las pérdidas por fricción en la tubería	Definir los coeficientes k de los accesorios del tramo y calcular las pérdidas localizadas en metros de columna de agua	Sumar las pérdidas de carga calculadas	Finalmente es necesario comparar las pérdidas de carga totales de la conducción con el desnivel del terreno. Si el valor del desnivel es mayor al calculado para las pérdidas de carga, entonces el diámetro elegido es el correcto.

Ejemplo: Para un sistema de riego es necesario conducir 3 l/s a una distancia de 15 metros, con una tubería de PVC, en el tramo más desfavorable existen 2 codos de 90mm, 3 tees de pase directo y una válvula de retención. El desnivel desde el punto de abastecimiento al punto más alejado es de 10 metros.

PASO 1. - elegir el diámetro de tubería adecuado que se ajusten a las velocidades permisibles con la ecuación:

$$V = \frac{Q}{A}$$

Donde:

V. - Velocidad, m/s

Q. - Caudal, m³/s

A. - Área de la tubería, con el diámetro interno, m²

CALCULO DE CAUDALES				
Tipo de tubería:		PVC		
Caudal	Caudal	Diámetro nominal	Diámetro interior	Velocidad
l/s	m ³ /s	Pulgadas	Milímetros	m/s
3	0,003	50	46,8	1,74
3	0,003	63	59,0	1,10
3	0,003	175	70,4	0,77

En este caso se tomará el diámetro de 50 mm debido que la tubería de 63 mm o superiores se sobredimensiona por lo tanto el costo final se eleva.

PASO 2. - La información necesaria para las pérdidas de energía es:

Información inicial			
Del sistema			
Caudal	Q	0,003	m ³ /s
Diámetro nominal	D	50	mm
Diámetro interior	D	46,8	mm
Velocidad	V	1,74	m/s
Longitud de tubería	L	15	m

Información inicial			
Del tipo de tubería y sustancia que se transporta			
Gravedad	g	9,816	m/s ²
Rugosidad tuberías plásticas	ε	0,00015	
Peso específico del agua	ρ	1000	kg/m ³
viscosidad dinámica del agua T=20°C	μ	0,001003	kg/(m*s)

Pérdidas por Darcy – Weisbach

Antes de iniciar el cálculo de la pérdida se requiere determinar el factor de fricción y se obtiene de dos métodos que dependen del número de Reynolds y la rugosidad del material de la tubería.

- La forma más exacta es buscar un valor de f que satisfaga la siguiente ecuación.

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{\frac{\varepsilon}{D}}{3.71} + \frac{2.51}{R_e \sqrt{f}} \right)$$

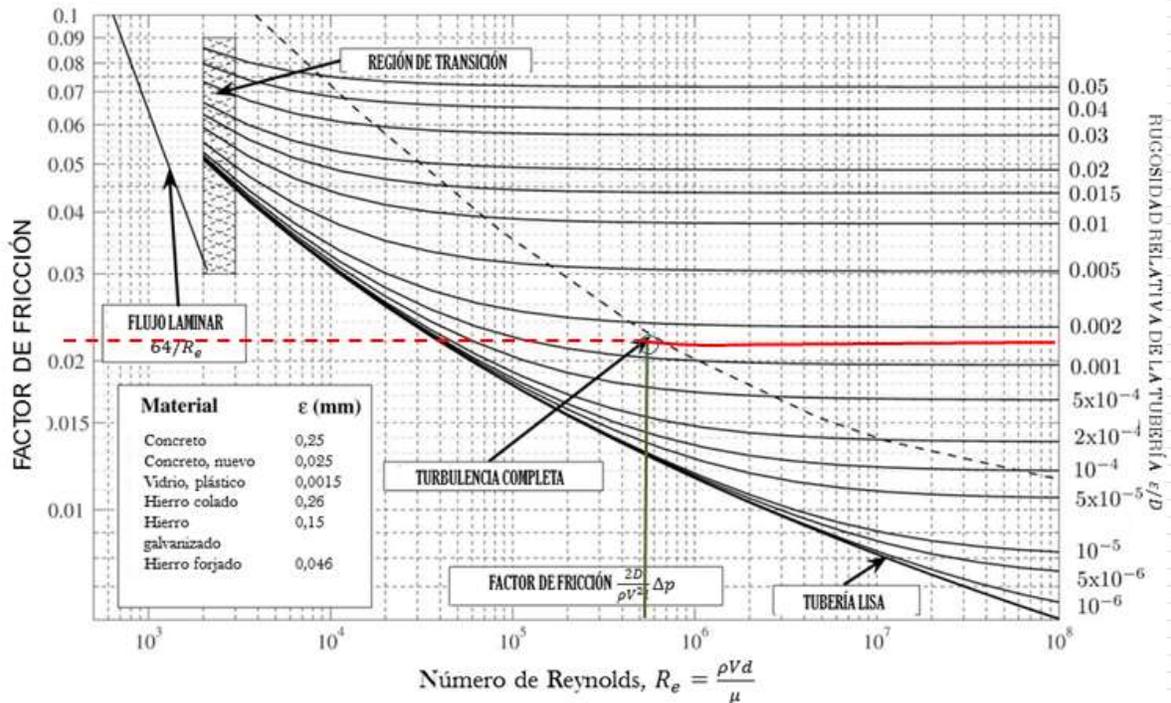
$$R_e = \frac{\frac{1.71m}{s} * 0.0864 * 1000kg/m^3}{0.001003 k/m * s} = 146924.91 = 1.46 * 10^5$$

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{\frac{0.00015}{0.0864}}{3.71} + \frac{2.51}{1.46 * 10^5 \sqrt{f}} \right)$$

El valor de f que cumple con esta ecuación es de **0.023**

Otra forma de obtener el valor de f es utilizando el diagrama de Moody, para esto es necesario conocer la relación ε/D que en este caso sería 0.00015/0.0864 igual a 0.00174 y el valor del número de Reynolds ya calculado de 1.46*10⁵

DIAGRAMA DE MOODY



El valor de f visualmente es de **0.046** y se obtiene proyectando la línea curva de la relación de ϵ/D hasta una línea vertical que parte del número de Reynolds, desde punto se proyecta una línea horizontal hasta el valor de f

Finalmente se determina las pérdidas por fricción:

$$h_f = 0.028 \frac{15m}{0.0468m} * \frac{1.74 \frac{m}{s}}{2 * 9.81 \frac{m}{s^2}} = 1,40 m$$

Pérdidas por Hazen Williams $C=150$ para PVC

$$S_f = 10.64 * \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.85} * \left(\frac{1}{D}\right)^{4.87} = 10.64 * \left(\frac{0.03 m^3/s}{150}\right)^{1.85} * \left(\frac{1}{0.0468}\right)^{4.87} = 0.06 m/m$$

$$h_f = S_f * L = 0.06 \frac{m}{m} * 15m = 0.97m$$

La selección del método de obtención de las pérdidas depende del diseñador, en este ejemplo vemos que con Darcy – Weisbach se tienen pérdidas por fricción mayores que por Hazen Williams.

Hay que recordar que la ecuación de Darcy Weisbach considera la rugosidad relativa de la tubería y el tipo flujo con el número de Reynolds, a diferencia de la fórmula de Hazen Williams que considera únicamente el material de la conducción.

PASO 3. - Determinación de las pérdidas locales

$$h_l = K * \frac{V^2}{2g}$$

Accesorio	Cantidad	k	h _f (m)
Codo	2	0,9	0,14
Tee directa	3	0,6	0,09
Válvula de retención	1	2,5	0,39
Total			0.62

PASO 4.-El total de pérdidas por fricción y localizadas es de 2,02m obtenido de la suma 1,40 m y 0.62 m.

PASO 5. - Comparamos las pérdidas de carga calculadas para la conducción con el desnivel existente del terreno.

Pérdida de carga calculada en la conducción	8.54 m
Desnivel desde el punto de abastecimiento al punto más alejado	10.00 m

Si las pérdidas de carga fueran mayores al desnivel, seleccionamos el diámetro inmediatamente superior disponible y realizamos nuevamente los cálculos.

Por último, podemos determinar la disponibilidad de energía remanente o residual al final de la conducción. De acuerdo con lo descrito, considerando las pérdidas de carga a la salida de la conducción, existirá un remanente de energía residual resultante de la diferencia entre el desnivel del terreno y las pérdidas totales de carga.

Golpe de ariete

Para evitar sobrepresiones en las tuberías se debe determinar si no existe golpe de ariete. Se debe comprobar que esta sobrepresión no sea mayor a la presión que soporta la tubería.

Tabla 68 Fórmulas para golpe de ariete

Ecuación	Condición	
Allievi	Sobrepresiones provocadas por bombas Impulsión larga y de cierre rápido	$\Delta H = \frac{2LV}{gT}$
Michaud	Sobrepresiones por cierre de válvulas Impulsión corta y de cierre lento	$\Delta H = \frac{C * V}{g}$
Nomenclatura	Nombre del término	
T	Período de prueba	$T = \frac{2L}{C}$
C	Celeridad, velocidad de propagación de onda	$C = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + K * \frac{D}{e}}}$

Fuente: (Soriano & Pancorbo, 2012) y (López, 1995)

Donde:

- V.- Velocidad del tramo, m/s
- L. –Longitud del tramo, m
- ΔH .- Sobrepresión por golpe de ariete, m
- k. - Elación entre el módulo de elasticidad del agua y el material $K=10^6/E$
- E. - Módulo de elasticidad del material de la conducción
- D. - Diámetro de la tubería
- e. - Espesor de la tubería

En el caso que la tubería tenga diferentes diámetros o material se debe obtener la celeridad y velocidad equivalente de todo el tramo.

$$C = \frac{L}{\frac{l_1}{a_1} + \frac{l_2}{a_2} + \dots + \frac{l_n}{a_n}}$$

$$V_e = \frac{l_1 * v_1 + l_2 * v_2 + \dots + l_3 * v_3}{L}$$

Donde:

- C.- Celeridad equivalente, m/s
- V. –Velocidad equivalente, m/s
- L. –Longitud total, m
- l_i . –Longitud en cada tramo, m
- a. – Celeridad en cada tramo, m/s
- v.- Velocidad en cada tramo

Canales abiertos en tierra

$V = \frac{1}{n} * R^{2/3} * S^{1/2}$	$R = \left(\frac{V * n}{S^{0.5}} \right)^{3/2}$	$Q = V * A : A = \frac{Q}{V}$
Ecuación 79 Ecuación de Manning	Ecuación 80 Radio hidráulico	Ecuación 81 Ecuación de continuidad

Donde:

- V. – velocidad media, m/s
- n. – coeficiente de rugosidad de Manning
- R. – radio hidráulico, m
- S. – pendiente del canal, m/m
- Q. - Caudal (m³/s)
- A – Area (m²)

Las velocidades en canales de tierra no revestidos son un punto que debe verificarse con detenimiento para evitar corrosión por el transporte de agua en el canal, a continuación, se tienen las velocidades máximas para diferentes tipos de suelo:

Tabla 69 Velocidades máximas para canales de tierra no revestidos

Material	Velocidad	m/s	Material	Velocidad	m/s
Arena fina, condiciones inestables		0.30	Arenas		1.25
Suelo arenoso		0.75	Gravas		2.00
Arena arcillosa		0.90	Roca sedimentaria suave		2.50
Suelo arcilloso-arenoso o arcilloso-limoso		1.10	Roca dura		3.00

(Rodríguez , 2008)

La velocidad mínima en canales de tierra se recomienda de 0,40 m/s con excepción de la arena fina en condiciones inestables.

El coeficiente de Manning puede calcularse a partir de cualquiera de los métodos indicados a continuación:

Método 1: con el reconocimiento de factores que afectan a la rugosidad del canal con la siguiente ecuación, en donde los valores se definen con la Tabla 70.

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) * m_5$$

Tabla 70 Factores que afectan a la rugosidad del canal

Condiciones del canal			Valores	
Material involucrado	Tierra		n0	0,020
	Corte en roca			0,025
	Grava fina			0,024
	Grava gruesa			0,028
Grado irregularidad	Suave	Con el mejor material	n1	0,000
	Menor	Canales artificiales bien dragados		0,005
	Moderado	Canales mediana o pobremente dragados		0,010
	Severo	Cauces naturales o taludes muy erosionados		0,020
Variaciones de la sección transversal	Gradual o Nula	Cambios de la sección del canal	n2	0,000
	Ocasionalmente alternante			0,005
	Frecuentemente alternante			0,010-0,015
Efecto relativo de obstrucciones	Insignificante	Obstrucciones como depósitos de basura, palos, raíces expuestas, troncos, etc.	n3	0,000
	Menor			0,010-0,015
	Apreciable			0,020-0,030
	Severo			0,040-0,060
Vegetación	Baja	La profundidad promedio es 3 o 4 veces la altura de la vegetación	n4	0,005-0,010
	Media	La profundidad promedio de flujo es dos veces la altura de la vegetación		0,010-0,025
	Alta	La profundidad promedio es más o menos igual a la altura de la vegetación		0,025-0,050
	Muy alta	La profundidad promedio del flujo es menor a la mitad de la altura de la vegetación		0,050-0,100

Condiciones del canal					
Valores					
Grado de efecto por meandros	Menor	Depende de la relación entre la longitud total con meandros y la longitud recta del canal l_{Total}/L_{recto}	1 a 1.2	m5	1,000
	Apreciable		1.2 a 1.5		1,150
	Severo		Mayor a 1.5		1,300

Fuente: (Chow, 1994)

Método 2: obtenidos de literatura especializada, como referencia se pueden utilizar los valores de la Tabla 71.

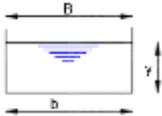
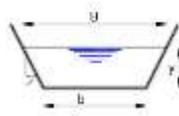
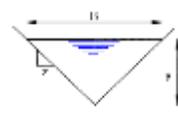
Tabla 71 Coeficientes de rugosidad de Manning

Superficie	Medio
Arcilla bien compactada	0,02
Grandes canales en condiciones medias de mantenimiento	0,026
Canales en malas condiciones	0,0276
Canales con algas y plantas acuáticas	0,03
Canales mal perfilados y con crecimiento de plantas acuáticas	0,036

Fuente: (CPE INEN 5 Parte 9-1, 1992)

Para comenzar con el diseño especificar la forma de la sección del canal, entre los más comunes está: el canal de sección trapezoidal y el rectangular. A continuación, se presentan sus propiedades geométricas principales:

Tabla 72 Propiedades geométricas de canales

Tipo de sección	Rectangular	Trapezoidal	Triangular
			
Área, A (m ²)	By	$(b + zy)y$	zy^2
Perímetro mojado, P (m)	$B + 2y$	$b + 2y\sqrt{1 + z^2}$	$2y\sqrt{1 + z^2}$
Radio hidráulico R=A/P (m)	$\frac{By}{B + 2y}$	$\frac{(b + zy)y}{b + 2y\sqrt{1 + z^2}}$	$\frac{zy}{2\sqrt{1 + z^2}}$
Ancho superficial, B (m)	B	$b + 2zy$	$2zy$

El tipo de suelo permite asignar un talud seguro que mantendrá el dren sin cambios de sección inesperados, existen dos métodos:

1. Mediante un ensayo de laboratorio para obtener el ángulo de fricción del suelo que representa el ángulo o pendiente máximo que el suelo puede mantenerse estable.
2. Tablas como la siguiente que muestran una relación entre el tipo de suelo y el talud según el tipo de canal.

Tabla 73 Valores de talud (m) para distintos tipos de suelos utilizados para el diseño de canales

Tipos de suelos	Canales poco profundos	Canales profundos
Paredes en roca	Vertical	0.25:1
Arcilla pegajosa	0.5:1	1:1
Limo - arcilloso	0.75:1	1.5:1
Limo - arenoso	1.5:1	2:1
Arenoso	2:1	3:1

El ancho de la base del canal se debe tomar como un ancho mínimo de 0.30 m, además considerar una altura libre mínima de 0.50m o se determinará con la siguiente relación:

$$y' = \text{Bordo libre} = \left(\frac{1}{5}\right) * y$$

Donde:

y' . -Altura desde espejo de agua al borde del canal (m)

y . -Altura hasta el espejo de agua(m)

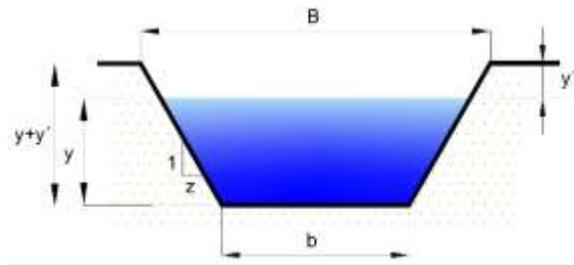


Ilustración 31 Diagrama general de un canal trapecoidal

Tabla 74 Proceso propuesto para canales abiertos

Paso 1	Paso 2	Paso 3	Paso 4	Paso 5
Recopilación de información; pendiente del canal, el coeficiente de rugosidad de Manning y con la información de tipo de suelo definir una velocidad admisible	Calcular el radio hidráulico y con la ecuación de continuidad determinar el área hidráulica	Determinar el perímetro mojado.	Según la geometría de la sección resolver con el perímetro mojado las dimensiones del canal	Añadir el bordo libre apropiado y modificar la sección con el fin que sea funcional desde el punto de vista práctico

Ejemplo: Para un sistema de drenaje es necesario conducir $1.17 \text{ m}^3/\text{s}$ por un dren recto trapecoidal de 100 metro de longitud con una pendiente del 1%, es un canal que se escava en tierra que contiene un suelo arcilloso, bien dragado y sin cambios graduales de sección.

PASO 1. – Recopilar información y determinar el coeficiente de rugosidad de Manning

Información inicial			
Caudal	Q	1.17	m ³ /s
Pendiente	J	1%	
Velocidad máxima para arcillas	V	1	m/s
Velocidad mínima	V	0.4	m/s
Velocidad tomada	V	0.7	m/s

Determinación del coeficiente de Manning.

El grado de irregularidad (n₁) es menor debido a que es un terreno bien dragado y las variaciones de la sección transversal es nula debido a que no hay cambios de sección.

Para la condición n₃ se considerará un efecto de obstrucción menor, debido a que al ser un canal abierto y de tierra, posteriormente a su construcción por factores externos o falta de mantenimiento puede haber basura, palos o raíces, se toma este mismo enfoque para la condición de vegetación (n₄) considerando una vegetación baja.

El efecto de meandros se toma como menor porque no existen cambios al ser un canal recto.

Coeficiente de rugosidad de Manning			
Material	n ₀	Tierra	0,020
Grado irregularidad	n ₁	Menor	0,005
Variaciones de la sección transversal	n ₂	Nula	0,000
Efecto relativo de obstrucciones	n ₃	Menor	0,010
Vegetación	n ₄	Baja	0,005
Grado de efecto por meandros	n ₅	Menor	1,000

$$n = (0,020 + 0,005 + 0,000 + 0,010 + 0,005) * 1,000 = 0,040$$

PASO 2. - Calcular Radio y área hidráulicos

$$R = \left(\frac{0,7 \text{ m/s} * 0,040}{0,001^{0.5}} \right)^{3/2} = 0,83 \text{ m}$$

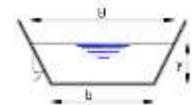
$$A = \frac{Q}{V} = \frac{1,17 \text{ m}^3/\text{s}}{0,7 \text{ m/s}} = 1,67 \text{ m}^2$$

PASO 3. - Perímetro mojado, despejando del concepto de radio hidráulico, que es el área respecto al perímetro mojado

$$R = \frac{A}{P} \Rightarrow P = \frac{A}{R} = \frac{1,67 \text{ m}^2}{0,83 \text{ m}} = 2,00 \text{ m}$$

PASO 4. - Definir las dimensiones con las condiciones geométricas

Información	Fuente	Valor tomado
Tipo de suelo	En campo	Limo - arenoso
Tipo de canal	Elección del diseñador	Canales poco profundos
Talud (z)	Tabla 73	0,50
Base inferior (b)	Mínimo 0,3 m	0,5 m

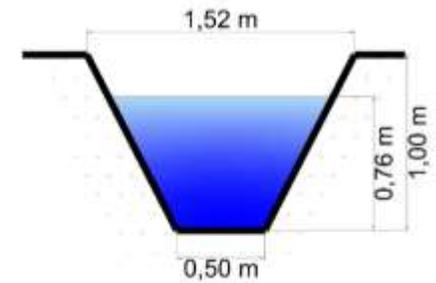
Tipo de sección	Trapezoidal
	
Perímetro mojado, P (m)	$b + 2y\sqrt{1 + z^2} + 2y\sqrt{1 + z^2}$

$$P = b + 2y\sqrt{1 + z^2} \rightarrow \text{Despejando } y \rightarrow y = \frac{P - b}{2\sqrt{1 + z^2}}$$

$$y = \frac{2,00\text{m} - 0,50\text{m}}{2\sqrt{1 + 0,50^2}} = 0,76$$

PASO 5. – Dimensiones finales

$$y' = \text{Bordo libre} = \left(\frac{1}{5}\right) * 0,76\text{m} = 0,152\text{m} \rightarrow 0,15\text{ m}$$



Dimensiones		
y	0,75	m
y'	0,15	m
z	0,50	
b	0,50	m
B	1,50	m

PROGRAMAS

Todos estos procedimientos se los pueden realizar con programas informático como los mostrados en la siguiente tabla, el diseñador tiene el poder de utilizar estos u otros programas para el cálculo de elementos hidráulicos que se adapten mejor a los resultados deseados.

PROGRAMAS	PROCESO	PRINCIPIO
HCANALES	Sistema que calcula parámetros hidráulicos y dimensiones de resaltos hidráulicos, tirantes normales y curva de remanso en canales a flujo libre.	Permite a los usuarios el análisis de los resultados, y con ello generar en forma experimental, consideraciones prácticas para el diseño de canales
EPANET	Simulaciones en periodos prolongados del comportamiento hidráulico y de la calidad del agua en redes de suministro a presión. Una red puede estar constituida por tuberías, nudos (uniones de tuberías), bombas, válvulas y depósitos de almacenamiento o embalses	Es un programa orientado al análisis del comportamiento de los sistemas de distribución de agua y el seguimiento de la calidad del agua
HEC RAS	El sistema genera secciones transversales, perfiles de las láminas de agua, curvas caudal-calado de cada perfil, hidrogramas de caudal y calado, propiedades hidráulicas, entre otros resultados	Es un programa para desarrollar modelos hidráulicos de un cauce, canal o río
IBER	Cálculo hidráulico de encauzamientos. Estabilidad de los sedimentos del lecho del río. Cálculo de corrientes de marea en estuarios. Cálculo hidráulico de redes de canales en lámina libre. Procesos de erosión y sedimentación por transporte de material granular	Es un modelo numérico de simulación de flujo turbulento en lámina libre en régimen no-permanente, y de procesos medioambientales en hidráulica fluvial. El rango de aplicación de Iber abarca la hidrodinámica fluvial, la simulación de rotura de presas, la evaluación de zonas inundables, el cálculo de transporte de sedimentos, y el flujo de marea en estuarios
WATERCAD	Al ejecutar el modelo se genera gran cantidad de resultados, entre los cuales podemos enumerar caudales, presiones, gradientes hidráulicos y niveles de tanques para cada escenario.	Además del análisis netamente hidráulico con opción a simular alternativas de diseño, las herramientas de WaterCAD pueden estar integradas totalmente dentro de la interface de AutoCAD

Anexo 6. Mapas y cartografía

Las mediciones sobre la superficie terrestre, tomando los datos para poder realizar aquellos cálculos que permiten representar sobre un plano y a una escala adecuada, formas y dimensiones del terreno, se puede determinar y registrar la posición de ciertos puntos de un terreno en planimetría (X-Y) y en altimetría (Z) pueden representarse en forma analógica como un mapa, plano o gráfico, o en forma digital, coberturas temáticas (shp) que incluso permiten la realización de un modelo digital de terreno.

Los mapas y la cartografía que se emplea para los proyectos de infraestructura de riego y/o drenaje, se los realiza en las diferentes etapas desde la planificación, diseño, construcción de obras, incluso para la fase de administración, operación y mantenimiento de los sistemas.

Para la generación de mapas y cartografía se deberá observar lo siguiente:

- Utilizar el sistema de referencia WGS84, proyección UTM, zona 17 Sur²³. Teniendo cuidado de respetar las zonas en las que se encuentran, considerando que Ecuador tiene una ubicación particular²⁴:
- Se encuentra atravesado por el ecuador (línea).
- Por ende pertenece a dos hemisferios.
- Ecuador continental se extiende en las zonas 17 y 18 M y N.
- Insular Galápagos pertenece a las zonas 15 y 16 M y N.
- Genéricamente se indica únicamente el hemisferio: Norte o Sur (Norte=zona M y Sur=zona N)
- Empleo de restituciones aerofotogramétricas para la generación de información temática observando la escala, el tipo de información que se desea representar y el nivel de estudio que se va a generar.
- La cartografía temática existente en la mayoría de los casos es de escala = 1:50.000 (nacional) y 1:25.000 (local o regional), de acuerdo al nivel de estudios a realizar, deberá establecerse la escala de trabajo. Por ejemplo, se podrá realizar planos y cartografía de: cuencas hidrográficas, geológicos, cobertura vegetal y uso de suelo, índices sociales, climática, estaciones hidrometeorológicas.

Para establecer la ubicación geográfica y generar una cobertura shape, de las obras de infraestructura de un sistema de riego y/o drenaje se debe considerar los siguientes aspectos:

- En obras puntuales como: reservorios, captación, estructuras, entre otras, se localizará las coordenadas UTM del proyecto (punto).
- Las obras relacionadas con la rehabilitación o reconstrucción, construcción de canales de riego, entre otros, se identificará la coordenada UTM de inicio y final (línea); y

²³ Guía informativa toma de coordenadas para registro en sistemas SUJA. Julio 2020.

²⁴ Verificar en: <http://www.dmap.co.uk/utmworld.htm>

- Todas las obras a realizar en el marco del proyecto identificasen el área beneficiaria con un polígono.

Para el caso de los estudios de riego la escala de presentación de la cartografía será considerando lo establecido en la siguiente tabla:

Tabla 75: Directrices para la presentación de cartografía

PLANOS	Escala	Detalle
Zonas de riego y /o drenaje (Área potencialmente regable)	1:10.000	Debe ser en formato shapex o dwg
Topográficos de Conducciones, redes y obras de arte	1:1000	Franjas topográficas, es obligatorio el formato digital *.dwg (AutoCAD).
Infraestructura y detalles constructivos	1:100	Franjas topográficas, es obligatorio el formato digital *.dwg (AutoCAD).
Catastrales	1:5.000 a 10:1000	Debe ser en formato shapex o dwg
De Cultivos	1:5.000 a 10:1000	Debe ser en formato shapex o dwg

Anexo 7. Topográfico

Este anexo tiene por objeto generar una pauta para el levantamiento topográfico, para que posteriormente se pueda representar en perfiles transversales y longitudinales para el trazado y replanteo de los diferentes tipos de proyectos con sus respectivas obras civiles. Para el levantamiento topográfico de los proyectos de pre inversión e inversión (nuevos-rehabilitación-tecnificación) deberá observar lo siguiente:

- Se configura una franja de terreno de 20 a 100 m, a uno y otro lado de la poligonal que define el trazado preliminar. El objetivo es obtener la representación del relieve del terreno por medio de curvas de nivel.
- Determinar la línea de gradiente y levantar el perfil longitudinal de las conducciones con una franja topográfica de un ancho mínimo de 40 m, a escala 1:1.000 y secciones transversales cada 20 m, a escala 1:100
- La elección del intervalo que se va a usar depende sobre todo de la precisión que se requiere, de la escala del plano y del tipo de terreno que es objeto del levantamiento. Si la zona de estudio es escarpada los intervalos de las curvas de nivel serán de cada metro o 0.50 m, dado que los intervalos menores hacen muy difícil el trazado de curvas de nivel, si se trata de terrenos muy planos o llanos las curvas serán desde 0.20 metros.
- Los planos deben ser actualizados y con información importante como la división de lotes, ríos, canales, colectores, línea de gradiente, acequias y construcciones.
- La topografía servirá para definir la ubicación de trazado, zanjas, pendientes de canales, longitudes, salidas de drenaje y toda la información clara para un buen diseño.
- La distancia máxima permitida entre la estación y el punto levantado no debe superar los 50 m.
- Abscisado del eje por medio de la colocación de estacas, por lo general cada 10 o 20 m.

Tabla 76 Relaciones existentes entre el tamaño de las curvas de nivel y algunos factores

Factor	Intervalos entre curvas	
	Más pequeño	Más grande
Precisión requerida	Alta	Baja
Escala del mapa	Escala grande	Escala pequeña
Tipo de terreno	Plano	Inclinado

Tabla 77 Especificaciones requeridas para levantamiento topográfico

Uso	Escala	Distancia entre curvas de nivel (m)	Error máximo admisible (m)	Densidad de puntos por hectárea	Distancia máxima entre puntos	Distancia máxima estación-punto levantado
Levantamiento de obras existentes	1:200	0.20	0.07	400	5	50
Diseño definitivo	1:500	0.50	0.17	100	10	500
Diseño de factibilidad y definitivo	1:1000	1.00	0.33	50	15	1000
Factibilidad y prefactibilidad	1:2000	2.00	0.67	25	20	1500
Prefactibilidad	1:5000	5.00	5.0	10	30	5000

Fuente: Manual de procedimientos geodésicos y topográficos, Ministerio de Agricultura - Chile.

Para el levantamiento topográfico de los proyectos de inversión (drenaje) deberá observar lo siguiente:

- La escala que se utiliza para elaborar estos mapas dependerá del nivel de detalle de la información como también de la extensión del área involucrada. Para un mapa topográfico con poco detalle para áreas grandes, como por ejemplo unas 5000 ha, una escala adecuada puede ser 1:25.000; para áreas relativamente más pequeñas y con más detalles, la escala que podría utilizarse es la de 1:10.000. Para áreas menores a las 100 ha con el mínimo detalle, la escala puede ser 1:5000.
- Respecto de la altimetría, dependiendo también de la extensión y del nivel de detalle, así como de las irregularidades del terreno, las curvas de nivel pueden realizarse en intervalos que van desde uno a más metros cuando se trata generalmente de estudios preliminares y desniveles superficiales de importancia. En la fase de diseño e implementación de las obras de drenaje y en especial cuando los terrenos son llanos, las equidistancias de las curvas de nivel pueden diseñarse desde los 20 hasta los 50 centímetros.

Para la elección de equipos para el levantamiento topográfico observar lo siguiente:

Los instrumentos topográficos que permiten las mediciones de distancias, ángulos en los planos horizontal y vertical son el teodolito y la estación total. Siendo el instrumento más actual y utilizado la estación total debido a que además de medir permite almacenar datos, replanteos, superficies, etc.

Las coordenadas globales pueden obtenerse mediante una red de satélites, en la actualidad existen dos tipos GPS²⁵ y GNSS²⁶.

Al realizar observaciones GPS las coordenadas deberán ser referidas al sistema WGS-84²⁷, existen cuatro tipos de equipos para obtener las coordenadas, se diferencian en la precisión que permiten alcanzar, teniendo así:

GPS	Características
NAVEGADORES	Son los más sencillos y de baja precisión, recomendados para reconocimiento de campo, pero no para el replanteo de obras civiles Precisión por debajo de los 10 metros
SUBMETRICO, MONOFRECUENCIA DE CÓDIGO	Se logra precisión por debajo de 1 metros
MONOFRECUENCIA DE CÓDIGO Y FASE	Se limita a tramos menores de 25 kilómetros Precisión de 1cm + 2ppm Con o sin opción RTK
DOBLE FRECUENCIA	Permiten observaciones en tramos mayores a 20 km Precisión de 5mm + 1 ppm Con opción RTK

²⁵ Sistema de Posicionamiento Global de Estados Unidos

²⁶ Sistema Global de Navegación por Satélite de Rusia

²⁷ Sistema Geodésico Mundial 1984

Existen distintos criterios a la hora de clasificar los métodos de observación o posicionamiento GPS:

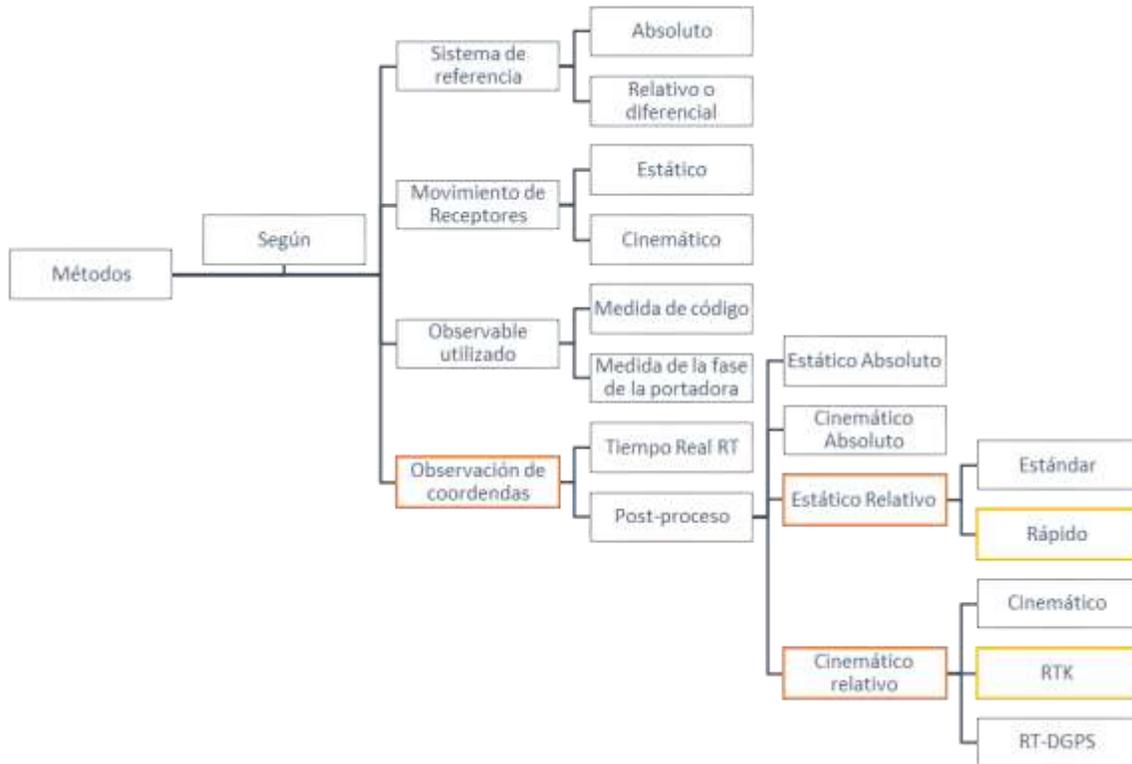


Ilustración 32 Métodos de observación o posicionamiento GPS

El método aplicable en la topografía será según la observación de coordenadas, utilizando el modo relativo. Es decir, con dos puntos un receptor fijo y un receptor móvil en donde, se mide una línea base desde un punto fijo en donde se conocen las coordenadas a un punto desconocido móvil.

Para la elección del método de observación considerar los siguientes modos:

- El método estático relativo rápido, permite observar hasta distancias menores de 20 kilómetros con precisión de 5 mm – 10 mm + 1ppm con un tiempo de observación de 5 a 10 minutos, aplicable para redes topográficas locales y apoyo fotogramétrico.
- El método relativo cinemático en tiempo real RTK (Real Tiempo Kinematic), permite una precisión de 1 o 2 cm +1ppm con un tiempo de observación en tiempo real, su aplicación va desde levantamientos, hasta replanteos en tiempo real.

Por otro lado, el método más actual para la obtención de topografías es la utilización de vehículos aéreos no tripulados o drones, en donde debe considerarse lo siguiente:

- Tener al menos tres puntos georreferenciados y marcados en el terreno, que se noten en las fotografías tomadas por el dron.
- Se debe volar en el día, a una altura y velocidad constante
- Las condiciones meteorológicas de vuelo visual (VMC) favorables, libre de nubes, neblina, precipitación o cualquier otra condición que sea perjudicial para el dron y la toma de datos.

- EL vuelo se puede realizar a una altura máxima de 122 metros sobre la superficie del terreno
- En este tipo de vuelo siempre se debe mantener la vista al dron
- La distancia entre el piloto y el dron debe ser máxima de 500 m
- No volar cerca de los aeropuertos, dejar una distancia mínima de 8 kilómetros
- El dron se utilizará solo para levantamiento de conducción y de terreno, pero no se acepta este instrumento para replanteo de obras civiles.
- Considerar que para el procesamiento de las fotografías se utiliza programas de fotogrametría como Agisoft Photoscan, Pix4D y otros.

Anexo 8. Diseño de drenaje superficial

Topografía

El drenaje superficial remueve el exceso de agua superficial conduciendo el agua aprovechando las pendientes del terreno. Para definir el trazado de la evacuación del agua en exceso que se encuentra sobre la superficie del suelo agrícola es necesario conocer la topografía, para planificar el drenaje del terreno, se debe elegir un patrón que encaja con la topografía, fuentes de exceso de agua y otras condiciones de campo.

Se considerarán los siguientes sistemas básicos:

- Sistema paralelo

El sistema de drenaje paralelo consiste en laterales que son perpendiculares al drenaje principal generalmente en topografías uniformes. Variaciones de este sistema son usados en otros patrones, en muchos casos los sistemas paralelos son más deseados porque provee un buen drenaje de un área dada.

- Sistema con doble dren principal

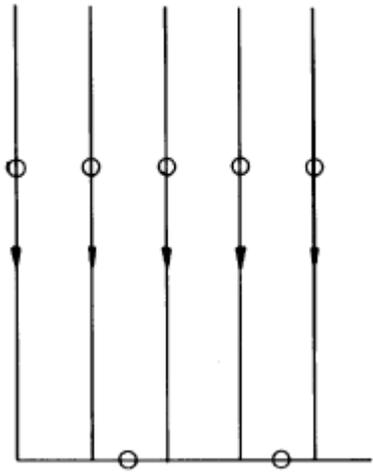
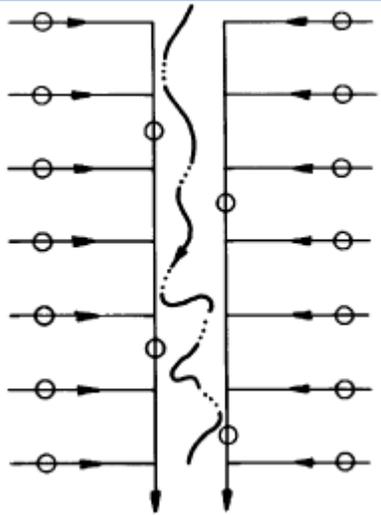
Es aplicado cuando en una depresión existen corrientes de agua divididas por el terreno que será drenado. Ocasionalmente la depresión puede estar húmeda porque la infiltración viene de terrenos más altos. Ubicando un dren principal en cada lado de la depresión que interceptará el movimiento natural de las corrientes de agua en el suelo y provee una salida por el dren lateral

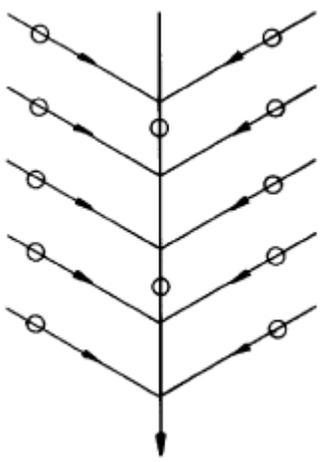
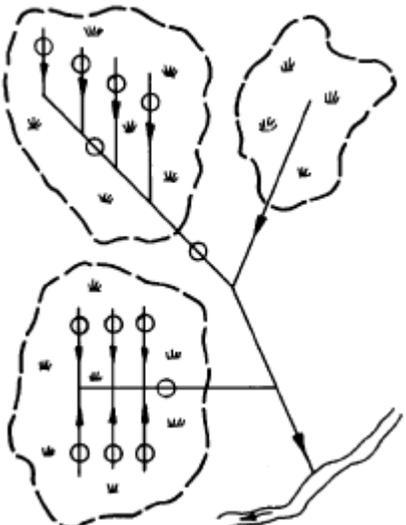
- Sistema espina de pescado

Este sistema de drenaje consiste en laterales que llegan al drenaje principal con un ángulo, generalmente de los dos lados. Si las condiciones los permiten este sistema puede ser usado en lugar del sistema paralelo, también puede ser usado en donde el dren principal tiene la mayor pendiente y los secundarios se conectan inclinando los laterales cuesta arriba.

- Sistema localizado

Un sistema localizado es usado donde la topografía es ondulada y tiene zonas inundadas, el dren principal es localizado en la cota más baja y los drenes más pequeños se ramifican para aprovechar las áreas húmedas. A menudo los drenes tienden a convertirse en salidas para un sistema más completo establecido en las zonas más altas del campo. La altura, localización y capacidad de los drenes más pequeños debe ser considerado como parte del sistema de drenaje completo. Generalmente la localización de estos drenes encaja con la topografía.

Topografía uniforme	Topografía dividida
Los drenes se distribuirán paralelamente.	Con depresiones en las que existen corrientes de agua divididas
	

Topografía irregular	Topografía ondulada
Con pendientes cruzadas que sigue el contorno de la pendiente del terreno	Permite drenar las depresiones donde existe encharcamientos en terrenos relativamente planos
	

Al realizar la topografía se debe identificar los cultivos que existen en la zona drenada, con información complementaria como área, ubicación y textura de suelo. A continuación se presenta un esquema con el áreas a drenar con la dirección de flujo y la ubicación de drenes, y caudales principales.

Como ejemplo se va a tomar la siguiente área de drenaje que contiene diferentes cultivos y áreas para cada uno, con las curvas de nivel obtenidas de la topografía.

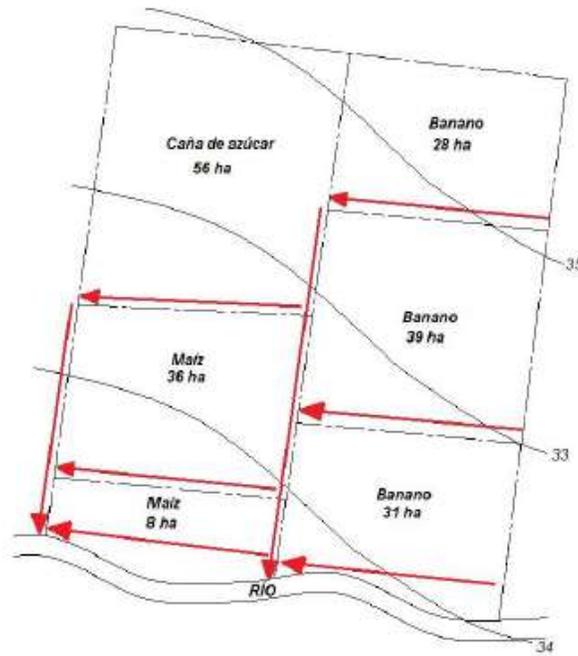


Figura 1 Esquema de dirección de flujo con cultivos y áreas respectivas

Tabla 78 Áreas y cultivos por cada lote

Lote	Área (ha)	Cultivo	Textura de suelo
1	56	Caña de azúcar	Franco arcilloso
2	44	Maíz	Arcilloso
3	98	Banano	Franco arcilloso

Mecánica de suelos

Para un buen drenaje es importante conocer la clasificación de suelos en la zona drenada, para este propósito referirse a la norma ASTM D 2487-11, en donde se define el método de ensayo estándar para la clasificación de suelos. Elegir la textura del suelo con el método del triángulo de textura del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América (USDA).

Teniendo así el siguiente resumen para el ejemplo

Tabla 79 Textura de suelo de ejemplo por lotes

Lote	Textura de suelo
1	Franco arcilloso
2	Arcilloso
3	Franco arcilloso

1. Componente agronómico

En este componente el parámetro principal es la obtención de la lluvia de diseño, esta precipitación es la que define el tamaño de las obras de drenaje y su magnitud va a depender del tiempo de drenaje de los cultivos y del periodo de retorno con que se espera la ocurrencia de eventos de precipitación que sean iguales o mayores a la lluvia de diseño establecida, para esto es necesario determinar el tiempo de drenaje, teniendo dos métodos para su obtención:

Método 1: Mediante el tipo de cultivo

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

Método 2: Mediante el tipo de cultivo y la textura de suelo

Este componente se refiere a al tiempo de drenaje de los cultivos (T_d), que se refleja como la resistencia temporal que presenta un cultivo a estar sometido en un ambiente inundado sin que su rendimiento se reduzca significativamente, la expresión matemática se presenta a continuación:

$$T_d = T_E - T_{10} \text{ (Gavilánez Luna, 2020, pág. 162 Ec 6.1)}$$

Dónde:

- T_d Tiempo de drenaje (h)
- T_E Tiempo de exceso de agua (h)
- T_{10} Tiempo para que el suelo llegue al 10% de aireación (h)

El primer parámetro a determinar es el tiempo de exceso de agua (h) que se puede establecer con la siguiente expresión

$$T_E = C_c * M^{0.46}$$

(Gavilánez Luna, 2020, pág. 163 Ec 6.2)

Dónde

- C_c Coeficiente que depende del cultivo
- M Daño permisible del rendimiento, asumiéndose que existe un daño del 10%

Tabla 80 Valores del coeficiente de cultivo C_c

Cultivo	C_c
Alfalfa	36.25
Algodón	13.93
Arveja	11.35
Cebolla	9.80
Fréjol	3.74
Garbanzo	24.77
Girasol	12.26

Cultivo	Cc
Maíz	12.90
Papa	10.32
Pastos	125.52
Sorgo	12.51
Soya	33.02
Tabaco	5.93
Tomate	8.00
Zanahoria	11.48

Fuente: (Gavilánez Luna, 2020)

El segundo parámetro es el tiempo para que el suelo llegue al 10% de aireación, este valor está basado en la textura del suelo y el porcentaje ponderado respecto al área de cada lote.

Tabla 81 Tiempo para lograr diferentes contenidos de aire de acuerdo a la clase de textura del suelo

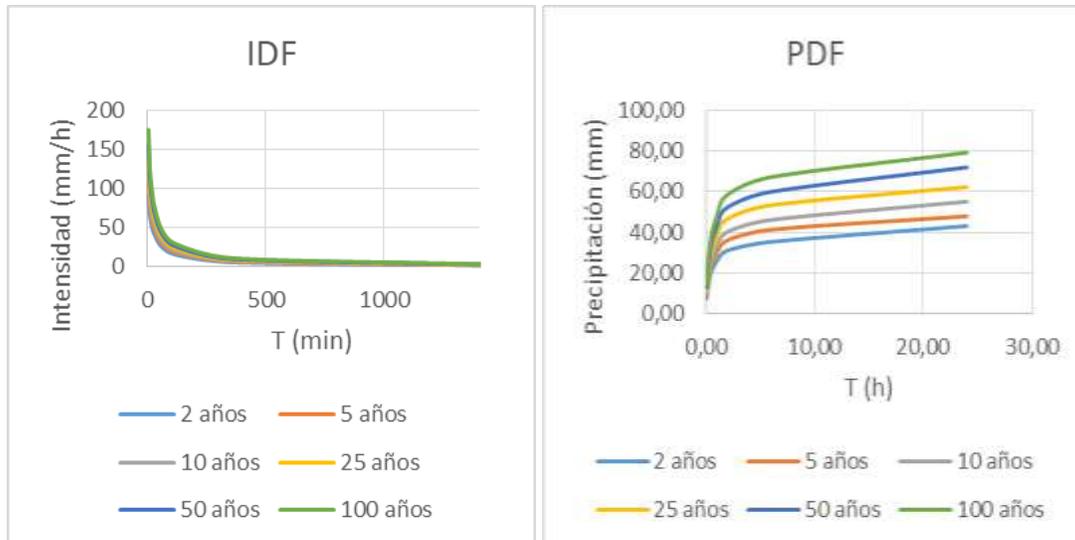
Textura	Porosidad (%) a las 24 h	Tiempos (h) para 8% de aireación	Tiempos (h) para 10% de aireación	Tiempos (h) para 15% de aireación
Arena	37.5	1.3	2.0	4.1
Arena fina	27.4	2.0	3.0	6.9
Franco arenoso	133	6.3	10.8	29.8
Franco	10.7	11.2	20.2	61.3
Franco limoso	8.5	19.3	36.7	122.2
Franco arcillo arenoso	11.0	10.2	18.4	55.0
Franco arcilloso	11.4	9.5	16.9	49.9
Franco arcillo limoso	8.8	18.4	34.9	115.4
Arcillo arenoso	16.5	4.4	7.3	19.0
Arcillo limoso	9.3	16.0	29.9	96.3
Arcilloso	7.3	31.9	63.6	230.8

Fuente: (Gavilánez Luna, 2020)

Lluvia de diseño

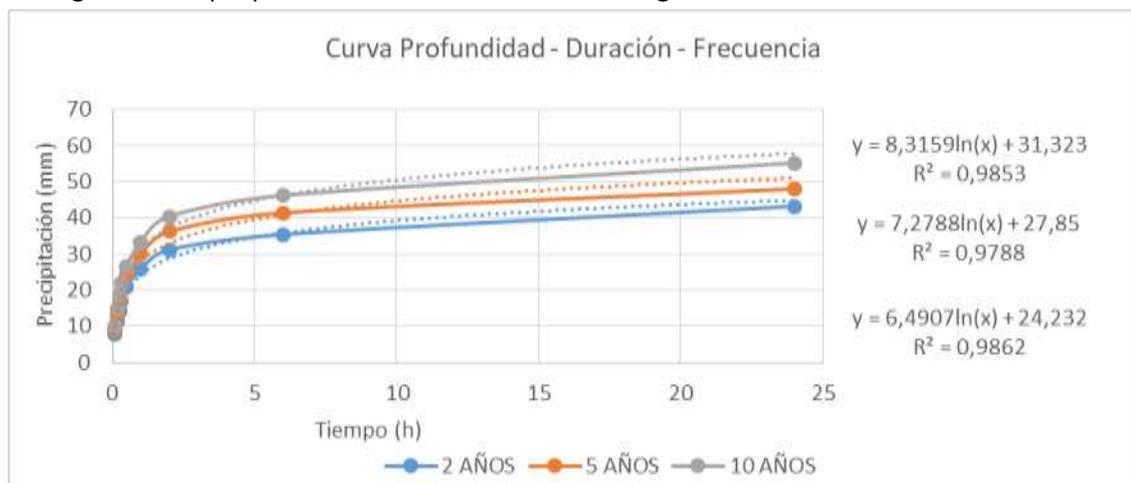
Se obtiene a partir de la curva profundidad – duración –frecuencia (PDF). El diseñar tendrá la potestad de utilizar los métodos expuestos u otra metodología técnicamente fundamentada.

Para el cálculo de la curva PDF, existen metodologías propuestas por el Soil Conservation Services (SCS, 1972) que selecciona la lluvia máxima de uno a cinco días durante cada año de la serie pluviométrica y el método por el ILRI de 1978 que se fundamenta en seleccionar las lluvias máximas en el mes más lluvioso, posterior a la selección de las lluvias máximas los dos métodos siguen el mismo proceso estadístico de determinación y frecuencias para obtener la curva profundidad duración y frecuencia o PDF con la curva de probabilidad de Gumbel. A continuación se presentan esquemas de las curvas IDF y PDF para diferentes años de períodos de retorno.



Otra forma más factible es a partir de la información de la curva de Intensidad – duración – frecuencia, para este caso se realiza lo siguiente:

- Seleccionar la estación que más se apega a las condiciones de la zona de intervención
- Obtener del libro: Determinación de Ecuaciones para el cálculo de Intensidades Máximas de Precipitación del INAMHI la tabla correspondiente a las intensidades máximas de la estación.
- Convertir a las intensidades en precipitación, relacionando la intensidad con el tiempo de cada período de retorno.
- Graficar la precipitación versus el tiempo en horas, generando así curvas para cada período de retorno.
- Para la elección de la ecuación a utilizarse en el diseño, se debe elegir el tipo de tendencia que más se apegue a las curvas (potencial, logarítmica, exponencial, etc.) y que coincida con el mayor de R-cuadrado que es una medida estadística de qué tan cerca están los datos de la línea de regresión ajustada. En este ejemplo la gráfica está con tendencias logarítmicas que pueden ser cambiadas al editar la gráfica



Los parámetros representados en la ecuación de tendencia se reemplazarán por la siguiente información:

Donde:	Significado	Simbología	Unidad
y	Lluvia de diseño	P	mm
x	Tiempo de drenaje	Td	h

Para el ejemplo mostrado en la Figura 1 y utilizando el método 1 se obtienen las siguientes lluvias de diseño:

Cultivo	Textura de suelo	Tiempo de drenaje (h)	Lluvia de diseño (mm)
Caña de azúcar	Franco arcilloso	20	49,66
Maíz	Arcilloso	24	50,98
Banano	Arcilloso	24	50,98

2. Componente hidrológico

Infiltración Potencial

Los parámetros a determinarse la infiltración potencial son el grupo hidrológico que está en función de la textura del suelo clasificándolos en cuatro grupos de la A a la D y el número de curva que está determinado en base al uso de la tierra, tratamiento o práctica y cobertura.

$$S = \frac{25400}{CN - 254}$$

(Gavilánez Luna, 2020, pág. 173 Ec 6.22)

Donde:

S Infiltración Potencial (mm)

CN Número de curva

Determinada la infiltración Potencial se puede obtener la escorrentía de 24 horas.

$$E = \frac{P - 0.2 * S}{P + 0.8 * S}$$

(Gavilánez Luna, 2020, pág. 173 Ec 6.20)

$$E_{24} = \frac{E * 24}{T_d}$$

(Gavilánez Luna, 2020, pág. 192)

Donde:

P Lluvia de diseño (mm)

S Infiltración Potencial (mm)

E Escorrentía (mm)

E₂₄ Escorrentía de 24 horas

T_d Tiempo de drenaje (h)

Con le escorrentía de 24 horas se calcula el coeficiente de drenaje (C) expresado en litros por segundo por hectárea en cada lote

$$C = 4.573 + 0.162 * E_{24}$$

(Gavilánez Luna, 2020, pág. 173 Ec 6.25)

Elegir el grupo hidrológico según corresponda

GRUPO A: (Bajo potencial de escorrentía). Son suelos arenosos profundos. Es el que ofrece menor escorrentía aun cuando están húmedos debido a su gran permeabilidad. Presentan predominancia de arena o grava y muy poco limo o arcilla.

GRUPO B: (Moderadamente bajo potencial de escorrentía). Son suelos poco profundos, de infiltración moderada. Comprenden suelos arenosos, menos profundos que los del grupo A, con presencia relativamente moderada de arcillas.

GRUPO C: (Moderadamente alto potencial de escorrentía). Son suelos de textura franco – arcillosa. Tienen poca permeabilidad y su infiltración es un poco difícil.

GRUPO D: (Alto potencial de escorrentía). Son suelos arcillosos, altamente plásticos. También se incluyen a ciertos suelos salinos, especialmente los que tienen una importante presencia de sodio. Presentan condiciones altamente impermeables.

Tabla 82 Valores de CN para distintas coberturas con relación al grupo Hidrológico

Uso de la tierra	Tratamiento o práctica	Cobertura	Grupo hidrológico			
			A	B	C	D
Rastrojos	Hileras rectas		77	86	91	94
Cultivos en hileras (tipo palma africana)	Hileras rectas	Mala	71	81	88	91
	Hileras rectas	Buena	67	78	85	89
	Curvas de nivel	Mala	70	79	84	88
	Curvas de nivel	Buena	65	75	82	86
	Curvas de nivel y terrazas	Mala	66	74	80	82
	Curvas de nivel y terrazas	Buena	62	71	78	81
Cultivos con hileras estrechas (tipo maíz)	Hileras rectas	Mala	65	76	84	88
	Hileras rectas	Buena	63	75	83	87
	Curvas de nivel	Mala	63	74	82	85
	Curvas de nivel	Buena	61	73	81	84
	Curvas de nivel y terrazas	Mala	61	72	79	82
	Curvas de nivel y terrazas	Buena	59	70	78	81
Leguminosas con hileras estrechas	Hileras rectas	Mala	66	77	85	89
	Hileras rectas	Buena	58	72	81	85
	Curvas de nivel	Mala	64	75	83	85
	Curvas de nivel	Buena	55	69	78	83
	Curvas de nivel y terrazas	Mala	63	73	80	83
	Curvas de nivel y terrazas	Buena	51	67	76	80
Pastos de pastoreo		Mala	68	79	86	89
		Regular	49	69	79	84
		Buena	39	61	74	80
	Curvas de nivel	Mala	47	67	81	88
	Curvas de nivel	Regular	25	59	75	83
	Curvas de nivel	Buena	16	35	70	79
Pasto de corte		Buena	30	58	71	78

Uso de la tierra	Tratamiento o práctica	Cobertura	Grupo hidrológico			
			A	B	C	D
Bosque		Mala	45	66	77	83
		Regular	36	60	73	79
		Buena	25	55	70	77
Área residencial	65% impermeable		77	85	90	92
	38% impermeable		61	75	83	87
	30% impermeable		57	72	81	86
	25% impermeable		54	70	80	85
	20% impermeable		51	68	79	84
Parqueaderos			98	98	98	98
Áreas comerciales	85% impermeables		89	92	94	95
Área industrial	72% impermeable		81	88	91	93
Calles y carreteras	Pavimentados		98	98	98	98
	No pavimentados		74	84	88	90

Para el ejemplo se tendrán los siguientes resultados.

Tabla 83 Determinación del coeficiente de drenaje para el ejemplo

Cultivo	Textura de suelo	Grupo hidrológico	CN	Infiltración Potencial (mm)	Escorrentía (mm)	Escorrentía de 24h (mm)	Coeficiente de drenaje (l/s/ha)	Coeficiente de drenaje (l/s/ha)
Caña de azúcar	Franco arcilloso	C	83	52,0	107,90	129,48	25,55	25,55
Maíz	Arcilloso	D	87	38,0	127,01	127,01	25,15	25,15
Banano	Arcilloso	C	85	44,8	121,39	121,39	24,24	24,24

Caudales de diseño de la red de canales de drenaje

Para comenzar con el cálculo de los caudales se definen las áreas de aportación hacia cada dren, con el ejemplo en la Figura 3 se observa que al dren 7 (Q7) llega el caudal de dos parcelas con un mismo tipo de cultivo para este tipo de configuración se determinará el caudal total con el proceso 1 y por otro lado al dren 3 (Q3) llega el caudal de dos parcelas de diferentes cultivos en este caso el caudal total se determina con el proceso 2. Dichos procesos se explican a continuación.

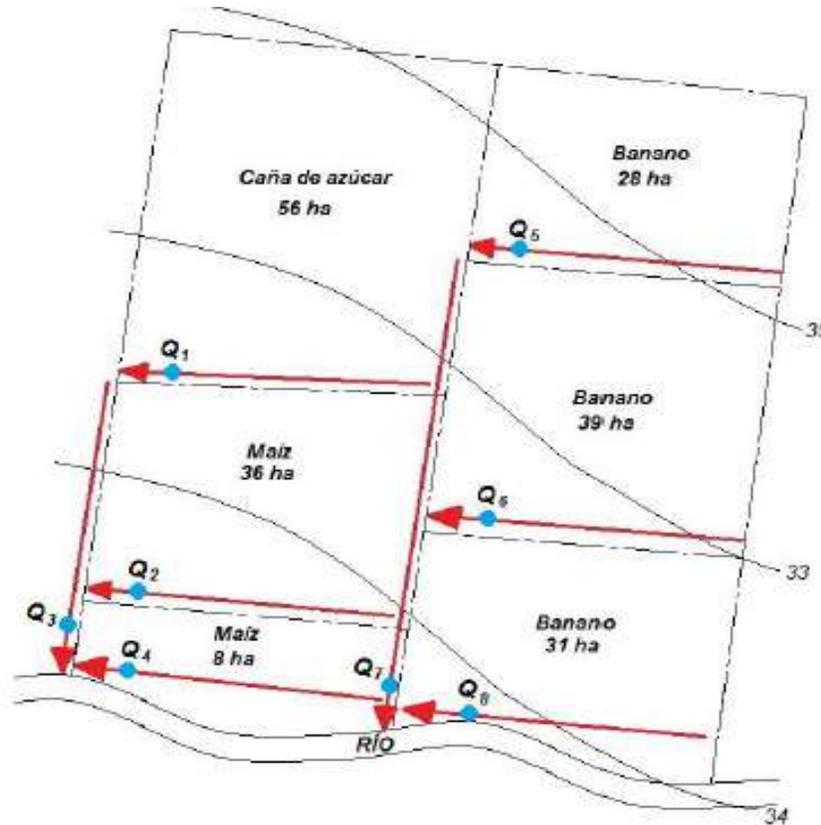


Figura 2 Definición de caudales del ejemplo

Proceso 1: El caudal drenado es de un área con un solo tipo de cultivo o una parcela

1. Definir el área de aportación, A (ha).
2. Calcular el coeficiente de drenaje, C (l/s/ha).
3. Determinar el caudal a drenar con la siguiente ecuación:

$$Q = C * A^{\frac{5}{6}} \left[\frac{l}{s} \right]$$

(Gavilánez Luna, 2020, pág. 173 Ec 6.24)

Tabla 84 Caudal de diseño para los caudales parcelarios del ejemplo

Caudal	Configuración	Área (ha)	C (l/s/ha)	Q (l/s)
Q1	Caña de azúcar en Franco arcilloso	56	25,55	731,50
Q2	Maíz en Arcilloso	39	25,15	532,63
Q4	Maíz en Arcilloso	8	25,15	142,27
Q5	Banano en Arcilloso	28	24,24	389,49
Q6	Banano en Arcilloso	39	24,24	513,36
Q8	Banano en Arcilloso	31	24,24	423,97

Proceso 2: El caudal drenado es de dos tipos de cultivos o dos parcelas

1. Definir los tipos de cultivo
2. Definir las áreas de los cultivos, A_A y A_B (ha).
3. Determinar el área tributaria adicional menor(ha)

4. Calcular la porción de área adicional (%A)
5. Según el porcentaje de área adicional definir el caso que se aplicará para calcular el caudal.
 - Caso 1 porcentaje de área tributaria ente 40 y 60%
 - Caso 2 porcentaje de área tributaria menos a 20%
 - Caso 3 porcentaje de área tributaria entre 20 y 40%
6. Se asigna el coeficiente de drenaje según el tipo de textura C (l/s/ha), si se tienen cultivos diferentes esto debe implicar calcular un área equivalente para el cálculo de caudales.

$$A_e = A_2 * \left(\frac{C_1}{C_2}\right)^{6/5}$$

(Gavilánez Luna, 2020, pág. 173 Ec 6.24)

Sumar las áreas de aportación, si existe un área equivalente reemplaza al área aportante tributaria con este nuevo valor de área,

$$A_T = A_1 + A_2$$

7. Cálculo de caudal según el caso.

$$\text{CASO 1: } Q = Q_A + Q_B$$

$$\text{CASO 2: } Q = C(A + B_e)^{5/6} \quad B = A_e \text{ (Áreas)}$$

$$\text{CASO 3: } Q = Q_{A+B} + [Q_A + Q_B - Q_{A+B}] * \left[\frac{B}{0.2*(A+B)} - 1\right]$$

En Resumen los resultados de los caudales secundarios del ejemplo se tienen a continuación:

Caudal	Caudal parcelario	Cultivo	Área de cultivo (ha)	Área de cultivo aportante menor	Área equivalente (ha)	Área total (ha)	% área equivalente	Caso	Q (l/s)
Q3	Q1	Caña de azúcar en Franco arcilloso	56	39	38,27	94,27	41%	Caso 1	1264,13
	Q2	Maíz en Arcilloso	39						
Q7	Q5	Banano en Arcilloso	28	28	28,00	67,00	42%	Caso 1	902,85
	Q6	Banano en Arcilloso	39						

Anexo 9. Anexo Productivo

Dinámicas Productivas

Con este análisis, se pretende identificar los distintos elementos que condicionan la conformación de los potenciales sistemas de producción presentes en la zona de intervención del proyecto, con lo cual se logrará deducir la lógica de las familias campesinas para articular los diferentes elementos que componen sus sistemas de producción familiares y cuál es la racionalidad para explotarlos y mantenerlos. Para el estudio de las dinámicas productivas, se debe considerar:

- Identificar sistemas de producción mínimamente con la siguiente información: sistema de cultivo, crianza, sistemas de transformación;
- Establecer la conformación de PYMES, solo de ser necesario para la sostenibilidad del proyecto (comercialización); y,
- Establecer si es viable diversificar o intensificar la producción agropecuaria que esté enfocada en las dinámicas productivas identificadas.

Para el efecto se tomará como referencia la metodología para el análisis y diagnóstico de los sistemas de producción agropecuaria, técnica que de manera general permite determinar tipologías de productores agropecuarios y los ingresos que a cada uno de estos grupos le representaría la actividad agropecuaria y posterior a ello determinar los posibles impactos que traería consigo la implementación del proyecto.

Para este análisis es necesario identificar el conjunto estructurado de actividades agrícolas, pecuarias y no agropecuarias, establecido por un productor y su familia para garantizar la reproducción de sus fincas; resultado de la combinación de los medios de producción y de la fuerza de trabajo disponible en un entorno socioeconómico y ecológico determinado.

Técnicas a utilizar

- **Recopilación de fuentes secundarias;** que nos permitan tener información sobre clima, topografía, demografía, hidrografía, suelos e investigaciones relacionadas.
- **Entrevista estructurada;** nos permitirá esbozar una tipología de productores inmersos en la organización de regantes o de drenantes, beneficiados del proyecto a emprender.
- **Observación indirecta y/o participativa;** nos permitirá identificar las diferentes categorías de productores, según los sistemas de producción que implementan, caracterizando los sistemas de cultivo y de crianza y al mismo tiempo entender las lógicas socioeconómicas que tienen los productores.

Este análisis comprende varias etapas que se desarrollaran de la siguiente manera:

Identificación de los sistemas de producción y esbozo de tipología.

Basándonos en los padrones de usuarios y otra información propia de la organización de regantes, se identificarán categorías de productores basándose inicialmente en el tamaño de la unidad productiva agropecuaria - UPA, segregándolos en:

Tamaño de la UPA		Tipo de productor
Sierra	Costa	
0 – 1.9 has	0 – 4.9 has	Pequeño
2- 4.9 has	5- 19.9 has	Mediano
Más de 4.9 has	Más de 20 has	Grande

Posterior a ello se realizarán encuestas o entrevistas a directivos, representantes de los canales o módulos, aguateros u otros actores clave; con cuyos criterios se desarrollará la caracterización de al menos dos tipologías de productores enmarcadas en cada uno de los rangos anteriores, los cuales se identificarán considerando similitudes en cuanto a patrones productivos y de crianza, que se agruparán para definir tipologías de productores presentes en la zona de influencia del proyecto.

El esbozo de tipología nos permite, estudiar más precisamente los sistemas de producción, los cuales se componen de:

Sistemas de cultivo: Es el conjunto de procedimientos aplicados a una unidad de terreno manejada de manera homogénea, que se caracteriza por la naturaleza de los cultivos, el orden de sucesión y los itinerarios técnicos aplicados|| (Villaret, 1986)

Sistemas de crianza o pecuarios: Es el conjunto de elementos en interacción dinámica, organizados por un productor, en vista de valorizar recursos vegetales por medio de animales domésticos|| (Villaret, 1982).

A continuación, se presenta un ejemplo de esta caracterización:

Tipo de productor	Patrones de cultivo y de crianza	Destino de la producción	Sistema de producción
Pequeño	Maíz, papa, hortalizas, especies menores	Autoconsumo	Pequeño productor de subsistencia
	Maíz, papa, especies menores, pastos para leche	Autoconsumo, venta de excedentes	Pequeño productor lechero
Mediano	Maíz en asociación, papa, cebolla, hortalizas, pasto para la venta, especies menores,	Venta a mercados locales, autoconsumo	Mediano productor para mercados locales
	Maíz intensivo, papa, especies menores, pasto para autoconsumo, ganado de leche, especies menores.	Autoconsumo, Venta de excedentes a mercados locales, Venta de leche para industrialización	Mediano productor dependiente de la actividad agropecuaria
Grande	Ganado de leche, pastos, papas, maíz, cebolla, hortalizas, cultivos estacionales.	Venta e industrialización de leche, Productos agrícolas en finca y para mercados locales y nacionales.	Productor grande, Ganadero
	Frutales, papas, maíz en asociación, hortalizas cultivos estacionales.	Venta y entrega de productos agrícolas a mercados locales y nacionales.	Productor grande, subsiste de la actividad agropecuaria.

En función del tamaño de la propiedad, se determinará los sistemas de cultivo y de crianza más relevantes, lo cual permitirá conformar la estructura de las unidades productivas, mismas que entrelazadas con el tamaño de la propiedad y el destino de la producción, nos permitirá esbozar diferentes tipos de productores presentes en el territorio.

Muestra sesgada de familias campesinas.

Una vez realizado el esbozo de tipologías, se debe seleccionar al menos dos familias campesinas representativas de los diferentes sistemas de producción identificados, para luego realizar los estudios de caso; que nos permitirán entender la racionalidad socioeconómica y la coherencia agro-técnica del sistema de producción de cada tipo de productores, evaluar los resultados técnicos y económicos de los diferentes sistemas.

Análisis económico

El análisis se partirá del modelo productivo en finca, representado por los principales sistemas de cultivo y de crianza que se realizan durante el año calendario. A continuación, se presenta un ejemplo de lo expuesto:

Cultivo / Crianza	Superficie (has)	Cantidad	Producción/finca
Maíz	0,3		6qq
Papa	0,2		10qq
Pastos	0,5		20 cargas
Vaca		2	10 litros leche/día
Gallina		6	4 huevos/día
Cuyes		10	10 unidades

A continuación, se realizará el modelo económico debemos conocer para cada sistema de cultivo y de crianza, así como para todo el sistema de producción, partiendo de la obtención del producto bruto - PB:

$$PB = \text{Cantidad cosechada} \times \text{Precio}$$

Donde:

PB = Producto bruto

Cantidad cosechada = cantidad vendida + la cantidad autoconsumida.

Precio = precio de oportunidad para bienes autoconsumidos.

Precio = precio de mercado para bienes vendidos.

Siguiendo el mismo ejemplo se tiene lo siguiente:

Cultivo / Crianza	Producción/finca	Precio unitario (USD)	Producto bruto (USD)
Producción vendida			
maíz	4qq	30,00	120,00
papa	5qq	15,00	75,00
pastos	10 cargas	5,00	50,00
vaca	10 litros leche/día	0,45	1.080,00
gallina	3 huevos/día	0,10	36,90
cuyes	6 unidades	10,00	60,00
Producción consumida*			
maíz	2qq	30,00	60,00

Cultivo / Crianza	Producción/finca	Precio unitario (USD)	Producto bruto (USD)
papa	5qq	15,00	75,00
pastos	10 cargas	5,00	50,00
vaca	2 litros leche/día	0,45	216,00
gallina	1 huevos/día	0,10	12,30
cuyes	1 unidad	10,00	10,00
TOTAL, PRODUCTO BRUTO			1.835,20

*En el caso que se registre autoconsumo familiar

A continuación, se procederá al cálculo del valor agregado neto – VAN, en el cual se considera las depreciaciones de materiales y animales en el caso de sistemas de crianza, y de los consumos intermedios que representa todos los gastos en insumos, semillas, agroquímicos, balanceados y demás insumos que han sido requeridos para la producción de la finca.

$$\text{VAN} = \text{PB} - (\text{Costo de Depreciaciones} + \text{Consumos Intermedios})$$

Donde:

VAN = Valor agregado neto

Siguiendo el mismo ejemplo, se presenta las depreciaciones realizadas:

Herramientas y materiales	Valor actual unitario	Valor total	Vida Útil	Depreciación anual
3 azadones	15	45	3 años	15,00
1 pico	20	20	3 años	6,67
1 pala	15	15	3 años	5,00
1 bomba de fumigar	30	30	5 años	6,00
50 m de manguera	40	40	3 años	13,33
4 llovederas	5	20	3 años	6,67
2 vacas	400	800	5 años	160,00
6 gallinas	15	90	2 años	45,00
3 cuyes	15	45	2 año	22,50
TOTAL	555,00	170,00	-	280,17

Seguido de ello, se procede al cálculo del VAN:

Cultivo / Crianza	Producto bruto (USD)	Consumo Intermedio (USD)*	Depreciación (USD)	VAN (USD)
maíz	180,00	80,00	27,33	72,67
papa	150,00	50,00	22,78	77,22
pastos	100,00	20,00	15,18	64,82
vaca	1.296,00	250,00	196,78	849,22
gallina	49,20	30,00	7,47	11,73
cuyes	70,00	30,00	10,63	29,37
TOTAL	1.845,20	460,00	280,17	1.105,03

*Gastos en insumos, semillas, agroquímicos, balanceados y demás insumos.

Finalmente se procederá al cálculo del Ingreso Agropecuario Neto – IAN, indicador a través del cual se determina la rentabilidad de los diferentes cultivos o sistemas de crianza, valores en los cuales se puede determinar la eficiencia o no del sistema y así mismo los criterios de diversificación o intensificación de los mismos.

$$\text{IAN} = \text{VAN} - (\text{Fuerza de trabajo contratada} + \text{alquiler tierra} + \text{otros servicios})$$

Dónde: IAN = Ingreso agropecuario neto

El ejemplo de la misma finca agropecuaria:

Cultivo / Crianza	VAN (USD)	Alquiler tierra (USD)	Interés crédito (USD)	Transporte (USD)	jornales (USD)	Ingreso Agropecuario Neto (USD)
maíz	72,67					72,67
papa	77,22			12,00	60	5,22
pastos	64,82	100,00				(35,18)
vaca	849,22					849,22
gallina	11,73					11,73
cuyes	29,37					29,37
TOTAL	1.105,03	100,00	-	12,00	60,00	933,03

Procesamiento de datos de los estudios de caso

La sistematización, procesamiento y análisis de la información nos permitirá realizar un análisis explicativo de la coherencia agro-técnica de los sistemas de producción y evaluar los resultados económicos, de cada propiedad campesina estudiada, e identificar las racionalidades económicas de los distintos productores analizados.

Evaluación de la representatividad de los diferentes tipos.

Para esto se utilizarán cálculos estadísticos que nos permitan evaluar la representatividad de cada tipo de productor identificado en la zona, lo cual nos permitirá contar con la línea de base del tipo de productores, su problemática y posibles acciones en cuanto a la producción agropecuaria.

Esta información, resulta relevante en el sentido de contar con una aproximación contundente en cuanto a la realidad y problemática local de los productores y /o usuarios de los sistemas de riego y drenaje que serán los potenciales beneficiados de los diferentes componentes del proyecto a emprender.

Esta línea de base además permitirá la toma de decisiones y el planteamiento de estrategias de acción y actividades que desde el componente productivo permitan aplacar la problemática detectada, acciones que deben aportar en el mejoramiento, diversificación o intensificación de patrones de cultivo y/ o de crianza, incremento de ciclos de cultivo que puedan realizarse desde la implementación de sistemas de riego eficientes, desde turnos de riego más continuos, así como de otras acciones que permitan aportar en el mejoramiento de la calidad de vida de los productores que depende de la actividad agropecuaria para su subsistencia.

Anexo 10. Socio organizativo y tarifas

El componente social tiene como objetivo fortalecer a los titulares de derechos (usuarios) a través de diversas acciones que mejoren los procesos de gestión del sistema de riego, a fin de garantizar una adecuada operación y mantenimiento de la infraestructura construida, una distribución del agua con turnos de riego bien establecidos, un adecuado manejo de sus ingresos y una recaudación de tarifas de riego que aportarán a la sostenibilidad del sistema.



La capacitación, es una actividad que permitirá el fortalecimiento y estará dirigida a los usuarios de la organización de riego del sistema, los sitios para la capacitación y transferencia de conocimientos serán in-situ a través de talleres, charlas y prácticas o ensayos en el campo, tomando en cuenta sus realidades y necesidades locales.

Así mismo este componente podrá contemplar actividades de carácter administrativo, como el desarrollo de herramientas de gestión del servicio como la elaboración de un sistema de recaudación y la implementación de un sistema de actualización de padrones.

Los temas que se pueden contemplar dentro de la ingeniería del proyecto requieren que sean capaces de cumplir con las algunas funciones relacionadas a la gestión del sistema: administración, operación, mantenimiento, financiamiento, resolución de conflictos, existencia legal de la organización, entre otras

La temática del plan de fortalecimiento para una mejor orientación en su planteamiento y a su vez que vaya articulado a los componentes que forman parte del proyecto, lo dividiremos en 5 grandes aspectos: a) administrativo, b) técnico, c) legal, d) productivo y e) ambiental.

a) Administrativo. -

Los beneficiarios del proyecto deberán conocer cuáles son las Obligaciones Tributarias y las gestiones que, como organismo con RUC Comunitario, deben cumplir con el Servicio de Rentas Internas-SRI. Como llevar la contabilidad General, sus principales documentos contables, registros contables, etc.

b) Técnico. -

Presentarán temas en: operación y mantenimiento de la infraestructura de los sistemas de riego y drenaje: (Captaciones; Conducciones; Estructuras de distribución; Estructuras de almacenamiento; Estructuras de medición de caudales; y, Estructuras de protección).

Planificación de los sistemas de riego (participativa; estratégica; y, operativa). Mantenimiento de la infraestructura de drenaje agrícola:

Conceptos generales, objetivos y beneficios del drenaje agrícola; y, Mantenimiento de los sistemas y tipos de drenaje agrícola, tecnificación del riego, manejo eficiente del recurso suelo y agua en la parcela, Métodos de riego; y, diversificación de la producción.

c) Legal.

Al momento de postular un proyecto para su aprobación, la organización solicitante debe estar legalmente constituida, contar con sus estatutos y personería jurídica, Directiva vigente y registrada en la entidad competente, permitiéndole de esta manera que su proyecto continúe con el proceso de aprobación y suscripción con el GAD Provincial.

Cuando el o los proyectos postulados se enmarcan en lo que señala el artículo 279 del COOTAD vigente, se realizará la suscripción de un convenio que contenga los compromisos y condiciones para la gestión de la competencia, este instrumento jurídico es un elemento importante para la emisión de la viabilidad técnica.

Para la construcción del proyecto se debe contar con toda la documentación que acredite la titularidad del predio donde se implementarán las obras; estos deben encontrarse legalmente registrados en la entidad correspondiente.

También debemos tomar en cuenta la importancia de contar con la resolución de otorgamiento de la autorización de uso y aprovechamiento del agua emitida por la institución rectora del agua, esto permitirá conocer el caudal autorizado con el que contará el proyecto a la hora de su formulación.

d) Productivo.

Temas sobre manejo agronómico y agroecológico de los cultivos establecidos en el proyecto; capacitación en el modelo de buenas prácticas agropecuarias y agroecológicas; Implementación de parcelas demostrativas (aprender y enseñar haciendo); y, mecanismos de asociatividad y comercialización entre otros temas que hayan sido identificados por la organización de riego y/o drenaje.

e) Ambiental.

Manejo, protección y conservación de fuentes hídricas y áreas de influencia, manejo de desechos agropecuarios; buenas prácticas ambientales; y, estrategias de preservación de la calidad de las aguas utilizadas en irrigación. El plan de fortalecimiento de capacidades contemplará capacitaciones en las siguientes temáticas

Tabla 85: Propuesta de temáticas de capacitación

Temáticas	Contenidos	Perfiles de capacitadores	Presupuesto	Medios de verificación
Administrativo	Obligaciones Tributarias-SRI Contabilidad General, Registros contables	Contador – Auditor, o Profesional afín	Valorar el costo de cada una de las actividades a realizar en los talleres.	Informe de ejecución del taller, hojas de asistencia, memoria fotográfica / audiovisual.

Temáticas	Contenidos	Perfiles de capacitadores	Presupuesto	Medios de verificación
Técnico:	<p>Conceptos generales, tipos, objetivos y beneficios del riego y drenaje agrícola.</p> <p>Operación y mantenimiento de la infraestructura de los sistemas de riego y drenaje.</p> <p>Elaboración de los instrumentos de planificación de los sistemas de riego y drenaje: Plan Operativo anual, plan tarifario, planes de mejora</p> <p>Tecnificación del riego a nivel parcelario.</p> <p>Manejo eficiente del recurso suelo y agua en la parcela</p> <p>Diversificación de la producción.</p> <p>Calendario y turnos de distribución del agua.</p> <p>Actualización de Padrón de usuarios,</p>	Ing. Civil o Hidráulico, Ing. Agrónomo	Valorar el costo de cada una de las actividades a realizar en los talleres.	Documentos: Informe de ejecución del taller, hojas de asistencia con firmas de los participantes y responsable del proceso, memoria fotográfica / audiovisual.
Legal	<p>Normativa interna de las organizaciones de riego y/o drenaje: Como elaborar los estatutos y su reglamento Interno.,</p> <p>Elaboración del modelo de gestión, Alianzas público-comunitarias para la gestión del riego y drenaje</p> <p>-Elaboración de contratos, convenios de cooperación público-comunitaria.</p> <p>-Atribuciones y competencias de los prestadores de servicio público y comunitario.</p>	Abogado y Promotor social	Valorar el costo de cada una de las actividades a realizar en los talleres.	Documentos: Informe de ejecución del taller, hojas de asistencia con firmas de los participantes y responsable del proceso, memoria fotográfica / audiovisual
Productivo	<p>Manejo agronómico y agroecológico de los cultivos establecidos en el proyecto;</p> <p>Capacitación en el modelo de buenas prácticas agropecuarias y agroecológicas;</p> <p>Implementación de parcelas demostrativas (aprender y enseñar haciendo); y,</p> <p>Mecanismos de asociatividad y comercialización</p>	Ing. Agrónomo, Agropecuario o profesional afín.	Valorar el costo de cada una de las actividades a realizar en los talleres.	Documentos: Informe de ejecución del taller, hojas de asistencia con firmas de los participantes y responsable del proceso, memoria fotográfica / audiovisual.
Ambiental	<p>Manejo, protección y conservación de fuentes hídricas y áreas de influencia;</p> <p>Manejo de desechos agropecuarios;</p> <p>Buenas prácticas ambientales; y,</p> <p>Estrategias de preservación de la calidad de las aguas utilizadas en irrigación</p>	Ing. Ambiental, Forestal o profesional afín.	Valorar el costo de cada una de las actividades a realizar en los talleres.	Documentos: Informe de ejecución del taller, hojas de asistencia con firmas de los participantes y responsable del proceso, memoria fotográfica / audiovisual.

Respecto a las tarifas por el servicio de riego, en este componente se establecerá el valor de las tarifas considerando que la inversión que realizará el estado para dotar o mejorar el servicio de riego y drenaje, debe considerar la implementación de tarifas justas que garanticen una prestación

del servicio eficiente y oportuna, para lo cual se requiere incluso fortalecer las capacidades de gestión del prestador del servicio.

Los prestadores del servicio de riego y drenaje deben recaudar a través de la tarifa los recursos suficientes para la operación y mantenimiento adecuado del sistema de riego, para lo cual es importante mejorar la gestión de agua para el correcto funcionamiento administrativo, de operación y mantenimiento en los canales de distribución, enmarcados en la normativa interna de la organización beneficiaria.

Para establecer la tarifa del servicio se requiere se considere:

- Fortalecer a las Juntas de Riego y Drenaje para mejorando el servicio, con capacitación y dotación de herramientas de gestión
- Inclusión de personal técnico.
- Determinar normas y regulaciones necesarias para aplicarlas a todos los usuarios del sistema de riego
- Considerar el pago de la tarifa de autorización de uso y aprovechamiento del agua cruda.
- Realizar los presupuestos lo más realistas posibles y que cubran las necesidades presupuestarias para realizar las actividades de administración operación y mantenimiento del sistema de riego.
- Identificar en el padrón de usuarios quienes son los titulares de derechos del agua (usuarios) del servicio que apuntan a la soberanía alimentaria y quienes se dedican a actividades productivas.
- Establecer mecanismos y formas de cobro de las tarifas que pueden ser por: hectárea, por volumen de agua consumida en el caso de tener medidores, por turnos de riego, en todos los casos el establecimiento de una fracción base que cubra los requerimientos mínimos de AOM., tomando en cuenta la normativa interna de la organización; es decir sus estatutos, que es el paraguas sobre el cual podrán ampararse para que las resoluciones tomadas sean de cumplimiento obligatorio por parte de los usuarios a beneficiarse.
- En el caso de los proyectos de rehabilitación y mejoramiento de sistemas de riego, se identificará el estado actual de la recolección de las tarifas, los índices de morosidad y se incluirá las acciones para superar los niveles de morosidad existentes, así como el desarrollo de herramientas para su registro y cobro.

Anexo 11. Padrones con base en catastro de predios

El principal uso del padrón de usuarios es el establecimiento de dotaciones, horarios y turnos de riego, así como también, el cálculo de las tarifas establecidas por el servicio de riego. El padrón también es empleado para la gestión de la organización que administra el sistema de riego, para el cobro de tarifas, control de participación en reuniones, asambleas, mingas, cobro de multas, etc.

El registro de los padrones deberá estar soportado con el catastro de predios (cartografía digital en shape o CAD) y contendrá la información que permita su gestión, mínimamente debe contener la información detallada en la Tabla 86:

Tabla 86 Contenido mínimo de padrones de usuarios de los sistemas de riego

Información	Descripción / unidad
Datos de tenencia del predio	
Titular de dominio	Apellidos y Nombres
Cédula de ciudadanía	10 dígitos
Tenencia	Propia Arrendada
Actividad	Particular Empresarial
Uso del agua	Soberanía alimentaria / actividades productivas
Datos de superficies	
Superficie total del predio	En hectáreas
Superficie potencial de riego	En hectáreas
Superficie bajo riego	En hectáreas
Datos de riego	
Zona de riego – sector	Identificada por la sectorización que se disponga del sistema
Caudal asignado	Caudal en l/s que se asigna al predio
Horas de riego	Son las horas de riego que dispone el predio
Turno de riego	Corresponde a la frecuencia de riego en días:
Actividad agropecuaria	
Destino de la producción	Autoconsumo Mercado interno Agroindustria Exportación
Superficie bajo cultivo	En hectáreas
Cultivo 1	Identifica el cultivo principal
Superficie cultivo 1	En hectáreas
Cultivos asociados	Cuando existen varios cultivos en el predio
Superficie cultivo asociados	En hectáreas
Uso pecuario	
Superficie de uso pecuario	En hectáreas
Otros Usos	Cuando existen otros usos del predio
Superficie otros Usos	En hectáreas

Adicionalmente, se debe considerar que el padrón es dinámico, se encuentra en un proceso de cambio continuo, debe ser actualizado mínimamente cada año, para lo cual se debe establecer un mecanismo de actualización que considere el proceso de registro y gestión del padrón para sus distintos usos.

Anexo 12. Anexo Ambiental

Hace referencia a todas las actividades que permiten un eficiente manejo ambiental del proyecto, es decir el efecto del proyecto sobre la conservación de los recursos naturales y medidas concretas de protección del medio ambiente y de adaptación al Cambio Climático para su sostenibilidad. Estas actividades incluyen:

- Protección, recuperación y conservación de los ecosistemas que regulan y almacenan el recurso hídrico.
- Promover el manejo, conservación y recuperación de suelos.
- Prácticas agrícolas que reduzcan la vulnerabilidad frente a los efectos del cambio climático
- Prácticas para el manejo de la cantidad, calidad de agua y contaminación en el sistema de riego.

Todas las actividades ambientales a ejecutarse como parte de los proyectos deben estar enmarcadas con lo establecido con las normas y políticas emitidas por el Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica.

1. Protección, recuperación y conservación de los ecosistemas que regulan y almacenan el recurso hídrico.

La LORHUyA señala que, el Estado, los sistemas comunitarios, juntas de agua potable y juntas de riego, los consumidores y usuarios, son corresponsables en la protección, recuperación y conservación de las fuentes de agua y del manejo de páramos, así como la participación en el uso y administración de las fuentes de aguas que se hallen en sus tierras, sin perjuicio de las competencias generales de la Autoridad Única del Agua (...).²⁸

El abastecimiento de agua para diversos usos está relacionado intrínsecamente con los ecosistemas que almacenan y regulan el agua, siendo uno de ellos el ecosistema páramo, en ese sentido, el COA dispone sobre este ecosistema la protección, uso sostenible y restauración, considerando sus funciones de regulación hídrica, ecológica, biológica, social, cultural y económica.²⁹

El páramo es un ecosistema de alta montaña del trópico húmedo, dominado por vegetación abierta y ubicado entre el límite del bosque cerrado y las nieves perpetuas. Este ecosistema es considerado como unidad ecológica de especial importancia, tanto por los valores naturales y culturales que atesora como por las funciones ecosistémicas que tiene y que son de una importancia vital tanto para la población que desarrolla su vida en estos espacios como para ecosistemas y poblaciones humanas localizadas fuera. Este ecosistema de páramos andinos se encuentra especialmente amenazado por el cambio climático global (Hofstede, Robert et. al., 2014).

²⁸ LORHUyA, artículo 12

²⁹ COA, artículo 100

En el Ecuador una de las actividades económicas más importantes que afecta a los páramos es el avance de la frontera agrícola. "Por ser relativamente más arriesgada la agricultura de zonas altas, siempre tendrá problemas especiales y poca justificación ecológica, agrícola o económica de continuar en un futuro indefinido" (Mena & Hofstede, 2006).

Entre los impactos ecológicos que generalmente se observan asociados al disturbio agrícola en el páramo, están:

- Invasión de malezas exóticas (*Rumex acetosella*, *Poo annua*, etc.),
- Reducción de la cantidad y la diversidad de los microorganismos (incluyendo las micorrizas) y a fauna del suelo,
- Acidificación y pérdida de materia orgánica y de nutrientes del suelo,
- Contaminación de suelos y aguas con efectos adversos sobre la salud humana, por el uso de agroquímicos como pesticidas y herbicidas asociados a sistemas intensivos,
- Destrucción de la estructura del suelo y por lo tanto de la capacidad de retención de agua (Llambí, Soto-W et al., 2012).

2. Promover el manejo, conservación y recuperación de suelos.

El cuidado del suelo es fundamental para la agricultura sostenible y para la biodiversidad. Por lo tanto, la conservación de la heterogeneidad y la funcionalidad del ambiente en su conjunto, permitirá la respuesta que este puede ofrecer frente a las incertidumbres climáticas o a las perturbaciones de distinta naturaleza (M. Zaccagnini, et. Al., 2014).

Existen prácticas agronómicas, agroecológicas o tecnologías para el manejo sostenible de suelos que favorecen la conservación in situ del agua, estas reflejan la importancia de constituir un enfoque integral en la conservación del suelo y agua, así como de los otros elementos del entorno ecosistémico natural. Su aplicación permite que los agricultores puedan realizar sus procesos productivos de manera sostenible y bajo un enfoque de protección ambiental. Como ejemplos de estas prácticas se pueden destacar las siguientes:

- Riego mediante construcción de labranza en surco o zanja,
- Acequias de retención e infiltración de agua,
- Captación de agua con camellones³⁰ de piedra siguiendo las curvas de nivel
- Captación y retención de agua en terrazas amplias e individuales para árboles frutales o forestales,
- Reforestación o regeneración natural de recargas hídricas,
- La agroforestería o arboles dentro de la parcela como fuente para brindar cobertura en el suelo,
- Uso de barreras o cercas vivas,
- Uso de cultivos de cobertura como las leguminosas,

³⁰ Consiste básicamente en excavar canales conectados, usando la tierra obtenida para formar camas de cultivo elevadas. El agua sube de los canales a las camas por capilaridad, provocando que las raíces de las plantas se orienten hacia abajo, lo que permite colocar las plantas muy próximas unas a otras.

3. Prácticas agrícolas que reduzcan la vulnerabilidad frente a los efectos del cambio climático

Debido al calentamiento de la tierra producto de las actividades antrópicas, entre las que se destacan la agricultura, obliga a que este paradigma de desarrollo agrario, busque alternativas de producción que se adapten a los cambios climáticos extremos. De ahí que se propone la adaptación de métodos que permitan el uso eficiente del suelo y agua, su conservación y manejo en armonía con el ambiente.

Entre las amenazas ambientales más graves relacionadas con la agricultura se encuentra la degradación de los suelos, pérdida de la biodiversidad, la calidad y disponibilidad del agua y la mitigación y adaptación al cambio climático.

Los efectos del cambio climático a largo plazo, podría afectar a la agricultura en diversas formas, y casi todas son un riesgo para la seguridad alimentaria de las personas más vulnerables del mundo:

- Complicaría la planificación de las actividades agrícolas.
- Mayor presión en los sistemas agrícolas frágiles.
- Pérdida de superficie agrícola debido a la subida del nivel del mar.
- Reducción de la diversidad biológica en manglares y selvas tropicales.
- Modificación de las zonas climáticas y agroecológicas.
- Desequilibrio productivo de alimentos en regiones templadas, frías, tropicales y subtropicales.
- Incremento de plagas y enfermedades de los cultivos (G. Rives, et. al., 2017).

Contribución a la adaptación al cambio climático: prácticas agrícolas de conservación que se basan en lograr la menor alteración del suelo y en el mantenimiento de la cobertura de restos vegetales y de cosechas (Asociación Mundial para el Agua, 2013). Como ejemplo tenemos las siguientes actividades:

A nivel de sistemas de regadío:

- Implementar sistemas de infraestructura a prueba del clima y de producción de campo, incluida la eliminación gradual de la redundancia del sistema de riego y drenaje sobre basados en medidas sin lamentaciones; y
- Mejorar las capacidades de gestión del riego del personal operativo.

A nivel de agricultor:

- Desplegar paquetes de La agricultura climáticamente inteligente (CSA) y riego a través de enfoques socialmente inclusivos, de las escuelas de cultivo a nivel de campo; y
- Cuidadosamente evaluar los costos de mano de obra y mecanización, incluyendo tecnologías de monitoreo y bombeo/presurización, y enlazarse con mecanismos de financiación de término (período fijo).

A nivel de organización de productores:

- Promover modelos para la intensificación sostenible y la reducción de emisiones dentro de sectores agrícolas específicos.

- Reconocer que las mejoras en seguridad alimentaria y en adaptación al cambio climático van de la mano.
- Los conocimientos agrícolas tradicionales que custodian los indígenas, así como otros pueblos, pueden considerarse como una “reserva” de saberes de la que también forman parte las mejores prácticas para una agricultura sostenible. Estos conocimientos siempre han sido fundamentales para la adaptación a las condiciones ambientales (FAO, 2009).

El manejo sostenible de los sistemas agrícolas: La agricultura sostenible tiene por objeto permitir el uso de la naturaleza de los bienes y servicios que producen al mismo tiempo en un buen rendimiento económico, ambiental y social, asegurando la preservación de los recursos para los próximos años y las generaciones futuras. Ejemplos:

- Promover la agricultura ecológica (abonos de estiércol y prácticas culturales);
- Prácticas orientadas a evitar la erosión y salinización de los suelos;
- Ejecutar prácticas de mejoramiento de suelos (surcos en dirección de la pendiente, uso adecuado de abonos orgánicos y biofertilizantes);
- Realizar prácticas de conservación de suelos: (control de la erosión, implementación de barreras muertas y vivas); y,
- Construcción de terrazas.
- Mezcla de sistemas agrícolas
- Rotación de cultivo
- Reciclaje de desechos vegetales y animales (SCDB, 2008).

4. Prácticas para el manejo de la cantidad, calidad de agua y contaminación en el sistema de riego (desde el área aportante hasta la zona de producción)

Cantidad de agua

Frente a la falta de disponibilidad de agua para riego existen medidas que pueden implementar, como por ejemplo:

- **Eficiencia en el uso del agua:** Para aplicar la eficiencia en el uso del agua es necesario entender con claridad el beneficio que se puede generar al reducir pérdidas de agua, esto con la finalidad de evitar diseñar costosas opciones de gestión de la demanda, donde también se debe considerar la influencia en la disponibilidad de agua para la unidad hidrológica en su totalidad. En esta situación, es importante hacer un seguimiento de para qué se usa realmente el agua ‘perdida’.
Unos niveles excesivos de pérdidas y fugas reflejan fallos en la infraestructura o en su manejo, y causan costes financieros (de producir, bombear y transportar el agua), así como la degradación del sistema de distribución, el aumento de los riesgos para la salud y el medio ambiente, y la pérdida de oportunidades de uso beneficioso del agua. En el riego, por ejemplo, las pérdidas en la distribución pueden reducir la cantidad de agua disponible para los regantes del final del sistema (FAO, 2013).
- **Reducción de las pérdidas de agua:** En la actualidad, se acepta ampliamente que, aunque las pérdidas del riego parecen altas, tan solo en torno al 40% de media del agua suministrada a la agricultura llega a las raíces de la planta, una parte importante de estas

‘pérdidas’ vuelve a la cuenca fluvial en forma de caudal de retorno o de recarga del acuífero, y puede ser aprovechada por otros usuarios aguas abajo o desempeñar importantes funciones ambientales.

La planificación de la modernización o rehabilitación de dichos sistemas de riego debe por lo tanto adoptar una perspectiva mucho más amplia del ahorro de agua y centrarse más en la productividad general del agua de un sistema que en la eficiencia técnica estricta. Es posible que el revestimiento de canales se justifique en el marco de los planes de modernización cuando sea necesario para mejorar el control del agua, o en áreas donde las pérdidas durante el transporte son altas y la recuperación aguas abajo es improbable (FAO, 2013).

Calidad del agua

Para obtener una eficiente productividad, el agua debe ser de calidad para el uso y aprovechamiento en las actividades de regadío. Con el fin de cuidar su calidad es necesario:

- Impedir la descarga de productos químicos, pesticidas y fertilizantes directamente a las fuentes de agua;
- Incentivar en los usuarios una conciencia de uso racional del agua;
- Mantener la infraestructura de las diferentes obras del sistema de riego en óptimas condiciones; y,
- Evitar la emisión de contaminantes que afectan la calidad del agua en la atmósfera.

Así también, el agua proveniente del drenaje de un campo agrícola, puede contener alta concentración de sales, plaguicidas, fertilizantes, metales pesados y otros contaminantes ambientales. Esto se traduce en un exceso de sedimentos, altos niveles de conductividad eléctrica y eventos de eutrofización frecuentes que llevan a bajos niveles de oxígeno disuelto, entre otras cosas. Todos estos cambios en la calidad del agua pueden impactar negativamente sobre la biodiversidad que hace uso de ella (M. Zaccagnini, et. Al., 2014).

Por consiguiente, es importante realizar el respectivo análisis de calidad de agua para su uso y aprovechamiento, así también la descarga de agua aprovechada debe cumplir con los parámetros máximos permisibles de la normativa ambiental vigente. (Ver Anexo Calidad de agua).

REGULARIZACIÓN AMBIENTAL

El Reglamento del Código Orgánico del Ambiente (RCOA) en el artículo 420 señala, que *“la regularización ambiental es el proceso que tiene como objeto la autorización ambiental para la ejecución de proyectos, obras o actividades que puedan generar impacto o riesgo ambiental y de las actividades complementarias que se deriven de éstas.”*

Por consiguiente, todo proyecto, obra o actividad, así como toda ampliación o modificación de los mismos, que pueda causar riesgo o impacto ambiental, deberá cumplir con las disposiciones y principios que rigen al Sistema Único de Manejo Ambiental (SUIA), (...).³¹

³¹ COA, artículo 162

El SUIA es el instrumento de carácter público y obligatorio que contendrá y articulará la información sobre el estado y conservación del ambiente, así como de los proyectos, obras y actividades que generan riesgo o impacto ambiental. Lo administrará la Autoridad Ambiental Nacional y a él contribuirán con su información los organismos y entidades del Sistema Nacional Descentralizado de Gestión Ambiental y del Estado en general, (...) El SUIA será la herramienta informática obligatoria para la regularización de las actividades a nivel nacional.³²

Componentes y partes constitutivas de los proyectos, obras o actividades

Los componentes y partes constitutivas de los proyectos, obras o actividades sujetas regularización, incluyen el emplazamiento, instalación, mejoras, divisiones, acumulaciones, construcción, montaje, operación, modificaciones, ampliaciones, mantenimiento, desmantelamiento, terminación, cierre y abandono, de todas las acciones, afectaciones, ocupaciones, usos del espacio, servicios, infraestructura y otros que determine la Autoridad Ambiental Nacional.³³

Proceso de regularización ambiental.

El proceso de regularización ambiental se lo realiza a través de la herramienta informática SUIA, donde se ingresará la información referente a las características particulares de su proyecto, obra o actividad, una vez concluido este paso el sistema indicará el nivel de impacto ambiental, el tipo de permiso ambiental a obtener (Certificado, Registro o Licencia Ambiental) para regularizar su proyecto.

Conforme el artículo 427 del RCOA, no es obligatorio obtener el Certificado Ambiental, sin embargo, hay empresas que solicitan como requisito.

Registro en el sistema SUIA

Para el ingreso al sistema dirigirse al portal web: <http://suia.ambiente.gob.ec>; ingresar al menú “Gestión Ambiente”

Se presenta la siguiente pantalla, dar clic en “Subsecretaría de Calidad Ambiental”, submenú “Dirección de Regularización Ambiental” opción “Regularización y Control Ambiental”

Registrarse en el Sistema de Regularización Ambiental del Ministerio del Ambiente y Agua a través de portal suia.ambiente.gob.ec / Gestión Ambiente / Subsecretaria de Calidad Ambiental / Dirección de Regularización Ambiental / Regularización y Control Ambiental / Registrarse en el sistema.

Posteriormente recibirá en su correo electrónico registrado, la confirmación del registro de su cuenta en el sistema de Regularización Ambiental, acceder al sistema para continuar con la creación de su proyecto. El usuario visualizará varias pestañas, en la pestaña “PROYECTOS”, dar

³² COA, artículo 19

³³ RCOA, artículo 421

clic en la opción “Ingreso de Información preliminar”, de la cual se desprende un menú para seleccionar entre “Proyecto Nuevo (Certificado Ambiental, Registro Ambiental, Licencia Ambiental)” o “Proyecto en operación sin Regularización Ambiental (Diagnóstico Ambiental)”; las otras dos opciones se encuentran inhabilitadas. Si es un proyecto nuevo, dar clic en “Proyecto Nuevo (Certificado Ambiental, Registro Ambiental, Licencia Ambiental).

Posteriormente se deben ingresar las coordenadas del área geográfica y del área de implantación del proyecto en DATUM WGS 84 zona17 sur. (Las coordenadas deben corresponder a la lectura tomada con una precisión de al menos 4 satélites; los puntos deben formar un polígono, el punto inicial y el punto final del archivo de coordenadas deben ser iguales para cerrar el polígono; las coordenadas deben ser ingresadas en sentido horario.)

Luego se debe seleccionar la actividad del catálogo al que corresponde su proyecto, “Seleccionar el código CIU de su actividad”.

A continuación, se debe seleccionar la magnitud de su proyecto, puede escoger entre una de las tres opciones: “Por consumo / ingreso”, “Por dimensionamiento” y “Por capacidad”.³⁴

Tipos de autorizaciones administrativas ambientales.

1. Certificado ambiental

En los casos de proyectos, obras o actividades con impacto ambiental no significativo, mismos que no conllevan la obligación de regularizarse, la Autoridad Ambiental Competente emitirá un certificado ambiental. Los operadores de las actividades con impacto ambiental no significativo observarán, las guías de buenas prácticas ambientales que la Autoridad Ambiental Nacional emita según el sector o la actividad; en lo que fuere aplicable.³⁵

Una vez realizado el registro preliminar si el impacto es “NO SIGNIFICATIVO” el sistema designará el proceso de Certificado Ambiental.

Para lo cual en el “Contexto de la Actividad”, se debe proceder con la descarga de los documentos: Mapa de Certificado, Certificado de Categorización e Información preliminar y aceptar la cláusula de responsabilidad

Luego de la descarga de la Guía de Buenas Prácticas, el documento del certificado ambiental es direccionado a la bandeja de tareas de la autoridad nominada para la suscripción, una vez que la autoridad ha firmado el permiso ambiental, este es direccionado a la bandeja del usuario para su descarga.

³⁴ SUIA, <http://mesadeayuda.ambiente.gob.ec/joomla/index.php>

³⁵ RCOA, artículo 427

2. Registro Ambiental.

Al finalizar el registro preliminar, el proyecto puede corresponder a un Registro Ambiental y de impacto bajo.³⁶ Los requisitos mínimos para la obtención del registro ambiental son los siguientes:

- Registro en el Sistema Único de Información Ambiental del proyecto, obra o actividad a regularizarse;
- Certificado de intersección; Información del proyecto conforme el formulario emitido por la Autoridad Ambiental Nacional;
- Pagos por servicios administrativos;
- Informe de proceso de participación, en caso de ser aplicable, de acuerdo a la norma sectorial.
- Otros que la Autoridad Ambiental Nacional determine en la normativa expedida para el efecto.

Una vez presentados los requisitos establecidos en el presente artículo, el Registro Ambiental será emitido y publicado por la Autoridad Ambiental Competente a través del Sistema Único de Información Ambiental. Los operadores de proyectos, obras o actividades deberán cumplir con las obligaciones que se deriven del registro ambiental, además de lo dispuesto en la normativa aplicable.³⁷

3. Licencia ambiental

La Autoridad Ambiental Competente, a través del SUIA, otorgará la autorización administrativa ambiental para obras, proyectos o actividades de mediano o alto impacto ambiental, denominada licencia ambiental.³⁸

Para la emisión de la licencia ambiental, se requerirá, al menos, la presentación de los siguientes documentos:

- Certificado de intersección;
- Estudio de impacto ambiental;
- Informe de sistematización del Proceso de Participación Ciudadana;
- Pago por servicios administrativos; y,
- Póliza o garantía por responsabilidades ambientales.³⁹

4. Estudio de impacto ambiental

El estudio de impacto ambiental será elaborado en idioma español y deberá especificar todas las características del proyecto que representen interacciones con el medio circundante. Se presentará también la caracterización de las condiciones ambientales previa la ejecución del

³⁶ RCOA, artículo 428

³⁷ RCOA, artículo 429

³⁸ RCOA, artículo 431

³⁹ RCOA, artículo 432

proyecto, obra o actividad, el análisis de riesgos y la descripción de las medidas específicas para prevenir, mitigar y controlar las alteraciones ambientales resultantes de su implementación. Los estudios de impacto ambiental deberán ser elaborados por consultores ambientales calificados y/o acreditados, con base en los formatos y requisitos establecidos por la Autoridad Ambiental Nacional en la norma técnica expedida para el efecto.⁴⁰ Deberán contener, al menos, los siguientes elementos:

- Alcance, ciclo de vida y descripción detallada del proyecto, incluyendo las actividades y tecnología a implementarse con la identificación de las áreas geográficas a ser intervenidas;
- Análisis de alternativas de las actividades del proyecto;
- Demanda de recursos naturales por parte del proyecto y de ser aplicable, las respectivas autorizaciones administrativas para la utilización de dichos recursos;
- Diagnóstico ambiental de línea base, que contendrá el detalle de los componentes físicos, bióticos y los análisis socioeconómicos y culturales;
- Inventario forestal, de ser aplicable;
- Identificación y determinación de áreas de influencia y áreas sensibles;
- Análisis de riesgos, incluyendo aquellos riesgos del ambiente al proyecto y del proyecto al ambiente;
- Evaluación de impactos socioambientales;
- Plan de manejo ambiental y sus respectivos sub-planes; y,
- Los demás que determine la Autoridad Ambiental Nacional.

El estudio de impacto ambiental deberá incorporar las opiniones y observaciones que sean técnica y económicamente viables, generadas en el proceso de participación ciudadana. De igual forma se anexará al estudio de impacto ambiental la documentación que respalde lo detallado en el mismo.⁴¹.

5. Plan de manejo ambiental.

El plan de manejo ambiental es el documento que contiene las acciones o medidas que se requieren ejecutar para prevenir, evitar, mitigar, controlar, corregir, compensar, restaurar y reparar los posibles impactos ambientales negativos, según corresponda, al proyecto, obra o actividad. El plan de manejo ambiental según la naturaleza del proyecto, obra o actividad contendrá, los siguientes sub-planes, considerando los aspectos ambientales, impactos y riesgos identificados:

- Plan de prevención y mitigación de impactos;
- Plan de contingencias;
- Plan de capacitación;
- Plan de manejo de desechos;
- Plan de relaciones comunitarias;
- Plan de rehabilitación de áreas afectadas;

⁴⁰ RCOA, artículo 433

⁴¹ RCOA, artículo 434

- Plan de rescate de vida silvestre, de ser aplicable;
- Plan de cierre y abandono; y,
- Plan de monitoreo y seguimiento.

Los formatos, contenidos y requisitos del estudio de impacto ambiental y plan de manejo ambiental, se detallarán en la norma técnica emitida para el efecto.⁴²

⁴² RCOA, artículo 435

Anexo 13. Análisis de calidad del agua

Para calidad del agua, considerar el Acuerdo Ministerial No. 097-A del 30 de Julio del 2015, mediante el cual se expide los Anexos del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente; que en el Anexo 1: “Norma de Calidad Ambiental y de descarga de Efluentes del recurso Agua” establece en el numeral 5.1.3 Los Criterios de calidad de aguas de uso agrícola o de riego.

Se entiende por agua de uso agrícola aquella empleada para la irrigación de cultivos y otras actividades conexas o complementarias que establezcan los organismos competentes. Se prohíbe el uso de aguas servidas para riego, exceptuándose las aguas servidas tratadas y que cumplan con los niveles de calidad establecidos en las Tabla 87, Tabla 88 y Tabla 89

Tabla 87: Criterios de calidad admisibles para las aguas destinadas a uso agrícola

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y grasas	Película Visible		Ausencia
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico (total)	As	mg/l	0,1
Berilio	Be	mg/l	0,1
Boro (total)	B	mg/l	0,75
Cadmio	Cd	mg/l	0,05
Cinc	Zn	mg/l	2,0
Cobalto	Co	mg/l	0,01
Cobre	Cu	mg/l	0,2
Coliformes fecales	NMP	NMP/100ml	1000
Cromo	Cr ⁺⁶	mg/l	0,1
Flúor	F	mg/l	1,0
Hierro	Fe	mg/l	5,0
Huevos de parásitos			Ausencia
Litio	Li	mg/l	2,5
Materia flotante	visible		Ausencia
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,001
Manganeso	Mn	mg/l	0,2
Molibdeno	Mo	mg/l	0,01
Níquel	Ni	mg/l	0,2
Nitritos	NO ₂	Mg/l	0,5
Oxígeno Disuelto	OD	mg/l	3
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Plomo	Pb	mg/l	5,0
Selenio	Se	mg/l	0,02
Sulfatos	SO ₄ ⁻²	mg/l	250
Vanadio	V	mg/l	0,1

Fuente: Ministerio del Ambiente. Acuerdo Ministerial No. 097-A del 30 de Julio del 2015

Además, de los criterios indicados se utilizará también las guías indicadas en la Tabla 88, para la interpretación de la calidad del agua para riego.

Tabla 88: Parámetros de los niveles de la calidad del agua para riego

Problema potencial	Unidades	*Grado de restricción.		
		Ninguno	Ligero - Moderado	Severo
Salinidad (1):				
CE (2)	Milimhos/cm	0,7	0,7 - 3,0	>3,0
SDT (3)	mg/l	450	450 - 2000	>2000
Infiltración (4):				
RAS = 0 – 3 y CE =		0,7	0,7 - 0,2	< 0,2
RAS = 3 – 6 y CE =		1,2	1,2 - 0,3	< 0,3
RAS = 6 – 12 y CE =		1,9	1,9 - 0,5	< 0,5
RAS = 12 – 20 y CE =		2,9	2,9 - 1,3	<1,3
RAS = 20 – 40 y CE =		5,0	5,0 - 2,9	<2,9
Toxicidad por ión específico (5):				
- Sodio:				
Irrigación superficial RAS (6)	meq/l	3,0	3,0 - 9	> 9,0
Aspersión	meq/l	3,0	3,0	
- Cloruros				
Irrigación superficial	meq/l	4,0	4,0 - 10,0	>10,0
Aspersión	meq/l	3,0	3,0	
- Boro	mg/l	0,7	0,7 - 3,0	> 3,0
Efectos misceláneos (7):				
- Nitrógeno (N-NO3)	mg/l	5,0	5,0 - 30,0	>30,0
- Bicarbonato (HCO3) solo aspersión	meq/l	1,5	1,5 - 8,5	> 8,5
pH	Rango normal		6,5 –8,4	

Fuente: Ministerio del Ambiente. Acuerdo Ministerial No. 097-A del 30 de Julio del 2015

*Es un grado de limitación, que indica el rango de factibilidad para el uso del agua en riego.

- Afecta a la disponibilidad de agua para los cultivos.
- CE= Conductividad eléctrica del agua de regadío (1 milimhos/cm = 1000 micromhos/cm).
- SDT= Sólidos disueltos totales.
- Afecta a la tasa de infiltración del agua en el suelo.
- Afecta a la sensibilidad de los cultivos.
- RAS, relación de absorción de sodio ajustada.
- Afecta a los cultivos susceptibles.

En cuanto a los criterios de calidad para aguas de uso pecuario la Autoridad Ambiental determina: “Se entiende como aguas para uso pecuario a aquellas empleadas para el abrevadero de animales, así como otras actividades conexas y complementarias que establezcan los organismos competentes”. Que deberán cumplir con los criterios contenidos en la Tabla 89.

Tabla 89 Criterios de calidad para aguas de uso pecuario

Parámetros	Expresado como	Unidad	Valor máximo
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico (total)	As	mg/l	0,2
Boro (total)	B	mg/l	5,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,05
Cinc	Zn	mg/l	25,0
Cobalto	Co	mg/l	1,0
Cobre	Cu	mg/l	2,0
Cromo hexavalente	Cr+6	mg/l	1,0
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,01
Nitratos	NO3	mg/l	50,0
Nitritos	NO2	mg/l	0,2
Plomo	Pb	mg/l	0,05
Coliformes fecales	NMP	NMP/100ml	1000
Sólidos disueltos totales	SDT	mg/l	3 000

Fuente: Ministerio del Ambiente. Acuerdo Ministerial No. 097-A del 30 de Julio del 2015.