

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

**Estudio Integral de Sistemas de Drenaje Agrícola Ejemplarizando en
los Barrios Chaguana, El Calvario y Barrio Centro de la Parroquia de
Aláquez, Provincia de Cotopaxi**

Adriana Elizabeth Hidalgo López

Tesis de grado presentada como requisito para la obtención del título de Ingeniería Civil

Quito

Mayo del 2012

**Universidad San Francisco de Quito
Colegio Politécnico**

HOJA DE APROBACIÓN DE TESIS

**Estudio Integral de Sistemas de Drenaje Agrícola ejemplarizando en los Barrios
Chaguana, El Calvario y Barrio Centro de la Parroquia de Aláquez, Provincia de
Cotopaxi**

Adriana Elizabeth Hidalgo López

Miguel Araque, Ing.
Director de Tesis

.....

Santiago Gangotena G. Ph. D.
Decano del Colegio Politécnico

.....

Fernando Romo P, Ing.
Decano de Ingeniería Civil

.....

Quito, Mayo 2012

©Derechos de autor
Adriana Elizabeth Hidalgo López
2012

AGRADECIMIENTO

A Dios, por haberme dado el “Ser” y el “Existir”

A mis Padres, únicos e incomparables, por haber estado siempre junto a mí, por inculcarme los Valores y Principios que dirigen mi vida, y por desarrollar en mí coraje, empuje, tenacidad, voluntad de vencer y fe en el triunfo.

A mi hermana Alejandra, por ser la compañía en mi camino y a mi tía Esperanza, por ser una guía y un ejemplo en mi vida.

A la Universidad San Francisco de Quito, mi director de tesis, Miguel Araque, y mis profesores, especialmente Enrique Villacreces, Patricio Arévalo y Fernando Romo, que fueron quienes forjaron esa Capacidad de soñar, querer, poder y saber.

Y para todos mis amigos y todos aquellos que han estado siempre a mi lado...

“Gracias”

DEDICATORIA

Para todos los Soñadores de este siglo, “los Ingenieros”, los grandes actores de los cambios.

RESUMEN

El Estudio Integral de Sistemas de Drenaje Agrícola Ejemplarizando en los Barrios Chaguana, El Calvario y Barrio Centro de la Parroquia de Aláquez en la Provincia de Cotopaxi, tiene como objetivo plantear procedimientos para la colocación de drenes, que funcionen por gravedad, en los terrenos de la zona con el fin de mejorar la calidad y las condiciones de las prácticas agrícolas. El estudio comprende la evaluación y beneficios de los materiales disponibles actuales, levantamiento de información general y meteorológica de la zona donde se implementaría el proyecto y la evaluación del impacto ambiental por los métodos de lista de chequeo y matriz de Leopold. Finalmente, se incluye las especificaciones técnicas para las construcciones civiles tomando en cuenta los rubros necesarios para los proyectos hidráulicos.

ABSTARCT

The Integral Study of Agricultural Drainage Systems instantiating in three localities, Chaguana, El Calvario and Barrio Centro of Aláquez in Province of Cotopaxi, has as a main objective to set the necessary procedures for the placements of drains, operating by gravity, in order to improve the quality and conditions of agricultural practices in the area. The study includes the evaluation and benefits of current available materials, assembly of general information and weather of the place where the project would be implemented, and the evaluation of the environmental impact using a checklist and the Leopold matrix. Finally, it includes the technical specifications for civil engineering constructions, taking into account the items needed for water projects.

TABLA DE CONTENIDO

INDICE DE TABLAS	xii
INDICE DE FIGURAS	xiii
INDICE DE ANEXOS	xv
CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN Y GENERALIDADES	1
1.1) Historia	1
1.2) Definición de Drenaje Agrícola	3
1.3) Beneficios del Drenaje Agrícola	3
1.4) Tipos de Drenaje	4
1.4.1 Drenaje de Alivio	4
1.4.2 Drenaje de Intercepción	4
1.5) Método de Drenaje Artificial	4
1.5.1 Drenaje Superficial	4
1.5.2 Drenaje Subsuperficial	5
1.6) Materiales de Drenaje Actuales	6
1.7) Problemas con Materiales de Drenaje	8
1.8) Tuberías de Drenaje	9
1.8.1 Tubo de Cerámica	10
1.8.2 Tubo de Hormigón	11
1.8.3 Tubo de Drenaje Plástico	12
1.9) Accesorios de Tuberías	14
1.9.1 Conexiones entre tuberías	15
1.9.1.1 Tapones Terminales	15
1.9.1.2 Acoples	15
1.9.1.3 Otras conexiones	16
1.9.2 Estructuras de Protección	18
1.9.2.1 Puentes de Dren	18
1.9.2.2 Tubos Rígidos	19
1.9.3 Entradas	19
1.9.3.1 Entradas Ciegas	19
1.9.3.2 Entradas Superficiales	20

1.9.4 Estructuras de Conexión	21
1.9.4.1 Cajas de Unión	21
1.9.4.2 Pozos de Registro	22
1.9.5 Salidas	23
1.9.5.1 Salidas por gravedad	23
1.9.1.2 Salidas por bombeo	25
1.9.6 Estructuras Especiales	25
1.9.6.1 Reductores de Pendiente	25
1.9.6.2 Dispositivos de Limpieza	26
1.10) Estructuras para Drenaje y Riego Controlado	27
1.11) Factores que afectan el Drenaje	27
1.12) Factores Económicos	29
CAPITULO 2: LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACION EXISTENTE....	30
2.1.- Descripción general del área de Proyecto	30
2.1.1 Ubicación geográfica	30
2.1.2. Área de Influencia	30
2.1.3 Distribución de la población	30
2.2 Infraestructura y Servicios de la Parroquia	31
2.2.1 Vial y transporte	31
2.2.2 Energía eléctrica y telefonía	31
2.2.3 Educación	31
2.2.4 Salud	33
2.2.5 Agua Potable	33
2.2.6 Alcantarillado	33
2.2.7 Desechos Sólidos	34
2.3 Factores a Considerar En El Proyecto De Drenaje Agrícola	34
2.3.1 Temperatura	34
2.3.2 Precipitación	36
2.3.3 Escorrentía Superficial	38
2.3.4 Nubosidad	39

2.3.5 Viento	40
2.3.6 Heliofanía	41
2.3.7 Evaporación	42
2.3.8 Humedad	43
2.4 Aspectos Socioeconómicos	45
2.4.1 Producción en Latacunga	46
2.4.2 Riesgos en la zona	50
2.4.2.1 Riesgos Geológicos	50
2.4.2.2 Amenazas en la producción por la Explosión del Volcán	50
CAPITULO 3: EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL	52
3.1 Introducción	52
3.2 Evaluación del Impacto	52
3.2.1 Ficha Ambiental	53
3.2.2 Caracterización del Medio Físico	55
3.2.3 Caracterización del Medio Biótico	59
3.2.4 Caracterización del Medio Socio-Cultural	61
3.2.5 Medio Perceptual	64
3.2.6 Riesgos Naturales e Inducidos	64
3.3 Calificaciones del Impacto Ambiental	65
3.3.1 Matriz de Leopold	66
3.4 Impactos Ambientales	80
3.4.1 Impactos Positivos	80
3.4.2 Impactos Negativos	81
3.4.2.1 Etapa de Construcción	81
3.4.2.2 Etapa de Operación	82
3.4.2.3 Etapa de Mantenimiento	82
3.5 Medidas de Mitigación	83

CAPITULO 4: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	84
4.1 Especificaciones técnicas para trabajos de preparación de terreno	84
4.1.1 Replanteos y nivelación	84
4.1.2 Debroce y limpieza	85
4.2 Especificaciones técnicas generales de construcción	86
4.2.1 Excavación a cielo abierto	86
4.2.2 Relleno	88
4.2.3 Hormigones	91
4.2.3.1 Tipos	92
4.2.3.2 Fabricación	93
4.2.3.2.1 Dosificación	93
4.2.3.3 Colocación	94
4.2.3.4 Curado y acabado	95
4.2.3.5 Control de Calidad	96
4.2.4 Acero de refuerzo	97
4.2.5 Mampostería	99
4.2.5.1 Enlucidos	100
4.3 Especificaciones generales de la Línea de Evacuación	102
4.3.1 Excavación de zanjas	102
4.3.2 Relleno de zanjas	104
CAPITULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	106
5.1 Conclusiones	106
5.2 Recomendaciones	107
BIBLIOGRAFIA	108
ANEXOS	111

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1	Población Estudiantil parroquia Aláquez	32
Tabla 2.2	Flores permanentes en Latacunga.....	47
Tabla 2.3	Flores Transitorias en Latacunga	47
Tabla 2.4	Productos Permanentes en Latacunga	48
Tabla 2.1	Productos Transitorios	49
Tabla 3.1	Lista de chequeo para evaluar la sensibilidad del proyecto	66
Tabla 4.1	Clasificación del hormigón	96

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Tipos de Tapones Terminales	15
Figura 1.2 Tipos de Acoples Para Tubería	16
Figura 1.3 Conexiones Reductoras	16
Figura 1.4 Uniones para tuberías	17
Figura 1.5 Conexiones de tamaño múltiple.....	17
Figura 1.6 Conexiones Especiales	18
Figura 1.7 Puente de Dren	18
Figura 1.8 Instalación de tubos rígidos	19
Figura 1.9 Esquema de una entrada ciega	19
Figura 1.10 Ejemplo de una entrada superficial	20
Figura 1.11 Tipos de cajas de unión	21
Figura 1.12 Instalación de cajas de unión	21
Figura 1.13 Estructura y dimensión de pozos de registro.....	22
Figura 1.14 Pozo de registro enterrado	23
Figura 1.15 Salidas por gravedad a colector abierto.....	23
Figura 1.16 Salidas por gravedad con canaletas	24
Figura 1.17 Colector grande reforzado con mampostería	24
Figura 1.18 Cubeta de almacenamiento con bomba.....	25
Figura 1.19 Reductor de Pendiente	26
Figura 1.20 Facilitador de Limpieza	26
Figura 2.1 Distribución de la temperatura media Región Interandina	35

Figura 2.2	Temperatura Máxima y mínima de la provincia.....	35
Figura 2.3	Distribución anual de la precipitación en Latacunga	36
Figura 2.4	Período lluvioso de la región sierra	36
Figura 2.5	Distribución mensual de la precipitación en Latacunga.....	37
Figura 2.6	Máxima precipitación en 24 horas	37
Figura 2.7	Balance Hídrico del Cantón Latacunga.....	38
Figura 2.8	Exceso y déficit hídrico multianual.....	38
Figura 2.9	Balance Hídrico del Ecuador para febrero.....	45
Figura 3.1	Rango de magnitudes y modelo de colocación	67
Figura 3.2	Matriz de Leopold	79

INDICE DE ANEXOS

Anexo #1	Diseño del Sistema de Drenaje para los barrios El Calvario, Chaguana y Barrio Centro	112
Anexo #2	Diseño del Sistema de Drenaje Zona 1: Parcelas de P01 a P110	113
Anexo #3	Diseño del Sistema de Drenaje Zona 2: Parcelas de P01 a P110	114
Anexo #4	Diseño del Sistema de Drenaje Zona 3: Parcelas de P01 a P110	115
Anexo #5	Diseño del Sistema de Drenaje Zona 4: Parcelas de P01 a P110	116

CAPITULO 1

1.1 Historia

Hace 9000 años, cuando en la región Mesopotámica inició el drenaje agrícola de tierras, no se tenían aun tuberías (Van Schilfgaarde, 1971). Es por esto que se cree que el drenaje subterráneo se realizaba con grava y piedras o con materiales voluminosos permeables, como manojos de ramas de árboles y arbustos, dependiendo de la vegetación de la zona, que se colocaban enlazados en el fondo de una zanja. Hace aproximadamente 4000 años aparecieron en el Valle del Bajo Indo las primeras tuberías de drenaje (Ami, 1987). En Europa, se sabe que en el imperio Romano se mantenían los terrenos secos por medio de zanjas abiertas o drenes cubiertos con piedras y maleza. No obstante, no fue hasta los inicios de la era Cristiana que se instalaron los primeros sistemas de drenaje subterráneo. Este tipo de drenaje fue prácticamente olvidado en los siglos siguientes hasta el siglo XVII cuando fue redescubierto (ARMCO, 1994).

Por otro lado, en 1544 en Inglaterra reaparecieron sistemas de drenaje cuando los holandeses enviaron ingenieros expertos en la construcción de sistemas de drenaje y diques. A inicios del siglo XVII, el primer ingeniero holandés en realizar trabajos de drenaje fue Cornelius Vanderfelf, seguido por otros renombrados ingenieros como Cornelius Vermuyden y Joos Coppenburgh (Chapman, 1956). Los predecesores de los tubos de drenaje de cerámica se utilizaron en Escocia y la mayor parte de Europa continental, a manera de tejas semicirculares. También se utilizaban drenes que tenían de forma de herradura, sobre placas planas. Otra clase de drenes en forma de D, es decir la base plana. Finalmente se diseñaron tubos de sección circular. En 1823 el inglés James Smith demostró a gran escala los beneficios de drenar el exceso de agua de las tierras, por lo que se le adjudica como el iniciador del drenaje como una práctica común (ARMCO, 1994). Pero no fue sino hasta 1840 cuando se inventó el extrusor de tubos de cerámica lo que favoreció a la difusión del drenaje agrícola en el viejo continente.

En los Estados Unidos de América el drenaje por tubería se introdujo hace aproximadamente dos siglos. En principio se colocaban tubos de cerámica que, aunque eran fabricados mecánicamente, se los tenía que colocar a mano. A partir de 1960 se

mecanizó la instalación de los mismos. Además las tuberías de drenaje ya no serían de cerámica sino de plástico perforado, lo que incrementó la eficiencia, efectividad y la economía del proceso. A lo largo de la historia se han diseñado tubería con tablas y ladrillos, también conocidos como drenes de caja, tubo de cerámica en forma de herradura y circular, de hormigón, cerámica, fibra bituminosa y tubería perforada de plástico liso y corrugado. Actualmente se seleccionan las tuberías por los factores económicos y por la zona donde se utilizarán. Las más utilizadas son las tuberías de hormigón, corrugadas y de cerámica.

La síntesis de los avances más significativos del drenaje de tierras agrícolas, realizado en 1999 por Schwab y Fouss en orden cronológico es el siguiente:

- ✓ Instalación del primer dren de tubería en los Estados Unidos de América (1835).
- ✓ Invención del extrusor de tubo en Inglaterra (1840).
- ✓ Fabricación del primer tubo de drenaje con arena y cemento en los Estados Unidos de América (1862).
- ✓ Uso de máquinas zanjadoras (1880).
- ✓ Introducción del tubo liso de PE en los Estados Unidos de América (1948).
- ✓ Primera utilización de tubería de PVC lisa y rígida en los Países Bajos (1959).
- ✓ Introducción de la primera tubería de PVC flexible en Alemania (1963).
- ✓ Instalación de la primera tubería de PE flexible corrugado en Estados Unidos de América (1965).
- ✓ Aparición de las máquinas de rejón (1969).
- ✓ Primera norma para tubería de PE corrugado, la ASTM F405 (1974).
- ✓ Preparación de una norma en los Países Bajos para envoltura enrollada previamente (1981).
- ✓ Primer borrador de norma ISO para tuberías de PVC corrugado, (1985).
- ✓ Preparación del borrador de norma-EN para tuberías de PVC corrugado (1994).

1.2 Definición de Drenaje Agrícola

El drenaje agrícola es la eliminación del exceso de agua de la tierra para crear condiciones favorables para el crecimiento de las plantas. Los sistemas de drenaje pueden ser subterráneos o superficiales. El drenaje superficial puede eliminar los excesos originados por las precipitaciones en la superficie de la tierra.

Su principal objetivo es evitar extensos períodos de estancamiento o inundación para que no exista una erosión excesiva, y que los pastos o las cosechas cuenten con las mejores condiciones posibles de humedad. Por otra parte, el drenaje subsuperficial reduce el nivel freático para que no interfiera en el desarrollo de las raíces de las plantas, y estimula la lixiviación necesaria para mantener el equilibrio salino adecuado en el suelo. Esto es necesario cuando el agua de las lluvias no es suficiente para eliminar las sales.

1.3 Beneficios del Drenaje Agrícola

La eliminación del agua libre estimula el movimiento bacteriano, esencial para la elaboración de los nutrientes de las planta, y permite la entrada de aire en el suelo. Tanto las raíces de las plantas, igual que las bacterias del suelo, necesitan tener oxígeno, que el drenaje cubre creando un espacio de aire en el suelo. La lluvia que pasa a través del suelo elimina el dióxido de carbono y permite la infiltración de aire limpio, es decir el drenaje ofrece la aireación necesaria.

El drenaje superficial elimina rápidamente el agua estancada, lo que permite que el resto del agua gravitacional se mueva a través del suelo. La eliminación del agua libre permite que el suelo se caliente con mayor rapidez, ya que el suelo húmedo necesita una mayor energía térmica para aumentar su temperatura. Además, el calor del suelo estimula la actividad bacteriana. Por lo tanto, los suelos que más rápidamente se calientan después de la época fría son los primeros que se pueden sembrar.

También se logra crear mejores condiciones de germinación para las semillas. La eliminación del agua subterránea mejora las condiciones para el crecimiento de las raíces. Por ejemplo, si se elimina la presencia de agua libre hasta una profundidad de 25 centímetros, las raíces de los cultivos se alimentarán dentro de esta área, por lo que a

mayor profundidad del sistema de drenaje, mayor espacio y beneficios tendrán las raíces para alimentarse.

1.4 Tipos de Drenaje

1.4.1 Drenaje de alivio

Se denomina drenaje de alivio a la aceleración del flujo de exceso de agua dentro del lugar y desde él. Los flujos superficiales se eliminan mediante sistemas de zanjas subterráneas y la nivelación del suelo. Los flujos subsuperficiales se eliminan con drenajes de alivio, que son drenes laterales colocados paralelamente al flujo de agua subterránea.

1.4.2 Drenaje de Intercepción

Los drenajes de intercepción colocados a través del flujo de agua subterránea se instalan principalmente para interceptar el flujo subterráneo que se mueve pendiente abajo. Este tipo de drenaje intercepta y desvía los flujos superficiales y los subterráneos. La eliminación del agua superficial se conoce como drenaje por desviación, mientras que la eliminación del agua subterránea se denomina drenaje por intercepción.

1.5 Método de drenaje artificial

1.5.1. Drenaje Superficial

Se puede lograr mediante zanjas abiertas, y modelando la superficie del terreno para que el agua pueda llegar a las zanjas. El drenaje superficial se puede aplicar en sitios planos donde:

- ✓ Los suelos tengan una baja permeabilidad, por ejemplo, los suelos arcillosos.
- ✓ Los suelos tengan poca profundidad, es decir de 20 a 25 centímetros sobre el subsuelo o la roca de baja permeabilidad.
- ✓ Los suelos podrían responder al drenaje subsuperficial, pero carecen de salida subsuperficial libre.

- ✓ El drenaje subsuperficial no sea económicamente factible
- ✓ El drenaje superficial suplementa al drenaje subsuperficial

1.5.2 Drenaje subsuperficial

Se puede lograr mediante diferentes tipos de drenes enterrados, drenes toperos y zanjas a cielo abierto. Este tipo de drenaje se usa cuando las condiciones de saturación del suelo permiten eliminar el agua libre de la zona de las raíces. Se debe tomar en cuenta que la fertilidad del suelo debe ser de gran calidad para que permita obtener ganancia de las cosechas que justifiquen el gasto de instalación de los drenajes.

La necesidad de instalar sistemas subsuperficiales y su diseño están relacionados con: el exceso de agua que entra, la permeabilidad del suelo y del suelo subyacente y las necesidades de los cultivos. Normalmente, los suelos de textura fina tienen permeabilidades bajas. En estos suelos, los espacios de los poros son tan pequeños, debido al material coloidal, que la entrada del flujo gravitacional en el drenaje se ve obstruida, por lo que se restringe a un área limitada su capacidad de eliminar el agua libre.

En algunos suelos arenosos, turbosos, y los de alto contenido de materia orgánica, los espacios de los poros son grandes y el tránsito del agua es rápido. La humedad se produce como consecuencia del alto nivel freático en las áreas que no cuentan con regadío. Esta humedad debe ser corregida mediante drenaje para poder conseguir el máximo rendimiento de los cultivos. Los suelos de este tipo se pueden drenar con buenos resultados, pero muchos presentan problemas para su instalación y mantenimiento.

Si el suelo arenoso es muy fino, la cantidad de material coloidal existente no basta para mantener las partículas unidas por lo que existe el peligro de que se produzca la entrada excesiva de partículas en los drenajes. Para estos suelos se deben tener precauciones especiales al construir el sistema. El drenaje subsuperficial de zanja a cielo abierto puede resultar práctico en estos casos.

En los suelos turbosos y orgánicos, las partículas finas del suelo tienen cierta tendencia a entrar en el drenaje. Por esta razón existe el peligro de un desplazamiento de las baldosas

del drenaje debido a la naturaleza inestable del suelo y a que tienden a asentarse de manera considerable. Para el drenaje inicial de estos suelos, se pueden usar drenajes toperos y zanjás a cielo abierto.

En los suelos muy porosos, como las arenas gruesas y algunas turbas, el descenso excesivo del nivel freático puede ocasionar una deficiencia de humedad durante los períodos de sequía. Estos suelos, al ser tan porosos, tienen una succión capilar baja y son incapaces de llevar el agua a la zona de las raíces de ciertos cultivos si el nivel freático cae demasiado por debajo de dicha zona.

Hay otras condiciones del suelo en las que los drenajes son peligrosos o no son prácticos. En algunos suelos, los bloques de mineral o las piedras pueden elevar los costos a niveles exorbitantes. En otros suelos, la capa superior es buena, pero debajo tiene arena inestable hasta la profundidad de los drenes, por lo que la mayoría de las veces resulta imposible su instalación. En otros suelos, como los que contienen glauconita, óxido de hierro u óxido de magnesio, las juntas o las perforaciones de los drenajes muestran una tendencia a taponarse por la acción química.

1.6 Materiales de Drenaje Actuales

Los materiales que se utilizan en la actualidad son por lo general tuberías de drenaje y sus estructuras auxiliares como envolturas y demás accesorios. Hoy en día los tamaños, las perforaciones, su disposición, geometría y el material de las tuberías están normados por varios criterios que rigen a nivel mundial. Por ejemplo, en el caso de un dren subterráneo, dependiendo de los suelos se necesitan tomar medidas para proteger la tubería de las partículas de suelo. Debido a la fuerza de arrastre de agua, nunca se puede impedir que ingresen agregados de suelo o partículas por las paredes; no obstante, se puede reducir considerablemente la cantidad o paralizarla mediante la colocación de material externo poroso alrededor de la tubería. A este material se lo denomina “Envoltura Dren”. La envoltura tiene varias ventajas con relación al “Filtro Dren” ya que éste suele retener el material y puede llegar a la obstrucción del suelo circundante. Por otro lado, la envoltura dren solamente restringe la entrada de sedimentos, tiene alta conductividad hidráulica y estabilidad en torno al dren.

El diseño de envolturas convencionales es bastante simple. Las de primera generación son de grava, conchas trituradas o materiales orgánicos suelos como residuo de turba (Willardson, 1974). En Estados Unidos se han desarrollado varios criterios para el diseño de envolturas granulares minerales, como las tradicionales de grava y arena gruesa que son las que más se han aplicado, siempre con resultados exitosos (Terzaghi y Peck, 1961). Existen algunas zonas en las que no se encuentra grava clasificada que sirva de material envolvente, por lo que este rubro podría ser el coste principal de la instalación de los drenes. No solamente la falta de material hace que el costo de instalación sea elevado sino que es un trabajo engorroso. Todo esto ha llevado a la sustitución de la grava por materiales más livianos. Los materiales alternativos más utilizados, sobre todo en las zonas de cultivos, son las fibras orgánicas, que han sido aplicados durante años con buenos resultados.

La segunda generación de envolturas consiste en el grupo de materiales que fueron desarrollados con la finalidad de reducir el coste de los sistemas de drenaje y facilitar la instalación mecánica. Entre los materiales se encuentra envoltentes en forma de tiras, que reemplazó gradualmente a los materiales orgánicos. El transporte es más fácil ya que se comercializa por rollos y se coloca en la tubería mientras se instala. Además, el escás de la turba tradicional hecha de fibra de paja y de coco impulsó la búsqueda de alternativas. Ya para 1960 se empezó a utilizar tiras de láminas de fibra de vidrio, que son económicamente accesibles y fáciles de manejar. En 1962 con la aparición de tuberías corrugadas se abandonó el uso de materiales envoltentes en forma de tiras. Desde ahí, se empezaron a utilizar envolturas orgánicas fibrosas, que podían revestir las tuberías antes de su instalación. Este tipo de envolturas fueron creadas en Europa, y al igual que el revestimiento de segunda generación, redujo los costes de instalación en aproximadamente un cincuenta por ciento (Poiree, 1986).

Sin embargo, el material era ampliamente propenso a la descomposición microbiana, un gran inconveniente. La tercera y última generación de envolturas corresponde a las envolturas sintéticas, que son tiras de geotextiles o coberturas de fibras sintéticas sueltas que revisten la tubería. Estos materiales han ganado popularidad en varios continentes. Otro aspecto positivo de la nueva generación es que las envolturas de fibra sintética son

fabricadas a partir de material reciclado como fibras residuales de polipropileno, que es el que se usa para fabricar alfombras.

1.7 Problemas con Materiales de Drenaje

La instalación de drenes de forma tradicional no se puede hacer bajo condiciones adversas, por ejemplo aquellas ocasionadas por capas freáticas someras o por un alto estado de humedad generalizada en todo el terreno. Generalmente estas restricciones son positivas ya que han evitado el mal funcionamiento de sistemas de drenaje y han asegurado su larga duración. La mecanización de las obras empeoró el control de calidad ya que con el aumento de la velocidad resulta más difícil asegurarse que cumpla con precisión, por ejemplo la pendiente. Otro factor que dificultó más fue la aparición de la tubería corrugada flexible. A partir de 1965, el uso de láser para controlar la pendiente, entre otros aspectos, mejoró la precisión de instalación.

Por un lado la mecanización de instalación y la aplicación de nuevas envolturas del dren han llevado a reducir costes; sin embargo, ha surgido una serie de problemas que hasta ese entonces no se conocían. Algunos de los problemas se presentan al instalar drenes en suelos muy húmedos o al no considerar el tipo de suelo que se va a instalar la tubería con un determinado tipo de envoltura. El uso de una envoltura depende fundamentalmente de las propiedades físicas del suelo. En la práctica, el proceso de selección se lo hace en base a la disponibilidad y costo.

En zonas áridas, donde el drenaje es instalado para combatir el anegamiento y la salinización de los suelos, se deberían colocar envolturas de grava, que son excelentes pero considerablemente caras. Las investigaciones llevadas a cabo y la experiencia práctica acumulada desde 1960 hasta fines de 1980, han proporcionado pautas para diseñar envolturas y seleccionar materiales para determinados tipos de suelos.

1.8 Tuberías de Drenaje

Los tubos de cerámica, hormigón o plástico dan resultados satisfactorios si cumplen con las normas de calidad y se instalan correctamente. A partir de 1960 las tuberías de cerámica y hormigón fueron rápidamente reemplazadas por las de plástico corrugado, que son las más utilizadas actualmente. En el caso de los colectores, las tuberías utilizadas son de hormigón o plástico, aunque este material no debería ser utilizado para diámetros mayores a 200mm. A pesar de sus limitaciones se pueden instalar colectores de plástico corrugado perforado, revestidos de una envoltura apropiada, si el suelo circundante consiste de arena movediza o de otros materiales igual de inestables (Schultz, 1990). Una vez que se tiene instalado el colector éste puede actuar como dren con la finalidad de suprimir la inestabilidad del suelo. También posibilitan la conexión de drenes laterales, instalación de pozos de registro o ambas cosas.

Al igual que en el momento de elegir envolturas, existen criterios válidos para seleccionar un tipo específicos de tubería, aunque nuevamente, en la práctica se seleccione de acuerdo a la disponibilidad y el precio.

No obstante, es necesario considerar los siguientes puntos:

- ✓ La tubería de plástico corrugado tiene ventajas indiscutibles ante todas las demás, en el caso de que se disponga de toda clase de tuberías.
- ✓ Si no se dispone de tuberías, lo solución más práctica es fabricar localmente tubos de hormigón, ya que su elaboración es fácil y económica, cuando hablamos de una pequeña cantidad de tubería.
- ✓ Las tuberías de plástico pueden ser fabricadas localmente y en grandes cantidades, siempre que se cuente con la materia prima apropiada. En el país el material debe ser importado.
- ✓ Si la instalación que se va a realizar será mecánica, las tuberías de plástico son las más adecuadas. Además una pequeña falla de instalación no afecta en gran magnitud a su funcionamiento.
- ✓ El coste de fabricación de tubos de menor diámetro ($D < 100\text{mm}$) es similar para tubos de cerámica, hormigón y plástico. Para el resto de tuberías lo más barato es el hormigón y lo más costoso es el plástico.

1.8.1 Tubo de Cerámica

Los tubos de cerámica de buena calidad deben estar bien cocidos y no presentar ningún tipo de grietas o burbujas. Si se presenta un tubo con éstos u otros defectos visibles, los tubos no deben ser utilizados ya que por su forma de funcionar pueden causar inconvenientes. Los tubos de cerámica se adosan en la zanja del dren. El agua entra a través de las uniones entre dos tubos contiguos. Existen dos clases de tubo de cerámica: el poroso y el vidriado. El del primer tipo generalmente tiene esta clase de uniones aunque también puede unirse mediante un collar o una unión de campana, que es una pieza con forma de aro. El costo de este tubo es elevado por lo que solamente se justifica su uso cuando se trabaja en suelos muy blandos.

Los tamaños estándar de tubería para drenaje son 50, 65, 75, 80, 100, 130, 160 y 200 mm de diámetro interno. El espesor de pared varía entre 12 y 24 mm. Se puede expresar estas medidas como:

$$0,08d+8 \text{ mm}$$

Siendo d el diámetro interno del tubo expresado en la misma magnitud. La longitud de los tubos de cerámica corrientes oscila entre los 300 y 333 mm. En algunos países se fabrican tubos de mayor longitud, de acuerdo a pedidos específicos. Los tubos pueden ser fabricados con surcos longitudinales exteriores para facilitar el flujo de agua a lo largo del dren, esto en combinación con materiales envolventes.

El tubo de cerámica es muy duradero y resistente ya que no suele alterarse y deteriorarse en suelos agresivos. En el caso de suelos ricos en compuestos químicos corrosivos utilizar una tubería de cerámica es recomendable pues no sufrirá cambios, en casi toda circunstancia. Es más liviano que el hormigón y su resistencia es excelente, pero es frágil por lo que su manejo debe ser cuidadoso. Es por esto que a pesar de que los fabricante han mejorado los métodos de transporte y manejo, se deber tener mucho cuidado con las piezas.

La fabricación de tubos de cerámica se debe realizar en una planta bien equipada. En un tubo bien hecho, sus características principales son las uniones rectas, la ausencia de grietas y homogeneidad de la arcilla mezclada. La tasa de absorción máxima de agua de los tubos debe ser de al menos 15% del peso del tubo, después de haber estado sumergidos

durante 24 horas. El peso de 1000 tubos debe exceder ciertos valores mínimos.

Hoy en día aún se colocan tubos de cerámica manualmente en zanjas, excavada a mano generalmente. Estos tubos pueden cubrirse con envolturas en forma de tiras o con materiales voluminosos. En las zanjas los tubos deben instalarse de manera que queden perfectamente alineados. La separación máxima entre dos tubos no debe ser mayor a 3mm. En el caso del suelo arenoso no debe exceder $2d_{85}$, este valor representa el tamaño de partícula para el que el 85 por ciento de las partículas de suelo tienen un diámetro menor.

1.8.2 Tubos de Hormigón

A lo largo del tiempo y alrededor del mundo se ha utilizado el tubo de hormigón a gran escala. Normalmente se utiliza en el caso de que no se disponga de tubo de cerámica o si los diámetros requeridos son grandes. Por lo general se presentan en los siguientes tamaños: 0,60, 0,91, 1,22 y 2,40 m de largo y diámetros internos de 100, 150 y 200 mm y superiores. Por lo general se los coloca adosados.

Fabricar tubos de hormigón es relativamente más sencillo que de cerámica. Se debe realizar un buen curado para que alcance una mayor resistencia. Al igual que los tubos de cerámica, se sabe que son de calidad si no tiene grietas, deterioros y su apariencia es uniforme.

Los tubos de hormigón solo deben ser utilizados cuando los análisis de nivel freático y suelos muestren condiciones favorables para su uso. Los tubos que se han hecho con cemento común pueden deteriorarse en suelos ácidos o cuando el agua tiene compuestos químicos corrosivos o sales. Tampoco son recomendables para los colectores que llevan residuos domésticos o industriales. Se debe usar cementos especiales para que sean capaces de resistir estas agresiones.

El mayor problema de los tubos de hormigón es que se pueden desintegrar lentamente, además que son erosionables por los flujos rápidos de agua que se transporta por ahí. Sin embargo, en muchos casos su instalación es duradera.

1.8.3 Tuberías de Drenaje de Plástico

Su principal ventaja respecto a los tubos de cerámica y hormigón es su peso por unidad de longitud, que es considerablemente menor, lo que también reduce los costos de transporte y la cantidad de mano de obra para la instalación.

En un principio, las tuberías de plástico liso eran fabricadas de cloruro de polivinilo rígido, es decir PVC. Estos tenían ranuras longitudinales, por las que se preveía que ingrese el agua. Sin embargo, estas tuberías no fueron muy utilizadas ya que las tuberías de plástico corrugado las reemplazaron rápidamente. Debido a sus buenos resultados, también reemplazó gradualmente a los tubos de cerámica y hormigón. Lo más innovador es que con la misma cantidad de material se creó una tubería con mayor flexibilidad en sus paredes y más resistente a la compresión.

La creación de esta tubería dio un giro a la historia del drenaje de tierras agrícolas. Debido a que es flexible, su instalación, sea mecánica y manual, redujo considerablemente los costos y la complejidad. Tanto así que se facilitó el desarrollo de técnicas, como la instalación sin apertura de zanja. La tubería presenta grandes ventajas como las siguientes:

- ✓ Su peso liviano facilita el manejo de las tuberías.
- ✓ Ya que es una tubería continua, su manejo se facilita pues no se tienen problemas de alineación o demoras en el suministro, lo que agiliza la instalación.
- ✓ Su transporte es fácil ya el material es flexible y enrollable, lo que facilita además su manejo.
- ✓ Ya que la tubería está perforada de forma uniforme, el acceso de agua se facilita.
- ✓ El revestimiento con materiales envolventes es más fácil para esta tubería que para las de cerámica y hormigón.
- ✓ Las obras tienen mejores acabados ya que no hay defectos de alienación ni uniones de tamaños incorrectos.
- ✓ La necesidad de mano de obra es menor y, por lo tanto, se reduce el presupuesto necesario para la ejecución de la obra.

Estas tuberías también presentan desventajas en relación a las de cerámica y hormigón:

- ✓ En el caso de tuberías de PVC, al ser expuestas por largos períodos a radiaciones ultravioletas de la luz solar, se deterioran.
- ✓ Son más frágiles a bajas temperaturas.
- ✓ Cuando se trabaja a altas temperaturas pueden sufrir de un alargamiento excesivo durante su instalación. Además tienen mayor riesgo de deflexión.
- ✓ Presentan alto riesgo de aplastamiento por una carga repentina.
- ✓ No son resistentes al fuego.
- ✓ No se pueden recolocar fácilmente en el campo sin dañarlas.

Los drenes de plástico corrugado pueden ser de PVC, PE, polietileno de alta densidad, o PP, polipropileno. La elección de alguno de estos materiales se basa en factores económico y varían en cada país de acuerdo al precio y la disponibilidad de la materia prima.

Aunque ambas tuberías, sean PVC o PE, pueden ser de buena calidad, su materia prima tiene diferentes propiedades físicas. Las tuberías de PE, que tienen una menor rigidez, se puedan deformar fácilmente debido a las cargas, especialmente cuando las temperaturas rodean los 40°C o están sometidas a tensión longitudinal. Como ya mencioné anteriormente las tuberías de PVC son susceptibles a la radiación ultravioleta por lo que se debe evitar almacenar éstas al aire libre, ya que se vuelven frágiles.

Además a bajas temperaturas son menos resistentes que el PE, por lo que solo deben instalar en zonas donde la temperatura externa sea mayor a los 3°C, caso contrario el riesgo de que se agrieten es demasiado alto. Además, se debe tener mucho cuidado en el almacenamiento en zonas áridas y semiáridas ya que las tuberías se deforman y ablandan a los 80°C. Además el PVC tiene impacto ambiental, pues cuando se quema forma ácido clorhídrico. Las tuberías de PP aún no se utilizan mucho con fines agrícolas, aunque son recomendables para invernaderos ya que resisten al calor y toleran la desinfección del suelo con vapor.

Por lo general, las tuberías tienen un diámetro interno 0,9 veces el exterior. Las medidas europeas del diámetro externo estándar son 40, 50, 65, 80, 100, 125, 160 y 200 mm. Las medidas norteamericanas de tubería se refieren al diámetro interno, pero son de las mismas

dimensiones estándar, aunque se pueden fabricar diámetros mayores a los mencionados. Se las comercializa en rollos si se trata de diámetros inferiores a los 250 mm y en piezas de 6 m de largo para diámetros mayores.

El agua entra por las perforaciones hechas en el valle de las corrugaciones de las tuberías. Estas perforaciones pueden ser ranuras u orificios circulares de diámetro desde los 0,6 a los 2mm. La longitud de las ranuras es generalmente de 5 mm, pero puede ser mayor de acuerdo al tamaño de su diámetro. Las perforaciones deber estar distribuidas de manera uniforme en la pared de la tubería, con un mínimo de cuatro filas y de dos perforaciones cada 100 mm.

La instalación es bastante sencilla, si se trata de tubos de plástico corrugado de gran diámetro, se los dispone sobre el campo y la máquina los va colocando en su lugar. Si el diámetro es menor, solamente se desenrollan a medida que se prosigue la instalación. Siempre es necesario controlar la instalación para asegurar que el trabajo sea adecuado. Se debe inspeccionar con regularidad la calidad de la tubería. Los ensayos deben evaluar el impacto de cargas repentinas a temperaturas similares a las que se tendrán al momento de la instalación.

1.9 Accesorios de Tuberías

En el caso de drenaje subterráneo son estrictamente necesarios los accesorios, como conexiones entre tuberías, salidas, cajas de unión, cámaras de inspección, puentes de dren, tubos rígidos sin perforar, entradas ciegas, entradas superficiales, dispositivos para drenaje o riego subterráneo y limpieza. Estos accesorios son normalmente fabricados por diferentes compañías, aunque también se los puede construir en obra.

1.9.1 Conexiones entre tuberías

1.9.1.1 Tapones Terminales

Esta clase de tapones impide la entrada de partículas de suelo por el extremo final del dren aguas arriba. Los materiales que se utilizan pueden ser el mismo de la tubería o cualquier material duradero y plano.

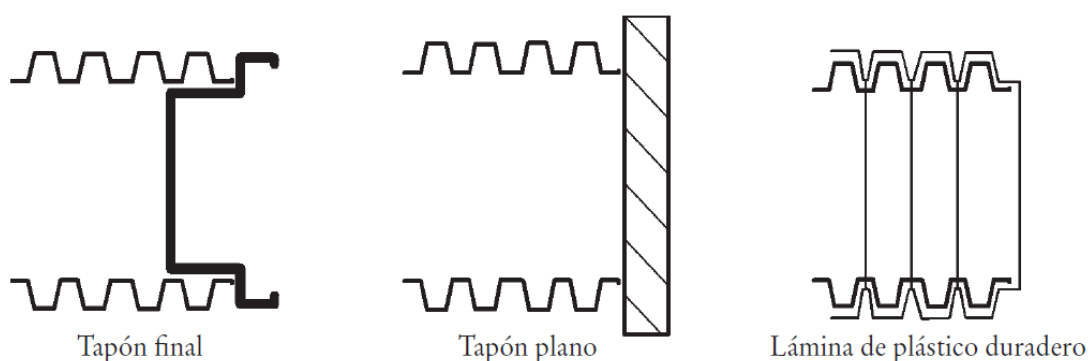


Figura 1.1: Tipos de Tapones Terminales (Fuente FAO)

1.9.1.2 Acoples

Las tuberías corrugadas presentan acoples externos para unir tuberías que tienen el mismo diámetro. A éstos se los conoce como acoples de conexión rápida. Si no tienen esto, se puede usar un trozo de tubo que se coloca en ambos extremos de la tubería y se lo fija firmemente con cinta o alambre para mantenerlo en su puesto durante la instalación.

Existen también acoples internos para cuando se coloque una tubería en una zanja sin apertura, de esta manera se impedirá la separación de las tuberías coladas. Si no se encuentra estos acoples, se las puede conectar cortando el extremo y formando un cono en la tubería aguas arriba, que se une en el extremo de la tubería de aguas abajo. No obstante, estas conexiones no son recomendables ya que dificultan el flujo de sólidos en suspensión.

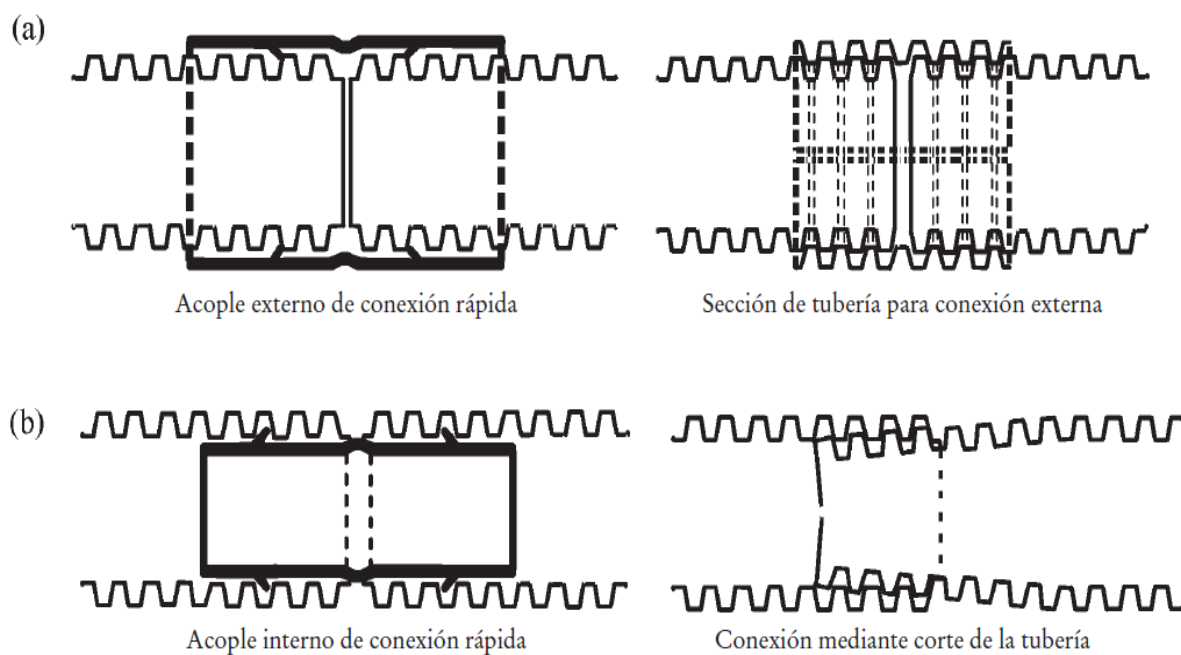


Figura 1.2: Tipos de acoples para tubería (Fuente FAO)

Existen también los reductores, que se utilizan para conectar dos tubos que tengan diferente diámetro.

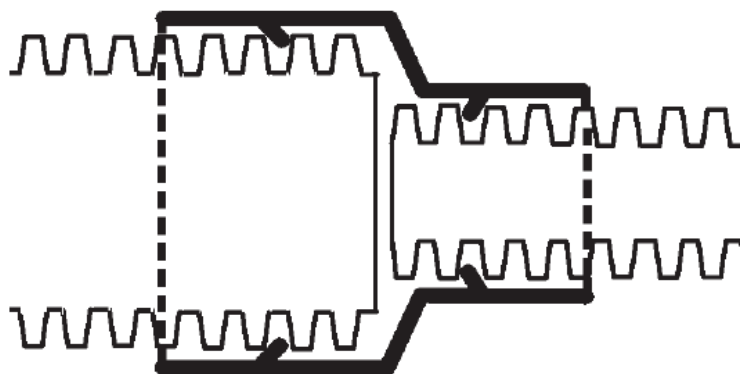


Figura 1.3: Conexiones Reductoras (Fuente: FAO)

1.9.1.3 Otras conexiones

Existe mucha variedad de conexiones para todo tipo de tubería fabricadas de diferentes materiales. Por lo general para los tubos de cerámica, hormigón y plástico corrugado las conexiones son elaboradas específicamente para ese tipo de tubería por lo que no son intercambiables.

Se tiene diferentes piezas, por ejemplo las piezas T, Y y forma de en cruz tienen la finalidad de conectar tuberías laterales con colectores o conectar colectores entre sí

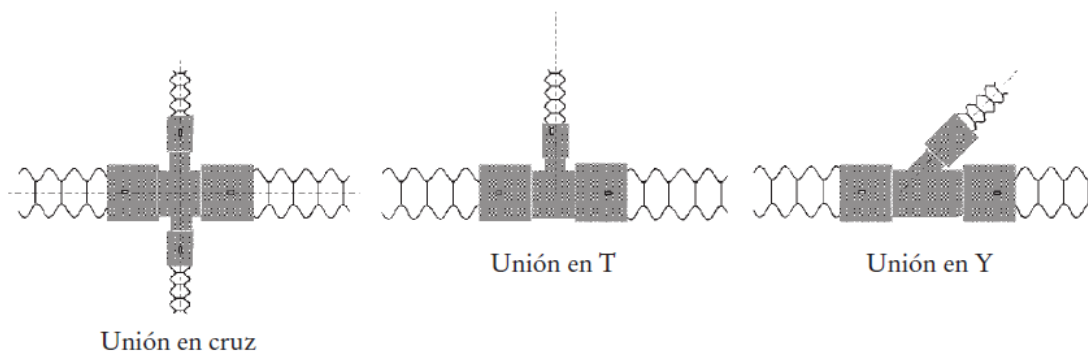


Figura 1.4: Uniones para tuberías (Fuente FAO)

Otras conexiones se fabrican con distintas medidas para facilitar la conexión con colectores o tuberías laterales de distinto tamaño.

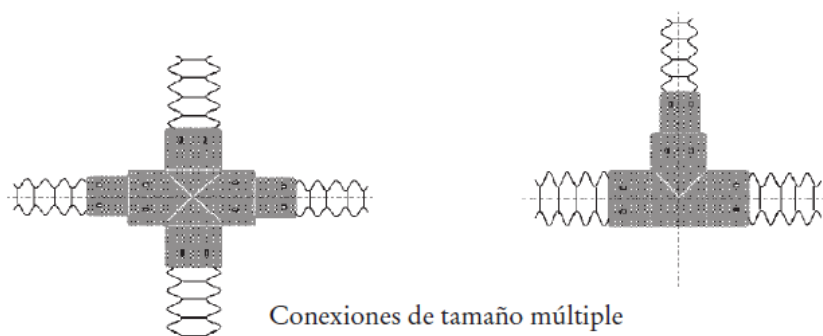


Figura 1.5: Conexiones de tamaño múltiple (Fuente FAO)

“Los extremos de las conexiones se cortan o se adaptan en el campo eliminando alguno de sus componentes para ajustarlas al diámetro requerido” (Schwab y Fouss, 1999). Hoy en día se usan codos, piezas en T, entre otros, para conectar colectores con laterales. Estas piezas se colocan en la parte superior de la tubería.

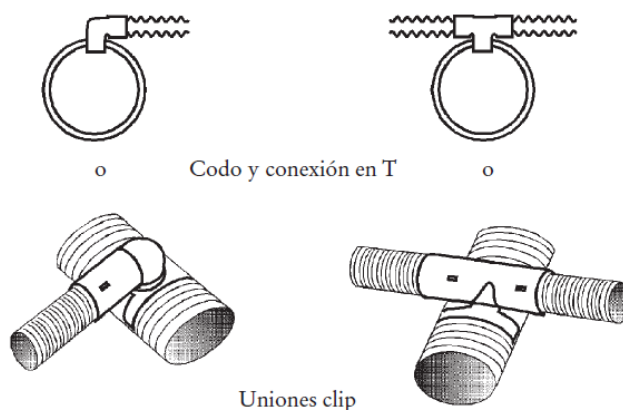


Figura 1.6: Conexiones especiales (Fuente FAO)

1.9.2 Estructuras de Protección

1.9.2.1 Puentes de dren

En el caso de que se quiera colocar una tubería en suelo natural que no ha sido alterado, no se deben utilizar accesorios ya que el suelo tiene suficiente resistencia para soportarlo. Sin embargo, cuando el dren pasa por un suelo no compactado, como el de una antigua zanja que ha sido rellenada, es necesario utilizar un puente para mantener el nivel del tubo mientras el suelo se asienta. Las piezas de madera son bastante efectivas para estos casos, al igual que los tubos rígidos, ya que sostienen y protegen el dren.

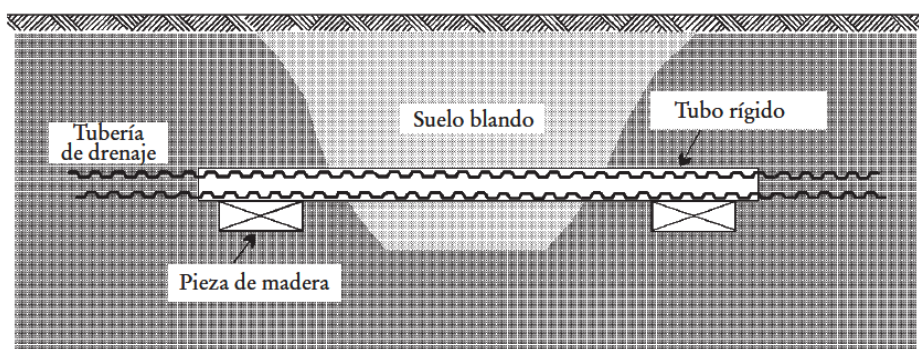


Figura 1.7: Puente de dren (Fuente FAO)

1.9.2.2 Tubos rígidos

Algunas veces se presentan algunos impedimentos al momento de conectar tuberías, como caminos, cursos de agua, cunetas, suelos inestables y otras condiciones naturales. Las tuberías de drenaje, por lo tanto, pueden conectarse o introducirse en un tubo rígido, de plástico, revestido de acero u hormigón reforzado, con la finalidad de continuar con su curso.

En la figura 1.8 se puede observar el uso de tubos rígidos para cruzar un curso de agua o una fila de raíces de árboles.

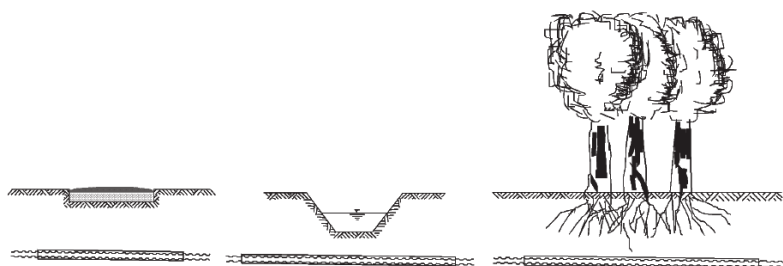


Figura 1.8: Instalación de tubos rígidos (Fuente FAO)

1.9.3 Entradas

1.9.3.1 Entradas Ciegas

Las entradas ciegas tienen dos objetivos: drenar aguas que se encuentren estancadas e interceptar sedimentos. Son zanjas que se sitúan sobre el dren y se rellenan con material poroso. Este material debe ser duradero por lo que se recomienda utilizar piedras, grava o arena gruesa. Una manera de hacerlo es graduando desde el más grueso al fondo y el más fino en la superficie.

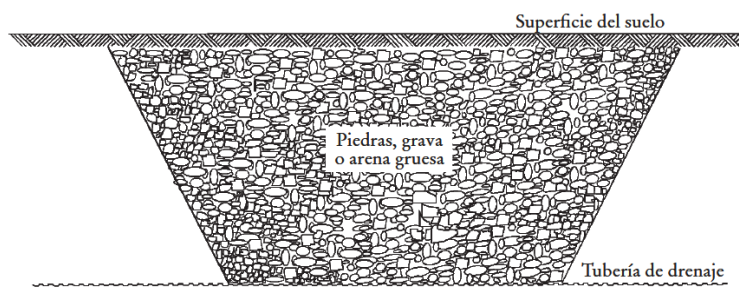


Figura 1.9 Esquema de una entrada ciega (Fuente FAO)

Su ventaja es que no interfieren con las operaciones agrícolas y son económicos. No obstante, su funcionamiento no es ideal ya que generalmente la entrada se tiende a obstruir por partículas de suelo y sedimento a nivel superficial.

1.9.3.2 Entradas Superficiales

Este método se utiliza cuando la construcción de zanjas no sea posible en el área. Las entradas superficiales, al igual que las zanjas tienen como finalidad evacuar el agua. Para impedir el colapso de los drenes se necesita tener una cubeta de sedimentación. Se recomienda ubicarlos en la línea del colector o junto al mismo conectado por medio de un sifón.

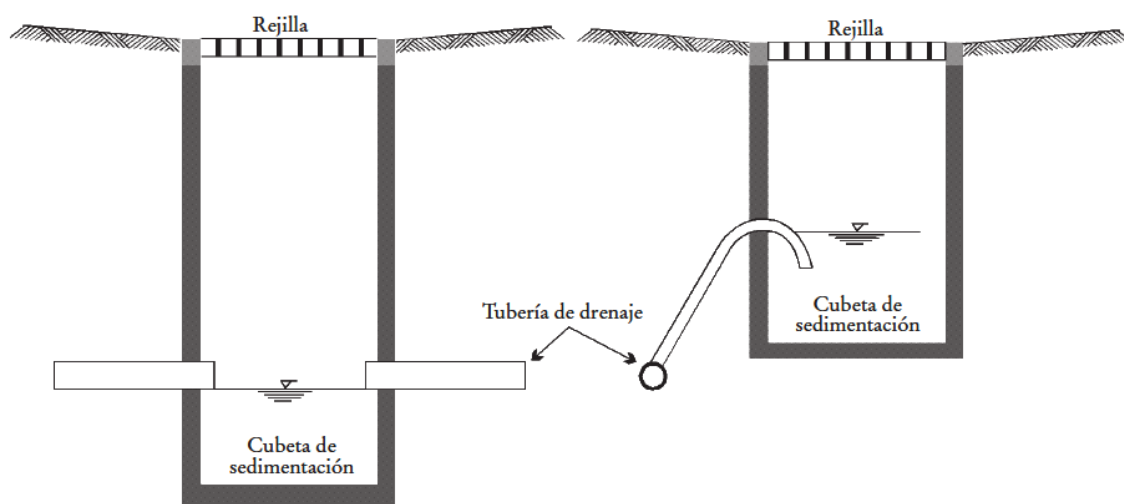


Figura 1.10: Ejemplo de una entrada superficial (Fuente FAO)

Las entradas superficiales son más fáciles de realizar ya que pueden ser de hormigón o mampostería, es decir se pueden hacer in situ. También se pueden usar tubos prefabricados de plástico rígido. Además se debe instalar una rejilla para evitar la entrada de residuos.

1.9.4 Estructuras de Conexión

1.9.4.1 Cajas de Unión

Las cajas se utilizan para unir dos o más drenes. Además es el lugar donde las tuberías cambian de diámetro o cambia la pendiente del colector. Estas estructuras pueden ser fabricadas en obra con mampostería y hormigón, o prefabricadas de hormigón o plástico rígido.

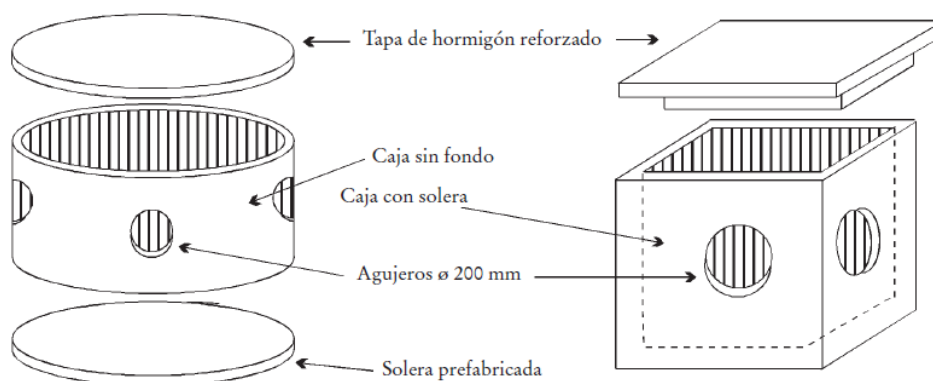


Figura 1.11: Tipos de Cajas de Unión (Fuente FAO)

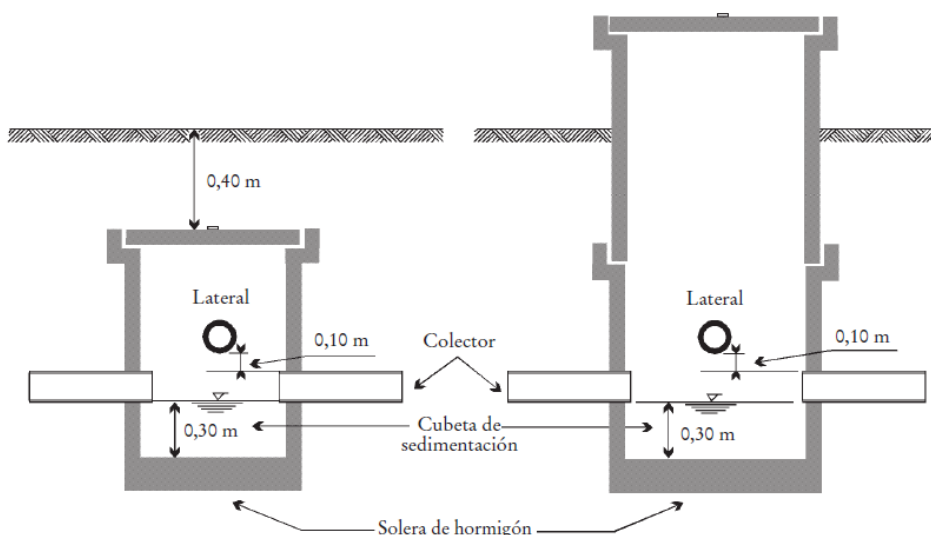


Figura 1.12 Instalación de las cajas de unión.

Las cajas de unión pueden disponer de una cubeta de sedimentación e incluso rebasar la superficie del terreno. La solera de la cubeta debe estar a 0,3m debajo del comienzo de la tubería de aguas abajo. Para que las cajas no interfieran con las labores agrícolas su tapa

debe estar por lo menos enterrada a 0.40m de la superficie del terreno. Si las tapas de dejan en la superficie, se facilitaría su mantenimiento, pero sí tendría efecto en el terreno agrícola.

La posición de las cajas deber quedar bien documentada, con la finalidad de que se facilite su localización. Es recomendable poner algún componente de acero para poder identificar su posición por medio de un detector de metales.

1.9.4.2 Pozos de Registro

También conocidos como cámaras de inspección, se diferencian de las cajas de unión porque están provistas de accesos para realizar inspecciones y limpiezas a los drenes. Pueden ser construidas en base a hormigón, mampostería o madera secuoya, que ha tenido resultados exitosos (Luthin, 1978). En el caso de tener pozos profundos se los debe construir con una serie de aros de hormigón reforzado. Al momento de diseñar es necesario considerar que deben tener las dimensiones para que quepa un operario, y peldaños metálicos fijados a la pared para su descenso.

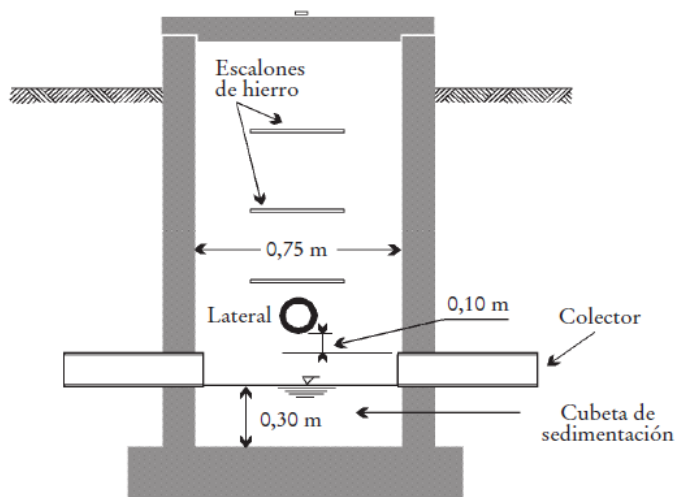


Figura 1.13: Estructuras y dimensiones de un pozo de registro (Fuente FAO)

La ventaja de tener las tapas de los pozos sobre la superficie es que el registro se facilita, pero interfiere en el terreno. Si se encuentran enterradas se debe cavar para cada inspección.

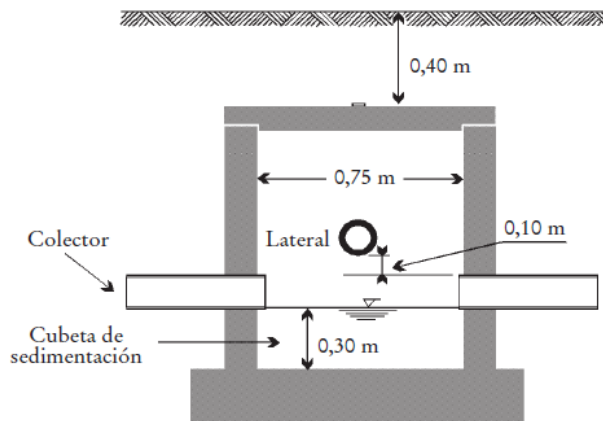


Figura 1.14: Pozo de registro enterrado (Fuente FAO)

1.9.5 Salidas

1.9.5.1 Salidas por gravedad

En este tipo de evacuación es indispensable proteger a los drenes laterales y colectores ya que si la salida no funciona perfectamente, se afectará a todo el sistema de drenaje. Se los puede proteger con un tubo de plástico rígido sin perforar, acero galvanizado u hormigón reforzado entre los más comunes. La longitud del tubo varía de acuerdo al diámetro de la tubería de drenaje, el riesgo de penetración de raíces, de los taludes y de la erosión que pueda ocurrir debajo del tubo o en el punto de desagüe. Normalmente oscila entre 1,5 a 5,0m. El material envolvente no se debe utilizar cerca de la salida, sobre todo si se trata de grava. En los últimos metros del relleno de la zanja, el material debe estar bien compactado en torno del dren. El tubo de salida se puede conectar con la tubería de drenaje, siempre y cuando al menos la mitad de su longitud esté enterrada.

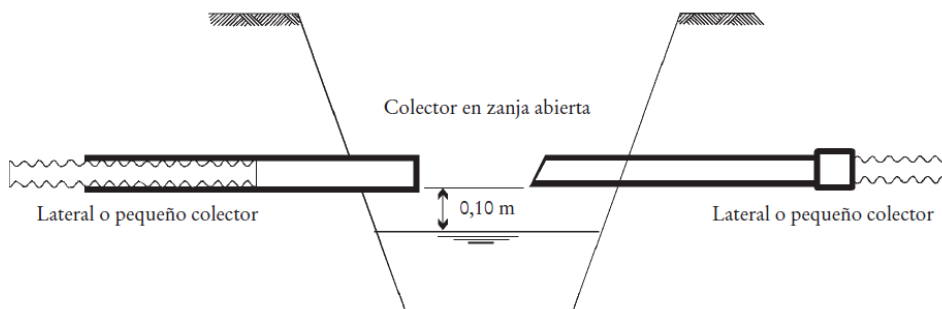


Figura 1.15 Salidas por gravedad a un colector abierto (Fuente FAO)

Ya que la función de las salidas es impedir la erosión del talud de la zanja, los tubos son perforados y deben sobresalir lo suficiente para que el agua no caiga sobre el talud sino directamente sobre la zanja. Si la carga de agua que evacuen es grande se podría apoyar la tubería con alguna barra para evitar colapsos. En el caso de que la tubería no sea lo suficientemente larga para sobrepasar el talud se puede utilizar tubos de plástico cortados o canaletas de cemento para que ayuden a conducir el agua.

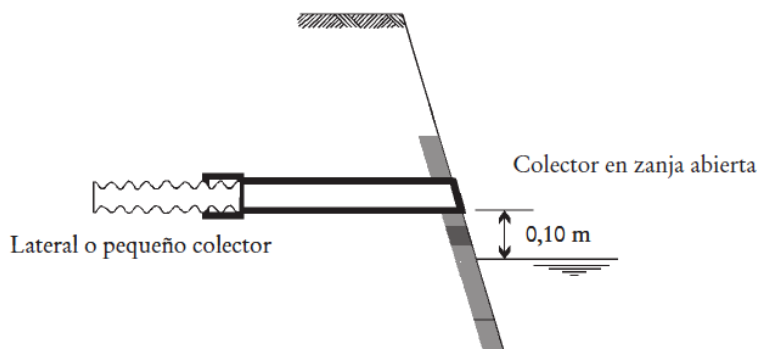


Figura 1.16 Salida por gravedad con canaletas (Fuente FAO)

Cuando el dren colector es más grande se justifica el uso pequeños muros de mampostería y hormigón fundidos en obra, o de elementos prefabricados que den mayor estabilidad a los taludes. En estos colectores también se recomienda poner una rejilla para impedir la entrada de animales pequeños. Por lo general, las salidas deben situarse a 0,10 – 0.15m por encima del nivel de agua a flujo normal de la zanja.

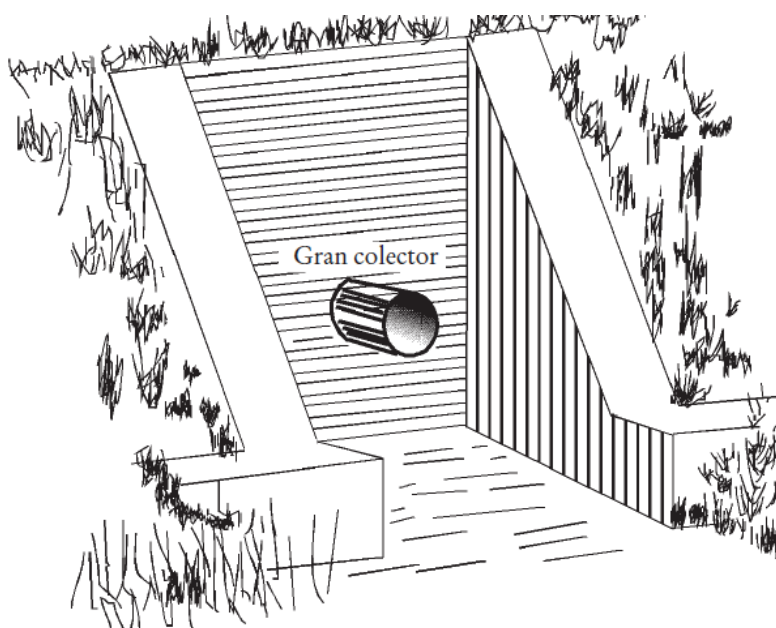


Figura 1.17: Colector grande reforzado con paredes de mampostería

1.9.5.2 Salidas por bombeo

Se utilizan bombas para el desagüe de un sistema de drenaje a una zanja, siempre que la profundidad de la salida sea insuficiente y no se la pueda realizar por gravedad. Este problema se presenta en zonas áridas y semiáridas, ya que sus sistemas son diseñados con grandes profundidades para controlar la salinidad del suelo. También puede suceder si los requieren los niveles de agua exterior en las salidas del sistema. “Los drenes colectores desaguan en una cubeta de almacenamiento de agua con solera de hormigón, donde una bomba controlada mediante un flotador vacía periódicamente la cubeta” (Luthin, 1978).

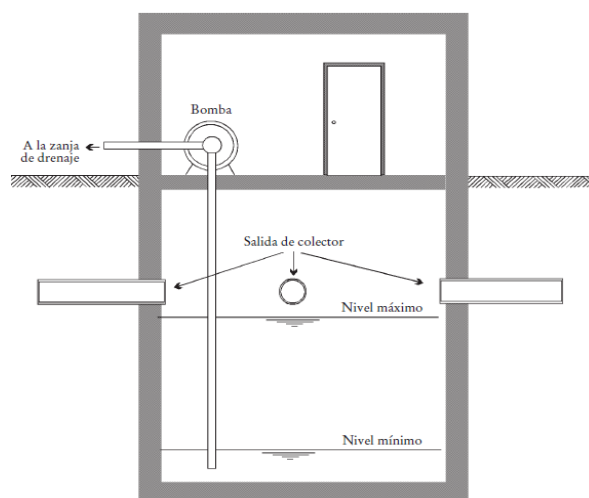


Figura 1.18: Cubeta de almacenamiento con bomba (Fuente FAO)

Debido a los costos de instalación, mantenimiento y consumo de energía, estas salidas son considerablemente más costosas que aquellas por gravedad. Para funcionar deber estar equipadas por un motor eléctrico o a diesel, bombas y tuberías para poder elevar el agua hasta una salida superficial, donde pueda desaguar por gravedad. Los materiales con los que se construirán las cubetas dependerán de las magnitudes que ésta tenga.

1.9.6 Estructuras Especiales

1.9.6.1 Reductores de Pendiente

Los reductores de pendiente se utilizan para disminuir la pendiente de la tubería para reducir la velocidad excesiva del agua, y por lo tanto la erosión que esta puede provocar. Se puede hacer con tubos de plástico o de hormigón prefabricados o construirse in situ de

mampostería o de hormigón. De hecho, son cajas que tienen el tubo de entrada cerca de la parte superior y el de salida cerca de la solera.

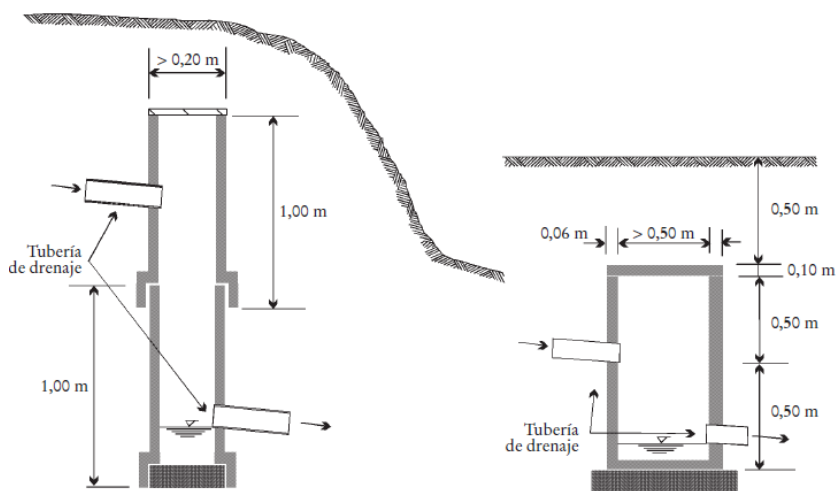


Figura 1.19: Reductor de pendiente (Fuente FAO)

1.9.6.2 Dispositivos de Limpieza

Aunque la regla general de una tubería bien diseñada e instalada es que no necesita una limpieza periódica, hay circunstancias en las que los drenes la requieren, por ejemplo cuando se tiene presencia excesiva de hierro. La limpieza de algunos sistemas de laterales es complicada ya que solo es posible cuando se desmantelan algunas de sus conexiones. Sin embargo, existen también uniones especiales que facilitan la limpieza por medio de inyección de agua sin necesidad de desmantelar.

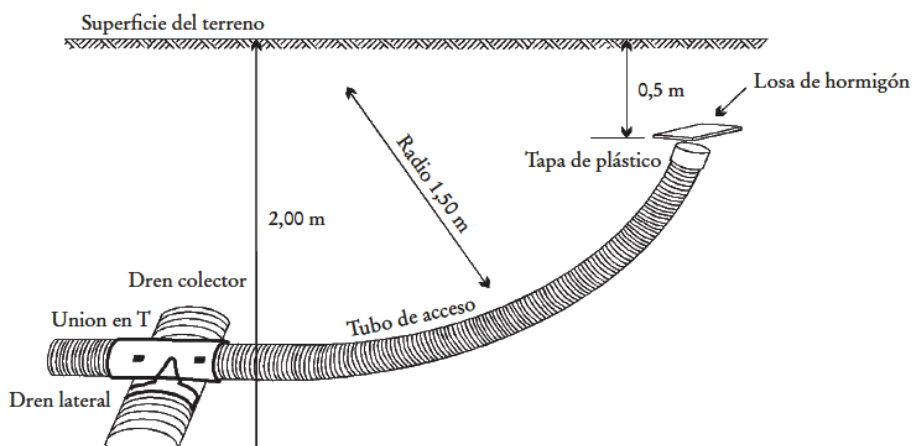


Figura 1.20: Facilitador de limpieza (Fuente FAO)

“Una tapa de hormigón con barras de hierro situada encima del tubo de acceso permite su fácil localización desde la superficie del terreno con un detector de metales” (Cavelaars *et al.*, 1994).

1.10 Estructuras para drenaje y riego controlado

Existen algunas razones para las cuales se debe reducir el drenaje temporalmente. Puede ser por consideraciones ambientales, riego suplementario y regímenes especiales de manejo de agua para determinados cultivos. Estos dispositivos pueden ser colocados tanto en drenes controlados como en zanjas abiertas. Los tubos no deben estar perforados y deben tener una longitud de 5m. Para impedir filtraciones deben dirigir los drenes hacia dentro de la estructura de control y hacia fuera de ella. Los dispositivos que normalmente son utilizados son sencillos como codos o tapones con un elevador o un tapón con una derivación.

En el caso de zanjas abiertas por lo general se utilizan vertederos de pared bastante sofisticados. También mediante sensores que controlan el nivel de agua, ya sean de flotador o eléctricos, y que son colocados en una cubeta situada a mitad de la distancia entre drenes (Madramootoo *et al.*, FAO/ICID, 1997; Schwab y Fouss, 1999). No obstante, se han fabricado dispositivos de control utilizando materiales locales, como hormigón y mampostería, con diseños simples que dan buenos resultados.

Algunas veces se colocan tuberías sin pendiente, que sirven para drenaje y riego, aunque no es necesario siempre y cuando el gradiente sea lo suficientemente pequeño. Además para mantener el nivel de agua de las salidas se necesitan controles automáticos. Estas salidas en algunos casos también sirven como entrada de sistemas de riego subterráneo. En zonas áridas no se deben instalar porque la salinidad del suelo es un problema potencial.

1.11 Factores que Afectan el Drenaje

Las necesidades de drenaje agrícola varían en cada sitio de acuerdo a las diferencias de clima, geología, topografía, suelos, cosechas y métodos agrícolas. Generalmente terrenos

con vegetación no deseable, la humedad superficial, falta de vegetación o crecimiento irregular de las plantas, variación de color de suelo y depósitos de sal son evidencia de terrenos con un drenaje inadecuado. Los problemas también se pueden dar debido a la topografía, la geología o las obstrucciones creadas por el hombre, ya que éstos impiden o dan lugar al paso de agua, de manera que se produce dificultades en la circulación del agua. Los factores determinados por el lugar se pueden clasificar en varias categorías, como se ve a continuación.

- ✓ Falta de una vía de salida o depresión natural de drenaje. Estos sitios son frecuentes en las zonas planas costeras o zonas cubiertas por glaciares donde el sistema de drenaje natural está en proceso de desarrollo.
- ✓ Falta de una inclinación del suelo. Si la inclinación no es suficiente el agua no puede fluir hacia una salida. Estos sitios se ven normalmente en las superficies irregulares y erosionadas. Por ejemplo, por encima de las barreras naturales impuestas por las planicies de inundación de los valles y por encima de las presas.
- ✓ Capas de suelo de baja permeabilidad. Debido a que muchos suelos tienen un subsuelo compacto, formaciones de roca o raíces de plantas, se limitan el movimiento del agua hacia abajo.
- ✓ Obstrucciones creadas por el hombre, por ejemplo carreteras, presas, diques, puentes y alcantarillas debajo de las carreteras con capacidad insuficiente que obstruyen y hasta limitan la circulación del agua.
- ✓ Barreras superficiales naturales. Éstas originan concentraciones locales de agua en cantidades suficientes para agravar el problema de drenaje.
- ✓ Problemas con el drenaje subsuperficial en las zonas de riego originados. Normalmente son ocasionados pérdidas por percolación profunda desde la superficie y por infiltración desde el sistema de canales y zanjas que abastece los terrenos de riego. Las pérdidas por percolación profunda caen dentro de los límites generales (de un 20 a un 40 por ciento del agua aplicada). Por otro lado, las pérdidas por infiltración fluctúan ampliamente (entre cero y 50 por ciento del agua aplicada).

La mayoría de los suelos en las regiones áridas contienen series de sales en

concentraciones que fluctúan entre ligeras y altas. Con el aumento del nivel freático originado por la percolación profunda las sales tienden a concentrarse en la zona de las raíces. Por lo tanto, una gran parte del trabajo de drenaje subsuperficial que se realiza en las regiones áridas es, en realidad, para controlar la salinidad.

El peligro de sobredrenaje no existe con la mayoría de los suelos que tienen un drenaje interno deficiente ya que al reducir la separación entre los drenajes en suelos de constitución física deficiente, se contribuye al establecimiento y crecimiento de la vegetación necesaria para acondicionar el suelo. La eliminación del agua libre en el suelo elimina la humedad que rebasa el nivel mantenido por acción capilar, mas no agua capilar que utilizan las plantas para su crecimiento. La profundidad de los drenajes regula la altura del nivel freático. En los suelos salinos, salino-alcalinos y alcalinos, es probable que si el nivel freático es muy bajo, la humedad no pueda desplazarse a la zona de las raíces.

La posibilidad de sobredrenaje se presenta en algunos suelos extremadamente arenosos, en suelos turbosos y muy ricos en materia orgánica. Para el diseño de drenes en este tipo de suelos se debe tomar en cuenta que estos suelos tienen una profundidad particular de nivel freático, que de hecho es el mejor para el crecimiento de las plantas

1.12 Factores Económicos

Sin duda, el drenaje de algunos suelos puede ser satisfactorio, pero los costos de instalación son tan altos que los beneficios que se pueden obtener no justifican el gasto. En la mayoría de los casos, los drenajes de alivio con una separación inferior a 15 metros no son económicamente justificables a menos que se empleen para cultivos muy rendidores y valiosos. Algunos suelos se pueden drenar satisfactoriamente, pero su productividad es demasiado baja para que justifique el gasto. Otro problema es que tal vez no haya salidas adecuadas disponibles. En algunos casos, la capacidad financiera del agricultor no permite endeudarse, aun cuando obtener beneficios del aumento en el rendimiento de la cosecha a un plazo de 5 a 10 años.

CAPITULO 2

2.1.- Descripción general del área de Proyecto

2.1.1 Ubicación geográfica

La parroquia San Antonio de Aláquez está ubicada al Nororiente del Cantón Latacunga en la provincia de Cotopaxi. Se encuentra a una altura de 2960 metros sobre el nivel del mar, y a 9.1 kilómetros de la cabecera provincial.

2.1.2. Área de Influencia

El presente proyecto abarcará la zona central de la Parroquia Aláquez, con un área de influencia alrededor de 1494 Ha. Sus límites son:

Norte: El Río Aláquez.

Sur: Las Quebradas de Alopungu y Chachapugru.

Este: La Quebrada Chillo Chancutón.

Oeste: La Carretera Panamericana

2.1.3 Distribución de la población

La Parroquia de Aláquez cuenta con 27 barrios, cuya población total actual es de 5480 habitantes. Los barrios donde se realizar el proyecto son: Barrio Centro, Chaguana y El Calvario.

2.2 Infraestructura y Servicios de la Parroquia

2.2.1 Vial y transporte

La parroquia está unida a la ciudad de Latacunga por medio de una vía de acceso de segundo orden asfaltado. La mayoría de sus vías secundarias son de tierra y algunas están adoquinadas.

Existe transporte público de la Cooperativa “Aláquez” quienes operan a diario desde la parroquia hacia la ciudad de Latacunga, a partir de las 6 de la mañana hasta las 8 de la noche, con un servicio promedio.

2.2.2 Energía eléctrica y telefonía

El sector dispone de servicio telefónico provisto por teléfonos fijos de la compañía ANDINATEL. También tiene cobertura total por parte de las empresas de telefonía móvil. El suministro de energía eléctrica lo brinda la Empresa Eléctrica de Cotopaxi.

2.2.3 Educación

La parroquia cuenta con trece escuelas y dos colegios, con una población estudiantil de 1567 al inicio del año 2012. Se detalla a continuación:

Tabla 2.1 Población Estudiantil Parroquia Aláquez

No	Institución	Ubicación	Población Estudiantil
1	Escuela Abdón Calderón	Aláquez Centro	327
2	Escuela Fiscal Mixta “Renato Descartes”	Laigua de Vargas	21
3	Unidad Educativa Particular “Stephen Hawking”	Laigua de Vargas	18
4	Escuela Fiscal Mixta “Dr. Nicolás Augusto Maldonado”	Laigua de Maldonado	130
5	Escuela Fiscal Mixta “Portoviejo”	Cuchitingue	35
6	Escuela Fiscal Mixta “General Carlomagno Andrade”	Elena	64
7	Escuela Fiscal Mixta “José Joaquín Noroña”	El Banco San Isidro	54
8	Escuela Fiscal Mixta “Remigio Romero y Cordero”	Langualó Chico	45
9	Escuela Fiscal Mixta “Rafael María Vásquez”	Pillig	36
10	Escuela Fiscal Mixta “Carlos María Villacís”	San Antonio	20
11	Escuela Fiscal Mixta “Manuel J. Calle”	Tandaliví	74
12	Escuela Fiscal Mixta “Gral. Víctor Proaño”	San Marcos	38
13	Escuela Fiscal Mixta “Alejandro Emilio Sandoval”	Verdecocha	15
14	Colegio Nacional Aláquez	Aláquez Centro	101
15	Instituto Tecnológico Agropecuario “Simón Rodríguez”	Laigua de Vargas	589

Fuente: Plan de Desarrollo Parroquial Aláquez 2010

2.2.4 Salud

La parroquia Aláquez dispone de un Sub-centro de Salud en Barrio Centro. No obstante, los barrios periféricos reciben una visita anual de la brigada médica del Patronato Municipal de Latacunga.

En la ciudad de Latacunga existen varios puntos de salud. Los pobladores generalmente acuden a estos debido a la cercanía a la que se encuentran.

2.2.5 Agua Potable

La parroquia Aláquez se abastece de agua mediante el “Sistema Regional Oriental” construido por el ex IEOS en el año 1986, que beneficia a aproximadamente 3000 usuarios. La captación se hace de la quebrada Sachimala y Cóndor Sacha en los páramos de Mulaló.

Existe un sistema paralelo que beneficia a 250 usuarios. Se llama el “Sistema Fase” el cual capta el agua de los páramos de Ashingua, situados en la quebrada Mulasato en las faldas del Cotopaxi.

Un tercer sistema es el “Regional de Agua Potable Colatoa - San Marcos” que beneficia a 6 barrios de la parroquia que son San Isidro Alto, San Isidro, San Marcos Oriente y Occidente, San Antonio, El Tejar y Chillós. Además de estos, también abastece a la comunidad San José con 312 usuarios y Colatoa con 200 usuarios de la Parroquia de Juan Montalvo. Esta agua se capta del canal Quilindaña, que nace en la laguna Quilingaña y se alimenta en su curso de los remanentes de las quebradas y manantiales cercanos que ingresan al canal. Esta agua se usa no solo para el consumo humano y sino también para regadíos.

2.2.6 Alcantarillado

Actualmente existe una red de alcantarillado sanitario compuesta por tubería de cemento para el Barrio Centro y Vargas Suárez; no obstante, esta fue construida hace más de 25 años por lo que ya ha cumplido con el periodo de vida útil para el que fue diseñado. La tubería se encuentra rota en varios tramos debido q las conexiones ilícitas y a que se

incorporó el caudal de aguas lluvias al sistema existente.

El poco mantenimiento del sistema de alcantarillado ha generado problemas de saneamiento al sector, ya que las aguas de desecho desbordan la tubería. Adicionalmente, la contaminación del río Aláquez, ya que las aguas servidas van directamente al río sin ninguna forma de tratamiento. Lo más crítico es que en algunos sectores cercanos se realizan descargas puntuales, lo cual además de afectar la calidad de sus aguas, perjudica a los cultivos aguas abajo, que son regados con estas.

Los barrios que no poseen sistema de alcantarillado, realizan la evacuación de las aguas servidas mediante letrinas.

2.2.7 Desechos Sólidos

Se cuenta con servicio de recolección de basura una vez por semana, el día martes, que lo realiza el municipio con sus recolectores. La disposición final de los desechos se la realiza en un botadero a cielo abierto, el mismo que sirve a la ciudad de Latacunga. Sin embargo, un alto porcentaje de la población dispone de los residuos en los bordes de las quebradas, por lo que las han convertido en basurales y escombreras no controladas.

2.3 Factores a Considerar En El Proyecto De Drenaje Agrícola

2.3.1 Temperatura

Latacunga tiene un tipo climático tipificado como DdB´2 por el INHAMI. Es decir un clima seco, sin exceso de agua, mesotérmico templado frío. Su temperatura media anual registra un valor de 14.8°C.

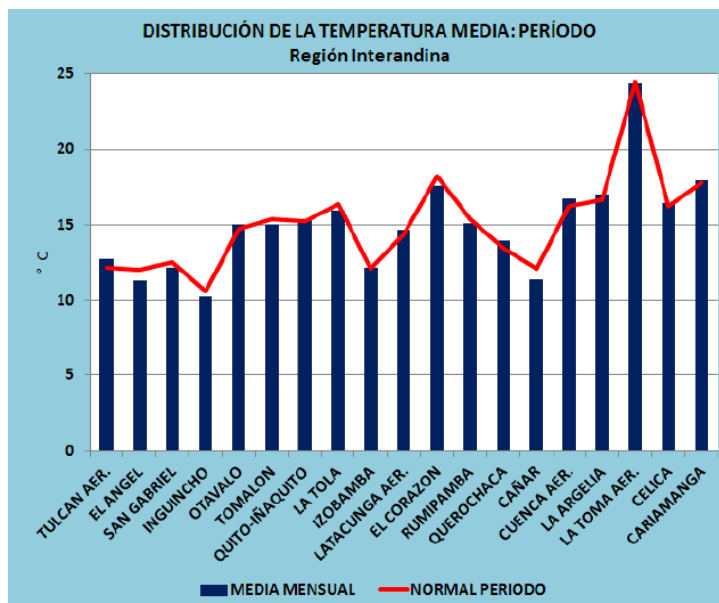


Figura 2.1 Distribución de la Temperatura Media Región Interandina (Fuente: INAMHI)

Las temperaturas máximas y mínimas mensuales del período lluvioso se registraron ambas en el mes de noviembre del 2011, siendo estas 27.2°C y 11.1°C respectivamente.

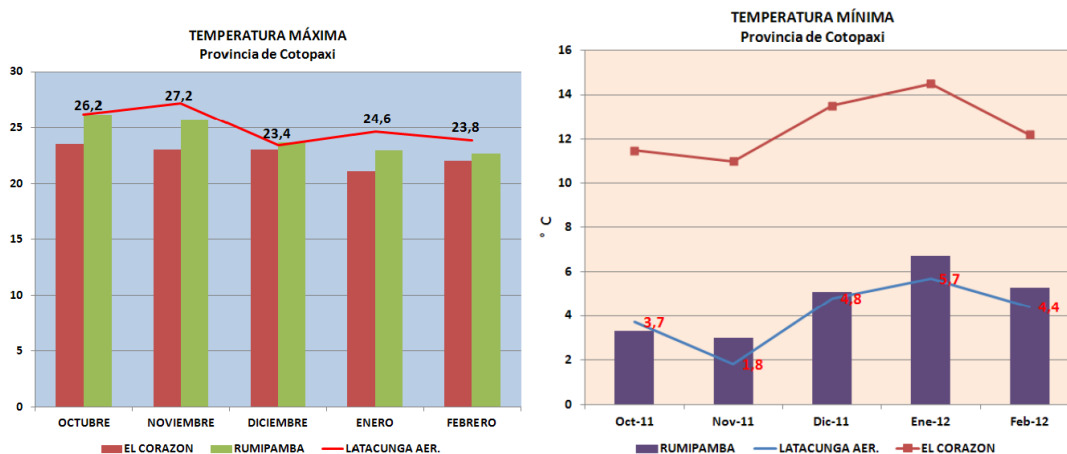


Figura 2.2 Temperatura máxima y mínima de la provincia (Fuente: INAMHI)

Es importante mencionar que la temperatura media se ha mantenido dentro de los valores normales pero los máximos y los mínimos de la región interandina se registraron en el sector de la Latacunga y El Corazón.

2.3.2 Precipitación

Durante los últimos treinta años los valores de precipitación han obtenido valores parecidos con una ligera tendencia a incrementar con el tiempo.

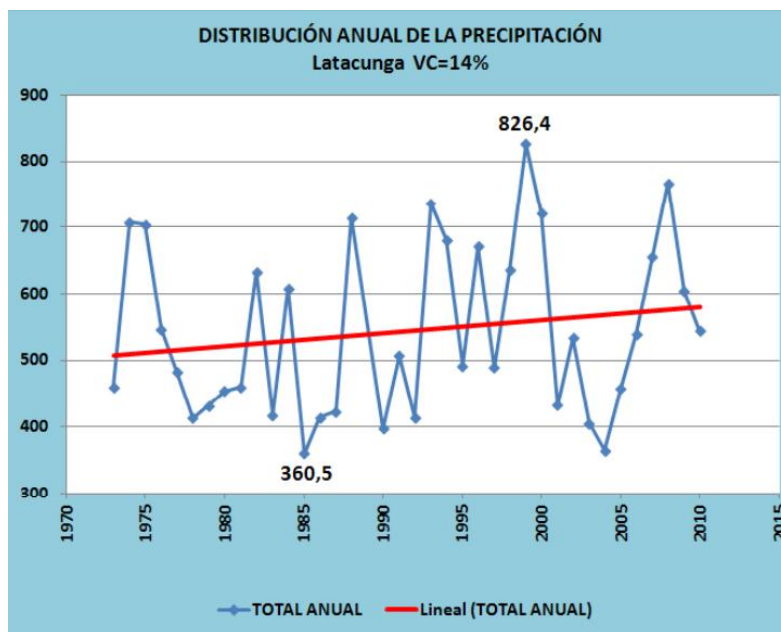


Figura 2.3 Distribución anual de la Precipitación en Latacunga (Fuente INAMHI)

No obstante, estos valores de lluvia mensual se han mantenido dentro del rango normal, tanto en el período lluvioso como en el período seco.

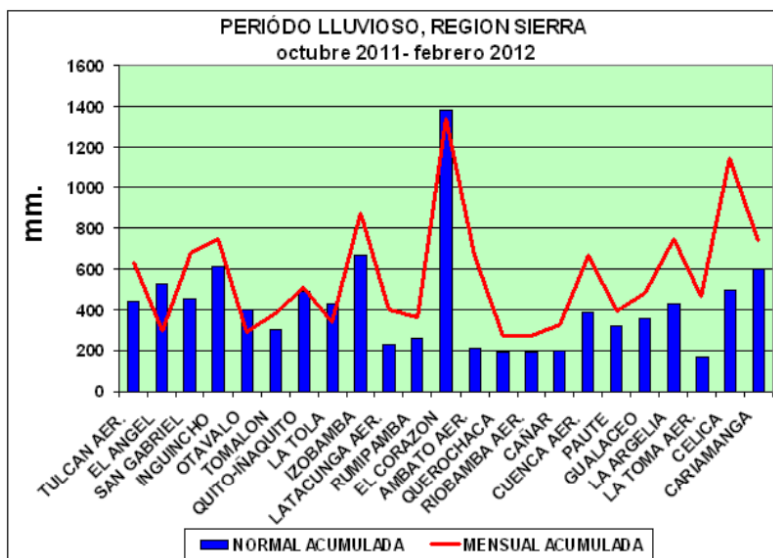


Figura 2.4 Período lluvioso de la Región Sierra (Fuente INAMHI)

Los valores anuales del 2011 indican que durante el mes de abril se presentaron la mayor cantidad de precipitaciones alcanzando los 77.8mm, mientras que el mes más seco fue agosto con apenas 14.1mm. El número de días de lluvia mensual en promedio es de 18 días/mes.

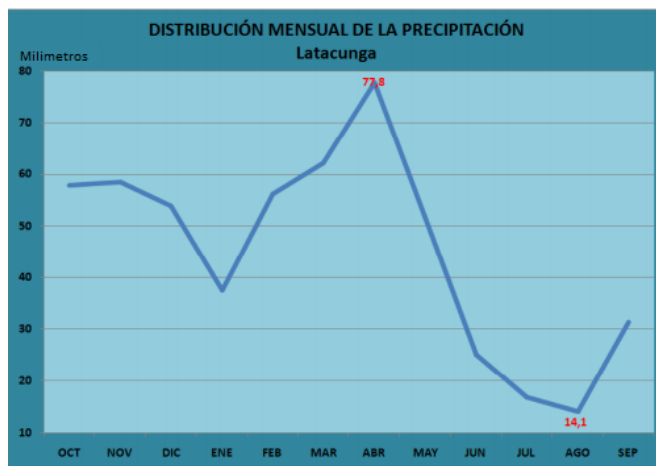


Figura 2.5 Distribución mensual de la precipitación en Latacunga (Fuente: INAMHI)

Se tienen datos de la máxima precipitación en 24 horas que a pesar de no ser tan alto (28mm), es uno de los factores más preocupantes ya que se trata de grandes cantidades de agua en un período corto de tiempo, que podría causar empozado en los sembríos en el caso de no tener un adecuado sistema de drenaje.

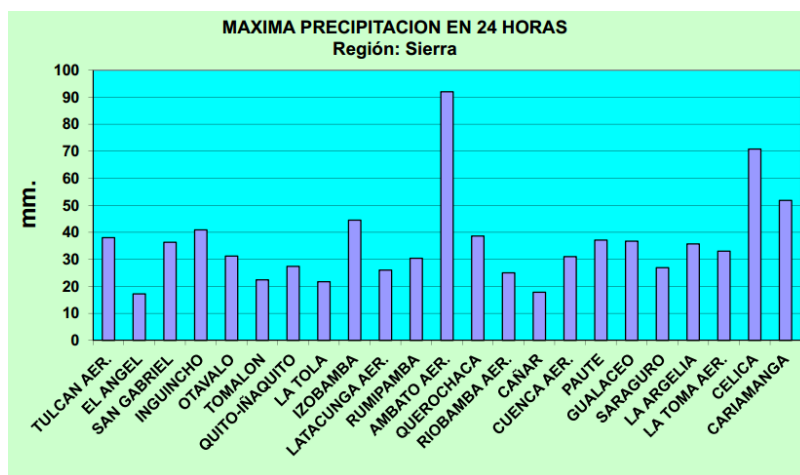


Figura 2.6 Máxima precipitación en 24 horas (Fuente INAMHI)

En relación al resto del país, es positivo saber que esta zona no se encuentra en un área problemática en relación al balance hídrico por lo que no se deben diseñar drenes extremos o de emergencia para solucionar problemas de inundaciones o sequías. No obstante, se debe tener en cuenta que en el mes de diciembre Latacunga presentó el tercer valor más alto registrado en los últimos 14 años.

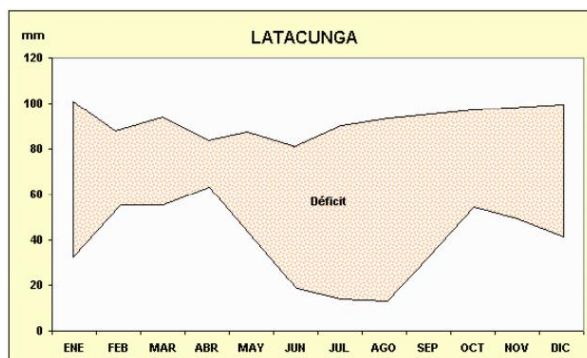


Figura 2.7 Balance Hídrico del Cantón Latacunga (Fuente INAMHI)

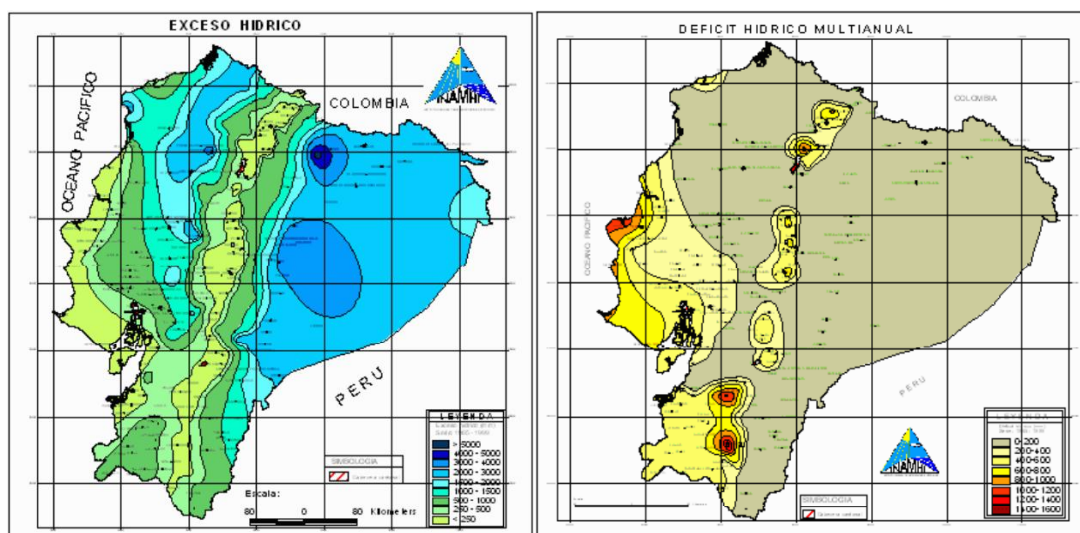


Figura 2.8: Exceso y déficit hídrico multianual del país.

2.3.3 Escorrentía Superficial

La escorrentía superficial puede generarse por precipitación, fundición de nieve o glaciares. Cuando la escorrentía ocurre en la superficie antes de alcanzar un canal se le

llama fuente no puntual. La línea divisoria de aguas es el área de tierra que produce el drenaje de la escorrentía a un punto común.

Cuando los terrenos son cultivados el suelo queda desnudo. El agua lluvia se lleva toneladas de capa fértil a los canales de agua cada año, lo que causa la pérdida de suelo fértil y añade sedimentos que producen turbiedad en aguas superficiales. Además, los productos químicos agrícolas, como los nitratos, pesticidas, herbicidas etc., son transportados por la escorrentía superficial. Normalmente esto ocurre por el uso excesivo de sustancias químicas. La escorrentía contaminada representa un desperdicio de productos químicos agrícolas y una amenaza ambiental para los ecosistemas río abajo. La alternativa a la agricultura convencional es la agricultura ecológica, que elimina o reduce enormemente el uso de sustancias químicas.

2.3.4 Nubosidad

La nubosidad se representa como la fracción de la bóveda terrestre cubierta por la totalidad de nubes visibles, se divide a la bóveda celeste en octavos llamados “Octas”.

En la práctica la nubosidad se aprecia sin ningún aparato, simplemente se agrupan todas las nubes que se observan en un determinado momento y se divide imaginariamente el cielo en dos partes: la cubierta y la libre de nubes. Para la apreciación de la nubosidad hay que tener en cuenta que las nubes más alejadas del observador se ven juntas (a pesar de que pueden estar muy separadas), especialmente si las nubes son gruesas. Al observar la cantidad total de nubes hay que tener en cuenta que no se deben excluir ninguna de ellas.

La altura a la que se encuentra la base de una nube es un parámetro muy importante ya que afecta a su temperatura y, en parte, a su composición física. La determinación de la altura debe realizarse mediante aparatos meteorológicos, como globo, los métodos goniométricos o el método del proyector.

El movimiento de las nubes resulta muy interesante determinar la dirección del desplazamiento de las nubes ya que es un buen indicador de la dirección del viento en el nivel en el que se encuentran. En las nubes bajas la medida es relativamente sencilla ya que sus movimientos son más rápidos debido a su proximidad con el observador. En general,

para determinar el movimiento de las nubes, hay que fijarse en una particular y observar el movimiento en relación a un sistema fijo, como puede ser una montaña, un árbol o un edificio. Entonces, y sin moverse, deber tomarse dos medidas de posición y, a partir de las mismas, determinar la dirección, el sentido y la velocidad de movimiento de la nube. Para las nubes altas, que se mueven a una velocidad aparentemente más reducida, el tiempo entre las dos medidas debe ser entre cinco minutos o más.

La nubosidad se expresa en octavos de cielo cubierto. Se obtiene un valor diario medio en base a tres observaciones (siete, trece y diecinueve horas). La media mensual se calcula con un mínimo de veinte datos medios diarios.

2.3.5 Viento

El viento es el desplazamiento horizontal de las masas de aire, causado por las diferencias de presión atmosférica, atribuidas a la variación de temperatura sobre las diversas partes de la superficie terrestre. Es decir, las distintas temperaturas existentes en la tierra y en la atmósfera, por la desigual distribución del calentamiento solar y las diferentes propiedades térmicas de las superficies terrestres y oceánicas, producen corrientes de aire. Las masas de aire más caliente tienden a subir y en su lugar se ubican masas de aire más denso y frío.

Lo que caracteriza a los vientos son la intensidad y la dirección. La primera se mide según la escala de Beaufort, que va desde el cero que representa la calma absoluta, hasta el doce, un huracán. La intensidad es directamente proporcional a la diferencia de presión entre el lugar del viento y el de su llegada.

Las direcciones del movimiento del aire con respecto a la tierra se toman de donde viene o procede el viento y las velocidades se miden en metros por segundo.

Existen varios dispositivos para medir el viento, entre ellos están:

- ✓ Anemocinemógrafo.- Aparato registrador en un gráfico de la variación cronológica de la dirección, fuerza y recorrido del aire.
- ✓ La veleta de aspa de Wild.- Instrumento de observación directa del viento, en el cual el viento actúa sobre una placa liviana suspendida sobre el eje horizontal, cuya inclinación con la vertical está en función de la velocidad del viento y que por medio de una veleta posicional el aparato con referencia de

donde sopla el viento va marcando su dirección.

- ✓ Anemómetro totalizador.- Anemómetro de cazoletas o molinete, donde la rotación se transmite a un contador mecánico indicando directamente el movimiento del aire que pasa por el anemómetro. Es decir, mide el recorrido del aire del cual se calcula la velocidad media del aire en kilómetros por hora.

Todos estos aparatos se encuentran instalados a diez metros de altura.

El procesamiento de la información recolectada por medio de estos instrumentos consiste en obtener valores mensuales de la velocidad en metros por segundo en base a los registros medios diarios calculados con las tres observaciones diarias, en las ocho direcciones: N, NE, E, SE, S, SW, W y NW. De la misma manera se determina la frecuencia en porcentaje, con relación al total de observaciones de viento realizadas.

También se obtiene el porcentaje mensual de calmas registradas, la mayor velocidad del mes en su respectiva dirección, entre otros. No obstante, se debe tener en cuenta que el último valor no debe tomarse como valor de racha máxima.

Otro valor que se obtiene es la media mensual de velocidad del viento en veinticuatro horas. Esta se define como el valor medio del dato calculado diariamente, por diferencia de los registros del anemómetro totalizador de las siete horas del día en consideración, con el de las siete horas del día siguiente.

Tanto para los valores medio mensuales de la velocidad y frecuencia, como velocidad en veinticuatro horas y máxima, se precisan un mínimo de veinte datos medios diarios.

2.3.6 Heliofanía

La Heliofanía representa la duración del brillo solar y horas de sol. Está ligada al hecho de que el instrumento utilizado para su medición, el heliofanógrafo, registra el tiempo en que recibe radiación solar directa. La ocurrencia de nubosidad determina la radiación recibida por el instrumento. Si hablamos de radiación solar difusa entonces se interrumpe el registro. Por lo tanto, si bien hay energía incidente disponible, la concentración o densidad de la misma no es suficiente para ser registrada.

A pesar de lo expresado, la duración del brillo solar está muy relacionada con la radiación solar global incidente. Esto es importante dando que se logra caracterizar una localidad sobre la base de registros históricos de este tipo de instrumentos dado que son económicos, robustos y no requieren mucho mantenimiento.

En las gráficas se presentan valores de horas de sol diarios promedio mensual. Para cada mes del año los datos representan la media aritmética de los valores medios mensuales registrados desde 1965 hasta la fecha.

La heliofanía se expresa en horas y décimos de horas, en relación con las horas teóricas de permanencia del sol sobre el horizonte. En el caso del Ecuador son doce horas.

2.3.7 Evaporación

La evaporación es un proceso físico por el cual las moléculas de agua aumentan su nivel de agitación por aumento de temperatura, y si están próximas a la superficie libre, escapan a la atmosfera, al perder energía y estar próximas a la superficie libre pueden penetrar en la masa de agua.

Se denomina evaporación el saldo de este doble proceso que implica el movimiento de agua hacia la atmosfera. Se refiere a la emisión de vapor por medio de una superficie de agua líquida a una temperatura inferior al punto de ebullición.

La evaporación depende de la insolación, del viento, la temperatura y el grado de humedad de la atmósfera. Por todo esto la evaporación contemplada en un periodo corto de tiempo es muy variable, no así cuando el ciclo a considerarse es un año, en el cual la insolación total es bastante constante. Como magnitud en zonas templadas continentales, la evaporación diaria en verano es del orden de seis a ocho milímetros por días, y en invierno es casi despreciable.

La evaporación potencial es la máxima cantidad de vapor que podría ser emitida a la atmosfera por una superficie de agua líquida pura, a las condiciones dadas, siempre que se cuente con una cantidad suficiente de agua, sea disponiendo en todo momento del agua necesaria para evaporar.

Existe un numeroso grupo de aparatos para medir la evaporación. El usado por el INAHMI es el tanque de evaporación que mide la evaporación potencial.

El tanque de evaporación, evaporímetro, está compuesto por un tanque o un depósito de mediana profundidad, con una superficie relativamente grande, para medir el descenso, debido a la evaporación, en el nivel de agua que contiene. La evaporación se mide en milímetros de evaporación equivalentes a la pérdida de un litro de agua en una superficie que contiene un metro cuadrado de agua libre.

Se encuentra instalado a diez centímetros sobre la superficie de la tierra en una tarima de madera.

2.3.8 Humedad

La humedad atmosférica es la cantidad de vapor de agua que existe en el aire.

Depende de la temperatura, de forma que resulta mucho más elevada en las masas de aire caliente que en las de aire frío. Se mide mediante un aparato denominado higrómetro, y se expresa mediante los conceptos de humedad absoluta, específica o relativa del aire.

La humedad absoluta es la masa total de agua existente en el aire por unidad de volumen y se expresa en gramos por metro cúbico de aire. La humedad atmosférica terrestre grandes fluctuaciones temporales y espaciales.

La humedad específica mide la masa de agua que se encuentra en estado gaseoso en un kilogramo de aire húmedo, y se expresa en gramos por kilogramos de aire.

La humedad relativa del aire es la relación porcentual entre la cantidad de vapor de agua real que existe en la atmósfera y la máxima que podría contener a idéntica temperatura.

La fuente principal de la humedad del aire es la superficie de los océanos, de donde se evapora el agua de forma constante. Pero también contribuyen a su formación los lagos, glaciares, ríos, superficiales nevadas, la evo transpiración del suelo, las plantas y los animales.

La humedad absoluta y la específica aumentan paralelamente a la temperatura, mientras la

variación de la humedad relativa es inversamente proporcional a la temperatura, al menos en las capas bajas de la atmosfera, donde su valor mínimo corresponde a las horas de mayor calor, y el máximo a las madrugadas.

Para medir la humedad relativa del aire se utilizan el higrómetro y los psicómetros.

- ✓ Un higrómetro es un instrumento destinado a registrar de manera gráfica las variaciones cronológicas de la humedad relativa del aire durante el tiempo determinado. En nuestro país el INAHMI utiliza un registro gráfico en fajas de duración semanal. Se utiliza este aparato ante la incapacidad del ser humano de estar observando de manera continua la variación de humedad relativa durante el tiempo. El sensor es un haz de cabellos que tiene la propiedad de reaccionar de acuerdo a la variación de la humedad relativa (grado de saturación de la humedad atmosférica)

- ✓ El psicómetro es el instrumento empleado para medir la humedad de la atmósfera, punto de rocío y tensión de vapor. Está formado por dos termómetros idénticos, cuyos depósitos se mantienen, el uno seco y el otro húmedo cubierto por una película fina de agua pura. Con los valores de la temperatura del bulbo seco y húmedo se hacen los cálculos de la tensión de vapor mediante la llamada fórmula psicométrica.

Los valores de humedad son calculados en base de los datos de los termómetros seco y húmedo, mediante las ecuaciones psicométricas. Igualmente los resúmenes mensuales se obtienen con un mínimo de veinte días registrados.

Al igual que la humedad relativa, para la tensión del vapor y el punto de rocío, se calcula el valor medio diario en base a tres observaciones del psicómetro (termómetro seco y húmedo) y luego se obtiene el valor en base a estos.

Los valores extremos de humedad relativa, corresponden a la búsqueda de los datos de humedad calculados para cada una de las observaciones del psicómetro; de la misma manera, los correspondientes valores a punto de rocío y tensión del vapor.

**BALANCE HÍDRICO AGROCLIMÁTICO PREVISTO PARA
EL PERIODO DEL 21 AL 29 DE FEBRERO DE 2012**

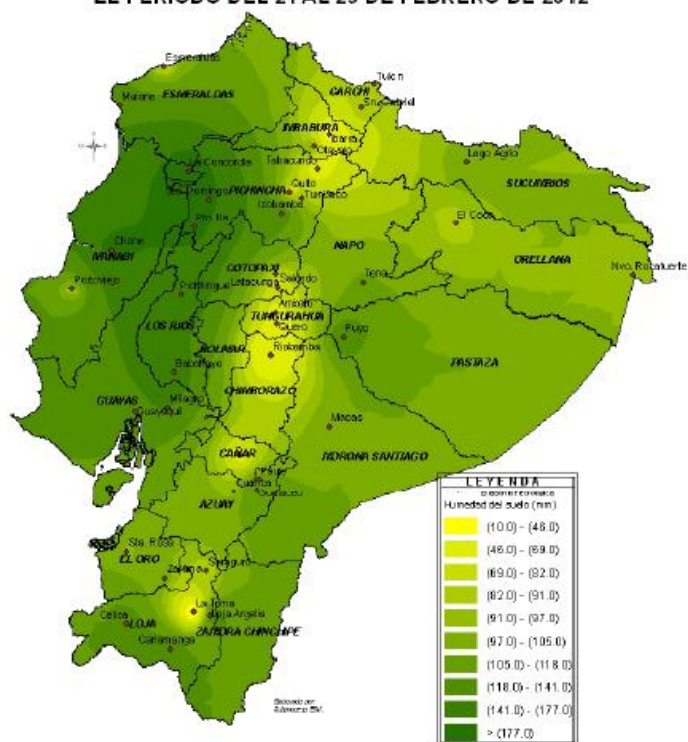


Figura 2.9: Balance hídrico del Ecuador para Febrero (Fuente: INAMHI)

2.4 Aspectos Socioeconómicos

Cotopaxi es una provincia serrana donde tienen importancia el minifundio y las grandes explotaciones.

La ganadería lechera se desarrolla especialmente en las haciendas situadas al norte de la provincia, entre las principales están San Agustín, La Avelina, San Sebastián, Pilacoto, San Mateo y San Pedro. La ganadería de Cotopaxi es una de las más importantes del país, debido a la calidad de sus pastos. En los páramos sur-orientales y Salcedo, el cultivo más importante es el de papas. Otros de los principales productos son la yuca, cebolla, aguacate, cebada, naranja, maíz, haba, fréjol y caña para otros usos.

En el campo de la artesanía las ramas más representativas son la zapatería, costura, carpintería, hojalatería, talabartería, cerámica, tejeduría. Por lo general el trabajo artesanal

se realiza generalmente en familia, apoyando esta actividad con actividades complementarias como trabajo agrícola en alguna pequeña parcela.

Las ramas industriales más importante que se han instalado en la provincia a lo largo de los años son de alimentos y bebidas, tabaco, manufacturas metálicas, maquinaria y equipo, industrias del mueble y de la madera. La mayoría de ellas están ubicadas al norte, junto a la carretera Panamericana por su conveniencia de transporte. En procesamiento de leche, La Avelina e Indulac son las que más destacan.

En el caso de la parroquia de Aláquez, sus condiciones climáticas y de regadíos la hacen ideal para la agricultura. El 80% de la población se dedica a la agricultura y la ganadería, mientras que el 20% trabaja en diferentes actividades. Entre las principales los servicios públicos, servicios privados como son las florícolas ubicadas en la zona, comercio, construcción y microempresas. Las principales microempresas son las de calzado y la construcción de cajones para camionetas, según el Plan de Desarrollo Parroquial Aláquez, hecho en Agosto 2006. El PIB per cápita de la parroquia para el año 2011 es 4.514 USD.

Como en la mayoría de las provincias del Ecuador, en Cotopaxi también se encuentran marcadas diferencias entre los sectores urbano y rural que se pueden observar claramente en la vivienda, educación, salud y empleo. Estas diferencias se agravan debido al incontrolable crecimiento de la población. Desde 1962 se conoce que hay un gran número de personas que abandonan la provincia con la finalidad de mejorar su estilo de vida.

2.4.1 Producción en Latacunga

La provincia, en especial el cantón Latacunga, obtiene uno de sus ingresos más representativos los obtienen de la producción de florícolas que se encuentran en el sector. Dadas las condiciones climáticas se tienen dos tipos de flores, las permanentes que se producen todo el año y las estacionarias que solo se dan en determinado período del año.

Tabla 2.2: Flores Permanentes en Latacunga (detalle anual)

Flor	Superficie Plantada Has	Superficie Cosechada Has	Número total de plantas	Número total de tallos
Aster	3	2	171.000	513.000
Claveles Y Miniclaveles	4	4	362.267	2.288.444
Delfinium	7	6	576.090	805.257
Otras Flores Permanentes	0	0	8.444	8.444
Rosas	419	402	26.611.273	247.828.877
Statice	6	6	262.036	1.689.511
Total General	439	419	27.991.110	253.133.534

Fuente: III Censo Nacional Agropecuario

Tabla 2.3: Flores Transitorias en Latacunga (detalle anual)

Flor	Superficie Plantada Has	Superficie Cosechada Has	Número total de plantas	Número total de tallos
Cartucho	2	2	171.111	684.444
Crisantemos	1	1	5.277	5.277
Girasoles	1	1	611.111	537.777
Lackpur	10	10	1.205.333	1.226.233
Limonium	0	0	13.823	174.574
Molucela	6	6	802.222	823.249
Otras Flores Transitorias	13	13	6.883.045	10.255.482
Snapdragon	0,5	0,5	73.333	73.333
Total general	34	34	9.765.255	13.780.369

Fuente: III Censo Nacional Agropecuario

Debido al que el cantón Latacunga abarca zonas a diferentes alturas, las condiciones climáticas fluctúan lo que permite que se tenga diversidad de productos agrícolas. Además, a lo largo del cantón se ven sembríos solos y asociados. Cada uno, debido a su tamaño y condiciones se lo considera por separado para obtener el total de la producción anual. Se tienen estos datos agrícolas a partir del último censo. Se los divide en productos permanentes y transitorios.

Tabla 2.4: Productos Permanentes (detalle anual)

Cultivo	Condición del Cultivo	Superficie Plantada Has	Superficie Productiva Has	Superficie Cosechada Has	Producción Tm	Ventas Tm	Rendimiento
Claudia	Asociado	35	35	32	5	4	0,13
Manzana	Asociado	34	33	29	9	7	0,25
Durazno	Asociado	32	28	27	7	5	0,23
Pera	Asociado	28	28	25	10	7	0,34
Durazno	Sólo	25	24	8	6	5	0,23
Tuna	Sólo	21	10	8	16	15	0,74
Pera	Sólo	20	20	17	1	1	0,07
Manzana	Sólo	15	14	12	8	7	0,54
Limón	Asociado	15	15	15	2	2	0,13
Tomate de árbol	Sólo	13	9	9	7	6	0,50
Claudia	Sólo	7	6	6	4	3	0,50
Babaco	Sólo	5	4	4	106	99	23,34
Tomate de árbol	Asociado	4	1	1	0,2	0,2	0,06
Mora	Sólo	4	0,1	0,1	1	1	0,21
Limón	Sólo	3	2	2	1	1	0,52
Frutilla o fresas	Sólo	2	2	2	4	4	2,18
Aguacate	Asociado	1	1	1	0,1	0,05	0,08
Membrillo	Asociado	1	1	1	0,01	0,01	0,02
Frutilla o fresas	Asociado	0,04	0,04	0,04	1	1	27,22
Total general		264	232	198	187	170	

Fuente: III Censo Nacional Agropecuario

Tabla 2.5: Productos Transitorios (detalle anual)

Cultivo	Condición del cultivo	Superficie Sembrada Has	Superficie Cosechada Has	Cantidad Cosechada TM	Cantidad Vendida TM
Brócoli	Sólo	1.280	1.245	29.711	13.500
Papa	Sólo	2.618	2.161	11.686	10.387
Zanahoria amarilla	Sólo	505	415	3.964	3.798
Tomate riñón	Sólo	35	34	1.441	1.426
Maíz suave seco	Sólo	3.583	2.805	1.170	742
Maíz suave choclo	Sólo	1.433	1.032	1.111	865
Maíz suave seco	Asociado	2.431	1.944	654	360
Cebada	Sólo	1.487	1.221	649	573
Haba tierna	Sólo	295	229	446	406
Cebolla blanca	Sólo	186	183	350	328
Maíz suave choclo	Asociado	485	443	335	191

Fuente: III Censo Nacional Agropecuario

Cabe recalcar que además Latacunga es un eje importante en la ruta de intercambio de productos entre la Costa y la Sierra. Y presenta un alto dinamismo en términos de movilidad de población.

2.4.2 Riesgos en la zona

En el cantón Latacunga se presenta tanto un riesgo geológico como una gran amenaza en cuanto a la producción por una inminente explosión del Volcán activo Cotopaxi.

2.4.2.1 Riesgos Geológicos

Las amenazas geológicas en esta región son los sismos y deslizamientos asociados, los deslizamientos relacionados con periodos de lluvia y con acciones humanas, la erosión de terrenos por acción humana, eólica y aguas superficiales, las crecidas de los ríos y flujos de lodo que descienden desde el volcán.

2.4.2.2 Amenazas en la producción por la Explosión del Volcán.

En la provincia de Cotopaxi el uso actual del suelo está directamente determinado por la dinámica productiva nacional y supeditada a los mercados internacionales.

Cotopaxi represente el 16% de las hectáreas cultivadas de flores a nivel nacional, es decir, alrededor de 500 hectáreas. En caso de una erupción del volcán, esto se vería afectado debido a que la mayoría de plantaciones serían arrasadas por flujos de lodo provenientes del volcán. Además la caída de cenizas que ocasionaría el colapso de los invernaderos en la totalidad de plantaciones. Suponiendo que el precio se mantuviera a 25 centavos de dólar en ese entonces, se estima que a diario las pérdidas ascenderían a valores alrededor de 32.000 dólares diarios, mientras perduren los efectos de la erupción. Varias de las estructuras sufrirían un daño irreversible y alrededor de 800 personas que laboran directamente en la producción de flores quedarían desempleadas.

Las consecuencias de la erupción serían catastróficas en el caso de las haciendas y fincas. Estas ocupan una extensión de aproximadamente 1012 hectáreas y poseen más de 2000 unidades bobinas, la mayoría de la raza Holstein, las que producen diariamente 11000 litros de leche. Los flujos de lodo las arrasarían el casi en su totalidad, incluyendo las cabezas de ganado. En otros se ocasionaría su posterior muerte por la escasez de alimento debido a la pérdida de los pastizales afectados con la caída de ceniza volcánica. Solo por

este concepto se estimaran pérdidas por cerca de trece millones de dólares, tomando en cuenta las bajas que se producirían en las obras civiles, materiales y equipos, en cada caso.

En lo referente a la producción de brócoli, considerando que las 33000 toneladas producidas en las 1440 hectáreas cultivadas se perderían, esto tendría un costo de alrededor de 1200000 dólares, considerando solamente la producción de un ciclo de cultivo. Si se le suma la infraestructura, equipos y maquinaria la suma ascendería a los 3000000 de dólares. También por esta razón se verían afectadas las 25 Hectáreas de papas que producen alrededor de 250 toneladas de cosecha, y las 12 hectáreas de alcachofa que en la actualidad rinden aproximadamente 144 toneladas. Las pérdidas estimadas promediarían unos 200.000 dólares por cosecha.

Existen terceros que estarían afectados, como el caso de las industrias lácteas, pudiéndose contabilizar pérdidas, solo en producción, que oscilarían entre los 50000 dólares semanales, más los daños que podría ocasionar en toda la infraestructura, y la pérdida de empleo de sus trabajadores.

CAPITULO 3

3.1. Introducción

Una de los objetivos de la humanidad es mejorar la producción de los cultivos, por lo que han buscado formas de transportar el agua a todas las áreas más secas desviando aguas superficiales. De la misma forma, evacuar las aguas utilizadas o excedentes lo que altera especialmente el curso y la calidad de los ríos, que repercute en el medio ambiente.

Los excesos de agua proveniente de lluvias o de proyectos de riego pueden causar la saturación y salinización de los suelos, además de aumentar la incidencia de enfermedades relacionadas con el estancamiento del agua. Como se modifica la etapa seca surge un cambio y se crea un microclima de mayor humedad con lo que se podría dar la aparición de plagas y enfermedades agrícolas. También se puede originar erosión en las tierras cultivables y la contaminación de agua superficial y subterránea por los biocidas agrícolas, lo que disminuye la calidad del agua y el aumento de algas y malezas acuáticas.

En las últimas décadas se ha buscado llevar a la par el mejoramiento en la producción agrícola y la preservación del medio ambiente, de manera que es necesario analizar todos los factores involucrados en el proyecto, como:

- ✓ El tipo de drenaje empleado
- ✓ Los sistemas de transporte
- ✓ El almacenamiento
- ✓ Los sistemas de distribución
- ✓ Los métodos de entrega
- ✓ Métodos de aplicación en el campo

3.2. Evaluación del Impacto Ambiental

La evaluación o estudio de impacto ambiental (EIA) es el análisis, que se realiza previo a la ejecución de un proyecto, de las posibles consecuencias de un proyecto sobre la salud

ambiental, la integridad de los ecosistemas y la calidad de los servicios. La EIA se ha implantado en muchas legislaciones y las consecuencias de una evaluación negativa van desde la paralización momentánea hasta la finalización definitiva de un proyecto.

Este análisis se realiza de manera diferente de acuerdo al tipo de obra ya que se debe tomar en cuenta los materiales a ser usados, procedimientos constructivos, trabajos de mantenimiento en la fase operativa, tecnologías utilizadas, insumos, etc. El Plan de drenaje agrícola para los sembríos de la parroquia Aláquez cuentan con una estrategia de preservación del medio ambiente, procurando promover el desarrollo socioeconómico en el área de influencia que servirá como referente para futuros proyectos de la zona. Además, será aplicado durante y después de la ejecución de las obras físicas.

3.2.1 Ficha ambiental

Identificación Del Proyecto

Nombre del Proyecto:	Diseño de drenaje agrícola	Código:
		Fecha:

Localización del Proyecto:	Provincia: Cotopaxi Cantón: Latacunga Parroquia: Aláquez
-----------------------------------	--

Auspiciado por:	<input type="checkbox"/> Ministerio de: <input type="checkbox"/> Gobierno Provincial: <input type="checkbox"/> Gobierno Municipal: <input type="checkbox"/> Org. De inversión/desarrollo: (especificar)
------------------------	--

Tipo del Proyecto:

- Drenaje de agua
- Agricultura y ganadería
- Amparo y bienestar social
- Protección áreas naturales
- Educación
- Electrificación
- Hidrocarburos
- Industria y comercio
- Minería
- Pesca
- Salud
- Saneamiento ambiental
- Turismo
- Vialidad y transporte

Descripción resumida del proyecto: Consta en el diseño de drenaje agrícola en la parroquia de Aláquez con la finalidad de eliminar el exceso de agua de las tierras para que las plantaciones tengan las condiciones de humedad ideales.

Nivel de los estudios Idea o prefactibilidad

Técnicos del Factibilidad

proyecto:

Definitivo

Categoría del Construcción

Proyecto

Rehabilitación

Ampliación o mejoramiento

Mantenimiento

Equipamiento

Capacitación

Apoyo

Otro (especificar):

Datos del Diseñador: Adriana Hidalgo		
Nombre o Razón		
Social:		
Representante legal:		
Dirección:		
Barrio/Sector:	Ciudad:	Provincia:
Teléfono -----	Fax -----	E-mail -----

3.2.2 Caracterización del Medio Físico

Localización

Región geográfica:	
<input type="checkbox"/>	Costa
<input checked="" type="checkbox"/>	Sierra
<input type="checkbox"/>	Oriente
<input type="checkbox"/>	Insular
Altitud:	
<input type="checkbox"/>	A nivel del mar
<input type="checkbox"/>	Entre 0 y 500 msnm
<input type="checkbox"/>	Entre 501 y 2.300 msnm
<input checked="" type="checkbox"/>	Entre 2.301 y 3.000 msnm
<input type="checkbox"/>	Entre 3.001 y 4.000 msnm
<input type="checkbox"/>	Más de 4000 msnm

Clima

Temperatura	<input type="checkbox"/>	Cálido-seco	Cálido-seco (0-500 msnm)
	<input type="checkbox"/>	Cálido-húmedo	Cálido-húmedo (0-500 msnm)
	<input type="checkbox"/>	Subtropical	Subtropical (500-2.300 msnm)
	<input checked="" type="checkbox"/>	Templado	Templado (2.300-3.000 msnm)
	<input type="checkbox"/>	Frío	Frío (3.000-4.500 msnm)
	<input type="checkbox"/>	Glacial	Menor a 0 °C en altitud (>4.500 msnm)

Geología, geomorfología y suelos

Ocupación actual	<input checked="" type="checkbox"/>	Asentamientos humanos	
del			
Área de influencia:	<input checked="" type="checkbox"/>	Áreas agrícolas o ganaderas	
	<input type="checkbox"/>	Áreas ecológicas protegidas	
	<input type="checkbox"/>	Bosques naturales o artificiales	
	<input type="checkbox"/>	Fuentes hidrológicas y cauces naturales	
	<input type="checkbox"/>	Manglares	
	<input type="checkbox"/>	Zonas arqueológicas	
	<input type="checkbox"/>	Zonas con riqueza hidrocarburífera	
	<input type="checkbox"/>	Zonas con riquezas minerales	
	<input type="checkbox"/>	Zonas de potencial turístico	
	<input type="checkbox"/>	Zonas de valor histórico, cultural o religioso	
	<input type="checkbox"/>	Zonas escénicas únicas	
	<input type="checkbox"/>	Zonas inestables con riesgo sísmico	
	<input type="checkbox"/>	Zonas reservadas por seguridad nacional	
	<input type="checkbox"/>	Otra: (especificar)	
Pendiente del suelo	<input type="checkbox"/>	Llano	El terreno es plano. Las pendientes son menores que el 30%.
	<input checked="" type="checkbox"/>	Ondulado	El terreno es ondulado. Las pendientes son suaves (entre 30% y 100 %).
	<input type="checkbox"/>	Montañoso	El terreno es quebrado. Las pendientes son mayores al 100 %.

Tipo de suelo	<input checked="" type="checkbox"/> Arcilloso <input type="checkbox"/> Arenoso <input type="checkbox"/> Semi-duro <input type="checkbox"/> Rocoso <input type="checkbox"/> Saturado	
Calidad del suelo	<input checked="" type="checkbox"/> Fértil <input type="checkbox"/> Semi-fértil <input type="checkbox"/> Erosionado <input type="checkbox"/> Otro (especifique) <input type="checkbox"/> Saturado	
Permeabilidad del suelo	<input type="checkbox"/> Altas <input checked="" type="checkbox"/> Medias <input type="checkbox"/> Bajas	<p>El agua se infiltra fácilmente en el suelo. Los charcos de lluvia desaparecen rápidamente.</p> <p>El agua tiene ciertos problemas para infiltrarse en el suelo. Los charcos permanecen algunas horas después de que ha llovido.</p> <p>El agua queda detenida en charcos por espacio de días. Aparecen aguas estancadas.</p>
Condiciones de drenaje	<input type="checkbox"/> Muy buenas <input checked="" type="checkbox"/> Buenas <input type="checkbox"/> Malas	<p>No existen estancamientos de agua, aún en época de lluvias</p> <p>Existen estancamientos de agua que se forman durante las lluvias, pero que desaparecen a las pocas horas de cesar las precipitaciones</p> <p>Las condiciones son malas. Existen estancamientos de agua, aún en épocas cuando no llueve</p>

Hidrología

Fuentes	<input checked="" type="checkbox"/>	Agua superficial	
	<input type="checkbox"/>	Agua subterránea	
	<input type="checkbox"/>	Agua de mar	
	<input type="checkbox"/>	Ninguna	
Nivel freático	<input type="checkbox"/>	Alto	
	<input checked="" type="checkbox"/>	Profundo	
Precipitaciones	<input checked="" type="checkbox"/>	Altas	Lluvias fuertes y constantes
	<input type="checkbox"/>	Medias	Lluvias en época invernal o esporádicas
	<input type="checkbox"/>	Bajas	Casi no llueve en la zona

Aire

Calidad del aire	<input checked="" type="checkbox"/>	Pura	No existen fuentes contaminantes que lo alteren
	<input type="checkbox"/>	Buena	El aire es respirable, presenta malos olores en forma esporádica o en alguna época del año. Se presentan irritaciones leves en ojos y garganta.
	<input type="checkbox"/>	Mala	El aire ha sido poluído. Se presentan constantes enfermedades bronquio-respiratorias. Se verifica irritación en ojos, mucosas y garganta.
Recirculación de aire:	<input checked="" type="checkbox"/>	Muy Buena	Brisas ligeras y constantes Existen frecuentes vientos que renuevan la capa de aire
	<input type="checkbox"/>	Buena	Los vientos se presentan sólo en ciertas épocas y por lo general son escasos.
	<input type="checkbox"/>	Mala	
Ruido	<input checked="" type="checkbox"/>	Bajo	No existen molestias y la zona transmite calma.

<input type="checkbox"/>	Tolerable	Ruidos admisibles o esporádicos. No hay mayores molestias para la población y fauna existente.
<input type="checkbox"/>	Ruidoso	Ruidos constantes y altos. Molestia en los habitantes debido a intensidad o por su frecuencia. Aparecen síntomas de sordera o de irritabilidad.

3.2.3 Caracterización del Medio Biótico

Ecosistema

<input type="checkbox"/>	Páramo
<input checked="" type="checkbox"/>	Bosque pluvial
<input type="checkbox"/>	Bosque nublado
<input type="checkbox"/>	Bosque seco tropical
<input type="checkbox"/>	Ecosistemas marinos
<input type="checkbox"/>	Ecosistemas lacustres

Flora

Tipo de cobertura	<input type="checkbox"/>	Bosques
Vegetal:	<input checked="" type="checkbox"/>	Arbustos
	<input checked="" type="checkbox"/>	Pastos
	<input checked="" type="checkbox"/>	Cultivos
	<input type="checkbox"/>	Matorrales
	<input type="checkbox"/>	Sin vegetación
Importancia de la Cobertura vegetal:	<input checked="" type="checkbox"/>	Común del sector
	<input type="checkbox"/>	Rara o endémica
	<input type="checkbox"/>	En peligro de extinción
	<input type="checkbox"/>	Protegida
	<input type="checkbox"/>	Intervenida

Usos de la vegetación:	<input checked="" type="checkbox"/>	Alimenticio
	<input checked="" type="checkbox"/>	Comercial
	<input type="checkbox"/>	Medicinal
	<input type="checkbox"/>	Ornamental
	<input type="checkbox"/>	Construcción
	<input type="checkbox"/>	Fuente de semilla
	<input type="checkbox"/>	Mitológico
	<input type="checkbox"/>	Otro (especifique):

Fauna silvestre

Tipología	<input type="checkbox"/>	Microfauna
	<input checked="" type="checkbox"/>	Insectos
	<input checked="" type="checkbox"/>	Anfibios
	<input type="checkbox"/>	Peces
	<input type="checkbox"/>	Reptiles
	<input checked="" type="checkbox"/>	Aves
	<input checked="" type="checkbox"/>	Mamíferos
Importancia	<input checked="" type="checkbox"/>	Común
	<input type="checkbox"/>	Rara o única especie
	<input type="checkbox"/>	Frágil
	<input type="checkbox"/>	En peligro de extinción

3.2.4 Caracterización del Medio Socio-Cultural

Demografía

Nivel de consolidación	<input type="checkbox"/>	Urbana
Del área de influencia:	<input type="checkbox"/>	Periférica
	<input checked="" type="checkbox"/>	Rural
Tamaño de la población	<input checked="" type="checkbox"/>	Entre 0 y 1.000 habitantes
	<input type="checkbox"/>	Entre 1.001 y 10.000 habitantes
	<input type="checkbox"/>	Entre 10.001 y 100.000 habitantes
	<input type="checkbox"/>	Más de 100.00 habitantes
Características étnicas de la Población	<input checked="" type="checkbox"/>	Mestizos
	<input checked="" type="checkbox"/>	Indígena
	<input type="checkbox"/>	Negros
	<input type="checkbox"/>	Otro (especificar):

Infraestructura social

Abastecimiento de agua	<input checked="" type="checkbox"/>	Agua potable
	<input checked="" type="checkbox"/>	Conex. domiciliaria
	<input checked="" type="checkbox"/>	Agua de lluvia
	<input type="checkbox"/>	Grifo público
	<input type="checkbox"/>	Servicio permanente
	<input type="checkbox"/>	Racionado
	<input checked="" type="checkbox"/>	Tanquero
	<input type="checkbox"/>	Acarreo manual
	<input type="checkbox"/>	Ninguno

Evacuación de aguas	<input checked="" type="checkbox"/>	Alcantari. sanitario
Servidas	<input checked="" type="checkbox"/>	Alcantari. Pluvial
	<input type="checkbox"/>	Fosas sépticas
	<input type="checkbox"/>	Letrinas
	<input type="checkbox"/>	Ninguno
Evacuación de aguas Lluvias	<input type="checkbox"/>	Alcantarilla. Pluvial
	<input type="checkbox"/>	Drenaje superficial
	<input checked="" type="checkbox"/>	Ninguno
Desechos sólidos	<input checked="" type="checkbox"/>	Barrido y recolección
	<input type="checkbox"/>	Botadero a cielo abierto
	<input type="checkbox"/>	Relleno sanitario
	<input type="checkbox"/>	Otro (especificar):
Electrificación	<input checked="" type="checkbox"/>	Red energía eléctrica
	<input type="checkbox"/>	Plantas eléctricas
	<input type="checkbox"/>	Ninguno
Transporte público	<input type="checkbox"/>	Servicio Urbano
	<input checked="" type="checkbox"/>	Serv. Intencantonal
	<input type="checkbox"/>	Rancheras
	<input type="checkbox"/>	Canoa
	<input type="checkbox"/>	Otro (especifique):
Vialidad y accesos	<input type="checkbox"/>	Vías principales
	<input checked="" type="checkbox"/>	Vías secundarias
	<input checked="" type="checkbox"/>	Caminos vecinales
	<input type="checkbox"/>	Vías urbanas
	<input type="checkbox"/>	Otro (especifique): Vías internas de la propiedad

Telefonía	<input checked="" type="checkbox"/>	Red domiciliaria
	<input type="checkbox"/>	Cabina pública
	<input type="checkbox"/>	Ninguno

Actividades socio-económicas

Aprovechamiento y uso de la tierra	<input type="checkbox"/>	Residencial
	<input type="checkbox"/>	Comercial
	<input type="checkbox"/>	Recreacional
	<input checked="" type="checkbox"/>	Productivo
	<input type="checkbox"/>	Baldío
	<input type="checkbox"/>	Otro (especificar):
Tenencia de la tierra:	<input checked="" type="checkbox"/>	Terrenos privados
	<input type="checkbox"/>	Terrenos comunales
	<input type="checkbox"/>	Terrenos municipales
	<input type="checkbox"/>	Terrenos estatales

Organización social

<input checked="" type="checkbox"/>	Primer grado	Comunal, barrial
<input type="checkbox"/>	Segundo grado	Pre-cooperativas, cooperativas
<input type="checkbox"/>	Tercer grado	Asociaciones, federaciones, unión de organizaciones
<input type="checkbox"/>	Otra	

Aspectos culturales

Lengua	<input checked="" type="checkbox"/> Castellano
	<input type="checkbox"/> Nativa
	<input type="checkbox"/> Otro (especificar):
Religión	<input checked="" type="checkbox"/> Católicos
	<input type="checkbox"/> Evangélicos
	<input type="checkbox"/> Otra (especifique):
Tradiciones	<input type="checkbox"/> Ancestrales
	<input type="checkbox"/> Religiosas
	<input checked="" type="checkbox"/> Populares
	<input type="checkbox"/> Otras (especifique):

3.2.5 Medio Perceptual

Paisaje y turismo	<input checked="" type="checkbox"/> Zonas con valor paisajístico
	<input type="checkbox"/> Atractivo turístico
	<input checked="" type="checkbox"/> Recreacional
	<input type="checkbox"/> Otro (especificar): No presenta

3.2.6 Riesgos Naturales e inducidos

Peligro de Deslizamientos	<input type="checkbox"/> Inminente	La zona es muy inestable y se desliza con relativa frecuencia
	<input checked="" type="checkbox"/> Latente	La zona podría deslizarse cuando se produzcan precipitaciones extraordinarias.
	<input type="checkbox"/> Nulo	La zona es estable y prácticamente no tiene peligro de deslizamientos.

Peligro de Inundaciones	<input type="checkbox"/>	Inminente	La zona se inunda con frecuencia
	<input type="checkbox"/>	Latente	La zona podría inundarse cuando se produzcan precipitaciones extraordinarias.
	<input checked="" type="checkbox"/>	Nulo	La zona, prácticamente, no tiene peligro de inundaciones.
Peligro de Terremotos	<input type="checkbox"/>	Inminente	La tierra tiembla frecuentemente
	<input checked="" type="checkbox"/>	Latente	La tierra tiembla ocasionalmente (está cerca de o se ubica en fallas geológicas).
	<input type="checkbox"/>	Nulo	La tierra, prácticamente, no tiembla.

3.3 Calificación del Impacto Ambiental

Para el proyecto se realizara la evaluación mediante una lista de chequeo y la matriz de Leopold. La lista de chequeo es un método general de fácil aplicación que analiza el proyecto integral de forma general para identificar posibles impactos directos. La segunda nos indicará los impactos ambientales mediante la asignación de una magnitud e importancia de cada uno de los posibles escenarios.

Tabla 1: Lista de Chequeo para Evaluar la sensibilidad del Proyecto.

Lista de Chequeo			
Factor Ambiental	Si	No	No Aplica
1	Aire		
	Calidad del Aire	x	
	Nivel de Polvo	x	
	Olores		x
	Nivel de Ruido	x	
2	Suelo		
	Productividad Agraria	x	
	Uso del suelo	x	
	Erosionabilidad		x
	Formas Topográficas	x	
	Concentraciones de Nitrógenos	x	
	Plaguicida	x	
	Salinidad	x	
	Humedad	x	
	Infiltración	x	
3	Agua		
	Calidad del agua	x	
	Contaminación		x
	Disminución del caudal		x
	Cambio de Uso		x
4	Clima		
	Drenaje	x	
	Erosión		x
	Sedimentación	x	
	Temperatura		X
	Precipitaciones		X
5	Medio Biótico		
	Pérdida de Biodiversidad		x
	Efectos sobre especies endémicas		x
	Efectos sobre especies protegidas		x
6	Paisaje		
	Calidad del Paisaje	x	
	Visibilidad		x
7	Territorial		
	Uso agrícola	x	
	Densidad de Uso	x	
	Asentamientos Poblacionales		X
8	Infraestructura		
	Sistema de Agua Potable		x
	Sistema de Riego		x
	Sistema de Redes Eléctricas		x
9	Población		
	Estilos de Vida	x	
	Salud	x	
	Relaciones Sociales	x	
	Patrimonios Culturales		x
	Nivel de Empleo	x	
	Ingresos para la Economía Local	x	

3.3.1 Matriz de Leopold

Este es un método cuantitativo de evaluación de impacto ambiental creado en 1971 por el Servicio Geológico del Departamento del Interior de Estados Unidos. Se desarrolla matriz que establece relaciones causa-efecto de acuerdo a las características particulares de cada proyecto. Se basa en dos listas de chequeo que contienen 100 posibles acciones proyectadas y 88 factores ambientales susceptibles de verse modificados por el proyecto.

El primer paso consiste en la identificación de las interacciones existentes, es decir tomar en cuenta todas las acciones que se pueden realizar durante el proyecto. Se recomienda operar con una matriz reducida, excluyendo las filas y las columnas que no tienen relación con el proyecto. Posteriormente se consideran los factores ambientales que puedan ser afectados significativamente trazando una diagonal en las cuadrículas donde se intercepta con las acciones.

Cada cuadrícula marcada con una diagonal admite dos valores:

- 1) **Magnitud:** Valora el impacto o la alteración potencial a ser provocada. Se lo coloca en la mitad superior izquierda. Califica la dimensión del impacto en sí mismo del 1 al 10 en orden ascendente anteponiendo signo positivo o negativo (+ o - respectivamente).
- 2) **Importancia:** Es un valor ponderal, da un valor relativo del potencial impacto y se escribe en la mitad inferior derecha del cuadro como se muestra en el gráfico. Se refiere a la relevancia del impacto sobre la calidad del medio y a la zona territorial afectada. Igual se califica del 1 al 10 pero sin un signo.

Rango	Magnitudes e Importancias
1 a 3	Efectos positivos o negativos bajos
4 a 7	Efectos positivos o negativos moderados
8 a 10	Efectos positivos o negativos altos

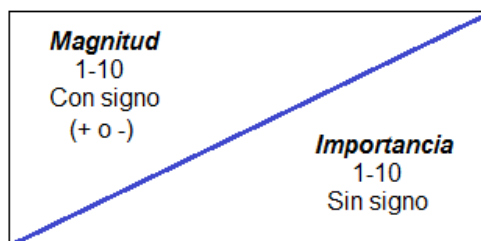


Figura 3.1: Rango de magnitudes y modelo de colocación.

Una vez llenas las cuadrículas el siguiente paso consiste en evaluar o interpretar los números colocados. A continuación se incluyen las listas de factores ambientales y de las acciones.

Lista de Factores Ambientales y Acciones (Matriz de Leopold, 1971)

A. Características físicas y químicas

A.1 Tierra

- a. Recursos minerales
- b. Material de construcción
- c. Suelos
- d. Geomorfología
- e. Campos magnéticos y radiactividad de fondo
- f. Factores físicos singulares

A.2 Agua

- a. Superficiales
- b. Marinas
- c. Subterráneas
- d. Calidad
- e. Temperatura
- f. Recarga
- g. Nieve, hielos y heladas

A.3 Atmósfera

- a. Calidad (gases, partículas)
- b. Clima (micro, macro)
- c. Temperatura

A.4 Procesos

- a. Inundaciones
- b. Erosión
- c. Deposición (sedimentación y precipitación)
- d. Solución
- e. Sorción (intercambio de iones, complejos)
- f. Compactación y asientos
- g. Estabilidad
- h. Sismología (terremotos)
- i. Movimientos de aire

B. Condiciones biológicas

B.1 Flora

- a. Árboles
- b. Arbustos
- c. Hierbas
- d. Cosechas
- e. Microflora
- f. Plantas acuáticas
- g. Especies en peligro
- h. Barreras, obstáculos
- i. Corredores

B.2 Fauna

- a. Aves
- b. Animales terrestres, incluso reptiles
- c. Peces y mariscos
- d. Organismos bentónicos
- e. Insectos
- f. Microfauna
- g. Especies en peligro
- h. Barreras
- i. Corredores

C. Factores culturales

C.1 Usos del territorio

- a. Espacios abiertos y salvajes
- b. Zonas húmedas
- c. Selvicultura
- d. Pastos
- e. Agricultura
- f. Zona residencial
- g. Zona comercial
- h. Zona industrial
- i. Minas y canteras

C.2 Recreativos

- a. Caza
- b. Pesca
- c. Navegación
- d. Zona de baño
- e. Camping
- f. Excursión
- g. Zonas de recreo

C.3 Estéticos y de interés humano

- a. Vistas panorámicas y paisajes
- b. Naturaleza
- c. Espacios abiertos
- d. Paisajes
- e. Agentes físicos singulares
- f. Parques y reservas
- g. Monumentos
- h. Especies o ecosistemas especiales
- i. Lugares u objetos históricos o arqueológicos
- j. Desarmonías

C.4 Nivel cultural

- a. Modelos culturales (estilos de vida)
- b. Salud y seguridad
- c. Empleo

d. Densidad de población

C.5 Servicios e infraestructura

a. Estructuras

b. Red de transportes (movimiento, accesos)

c. Red de servicios

d. Disposición de residuos

e. Barreras

f. Corredores

D. Relaciones ecológicas

a. Salinización de recursos hidráulicos

b. Eutrofización

c. Vectores, insectos y enfermedades

d. Cadenas alimentarias

e. Salinización de suelos

f. Invasión de maleza

g. Otros

Acciones propuestas que pueden causar Impacto Ambiental

A. Modificación del régimen:

a) Introducción de flora y fauna exótica

b) Controles biológicos

- c) Modificación del hábitat
- d) Alteración de la cubierta terrestre
- e) Alteración de la hidrología
- f) Alteración del drenaje
- g) Control del río y modificación del flujo
- h) Canalización
- i) Riego
- j) Modificación del clima
- k) Incendios
- l) Superficie o pavimento
- m) Ruido y vibraciones

B. Transformación del territorio y construcción:

- a) Urbanización
- b) Emplazamientos industriales y edificio
- c) Aeropuertos
- d) Autopistas y puentes
- e) Carreteras y caminos
- f) Vías férreas
- g) Cables y elevadores
- h) Líneas de transmisión, oleoductos y corredores
- i) Barreras incluyendo vallados

- j) Dragados y alineado de canales
- k) Revestimiento de canales
- l) Canales
- m) Presas y embalses
- n) Escolleras, diques, puertos deportivos y terminales marítimas
- o) Estructuras en alta mar
- p) Estructuras recreacionales
- q) Voladuras y perforaciones
- r) Desmontes y rellenos
- s) Túneles y estructuras subterráneas

C. Extracción de recursos:

- a) Voladuras y perforaciones
- b) Excavaciones superficiales
- c) Excavaciones subterráneas
- d) Perforación de pozos y transporte de fluidos
- e) Dragados
- f) Explotación forestal
- g) Pesca comercial y caza

D. Procesos:

- a) Agricultura

- b) Ganaderías y pastoreo
- c) Piensos
- d) Industrias lácteas
- e) Generación energía eléctrica
- f) Minería
- g) Metalurgia
- h) Industria química
- i) Industria textil
- j) Automóviles y aeroplanos
- k) Refinerías de petróleo
- l) Alimentación
- m) Herrerías (explotación de maderas)
- n) Celulosa y papel
- o) Almacenamiento de productos

E. Alteraciones del terreno:

- a) Control de la erosión, cultivo en terrazas o bancales
- b) Sellado de minas y control de residuos
- c) Rehabilitación de minas a cielo abierto
- d) Paisaje
- e) Dragado de puertos
- f) Aterramientos y drenajes

F. Recursos renovables:

- a) Repoblación forestal
- b) Gestión y control vida natural
- c) Recarga aguas subterráneas
- d) Fertilización
- e) Reciclado de residuos

G. Cambios en tráfico:

- a) Ferrocarril
- b) Automóvil
- c) Camiones
- d) Barcos
- e) Aviones
- f) Trafico fluvial
- g) Deportes náuticos
- h) Caminos
- i) Telecillas, telecabinas, etc.
- j) Comunicaciones
- k) Oleoductos

H. Situación y tratamiento de residuos

- a) Vertidos en mar abierto

- b) Vertedero
- c) Emplazamiento de residuos y desperdicios mineros
- d) Almacenamiento subterráneo
- e) Disposición de chatarra
- f) Derrames en pozos de petróleo
- g) Disposición en pozos profundos
- h) Vertido de aguas de refrigeración
- i) Vertido de residuos urbanos
- j) Vertido de efluentes líquidos
- k) Balsas de estabilización y oxidación
- l) Tanques y fosas sépticas, comerciales y domesticas
- m) Emisión de corrientes residuales a la atmósfera
- n) Lubricantes o aceites usados

I. Tratamiento químico:

- a) Fertilización
- b) Descongelación química de autopistas, etc.
- c) Estabilización química del suelo
- d) Control de maleza y vegetación terrestre
- e) Pesticidas

J. Accidentes:

- a) Explosiones
- b) Escapes y fugas
- c) Fallos de funcionamiento

K. Otros:

Figura 3.2 Matriz de Leopold

Acciones propuestas de posibles impactos Ambientales			Etapas de Construcción						Etapas de Operación		Etapas de Mantenimiento			Resultados		
			Limpiado y Desbaste	Movimiento de Tierras	Transporte, Almacén y Distribución de Materiales	Ejecución de Estructuras	Instalación de Tuberías	Desalojo de Escombros	Bombeo	Distribución de Caudales	Mantenimiento por limpieza de tuberías	Mantenimiento por limpieza de ese motor y desarejadores	Mantenimiento de la bomba			
Condiciones Físico-Químicas	Tierra	Suelos	-2	-2	-1	-1	-1	-1							-16	
		Características físicas particulares	-2	-1	-1	-1	-1	-1								-14
	Agua	Superficial	-1	-1			-1	-1		3	-1	-1				-15
		Caudal del Agua	-1	-2				-1	-1		3	1	-2	1		-19
	Procesos	Erosión	-3	-2			-1	-1	-1		1			-1		-13
Condiciones Biológicas	Flora	Arboles	-3	3			-1									-12
		Arbustos	-2	2	-1	-1	-1	-1								-12
		Pastos	-3	3	1	1	-1	-1	-1							-19
		Cultivos	-3	3			-2	-2	-1		3					-8
		Microflora	-2	2	-2	-1	-2	-2	-1		2	3	-1	-2	2	-19
	Fauna	Aves	-2	2	-1	1	-1	-1	-1	-1	1	2	2			-16
		Animales Terrestres	-3	3	-2	-1	-2	-2	-2	-1	1	2	2			-18
		Insectos	-4	4	-4	-1	-2	-2	-1	1	4	3		-2	1	-20
		Microfauna	-3	3	-4	-1	-3	-3	-2	1	2	3		-3	2	-27
				-4	2	2	1	2	2	-1	-1	2	3		2	
Factores Culturales	Uso del Suelo	Vida Silvestre y espacios abiertos	-4	3	-2	2	-1	-3	-2	-1	2	3				-42
		Pastoreo	-3	3	-2	2	1	3	2		-3	3				-9
		Agricultura	-3	3	-3	-1	1	-1	-2		4	3				-16
	Recreación	Camping y caminatas	-2	1	-1	1	-1	2	-1	-2	2	3				-37
	Intereses Estéticos y Humanos	Caudal de Vida Silvestre	-3	3	-2	1	-2	2	-1	1	-3	3	-1	-1	-1	-33
		Caudal de Espacios Abiertos	-3	3	-2	1	-3	3	-1	1	-3	3				-26
	Aspectos Culturales	Salud y Seguridad	-1	1	-1	1	-2	3	-2	1	-1	1	-2	3	-1	28
Empleo		2	3	3	3	4	1	1	1	1	3	2	2	1	28	
Relaciones Ecológicas	Salinización de Recursos Hídricos										-3	3	-1	3	-18	
	Salinización de Superficies										-3	3	-1	3	-15	
Resultados			-127	-64	-16	-76	-47	-15	-18	-51	-9	-30	-3	-468		
			-345						-69		-4					

Los resultados que conseguimos a partir de la matriz de Leopold demuestran que en etapa de construcción la obra representa alteraciones al medio ambiente (-345 puntos). Durante la operación el impacto será considerablemente menor (-69 puntos) y finalmente el valor baja durante el mantenimiento (-42 puntos).

En el caso de los efectos y características ambientales más afectados tenemos los factores culturales (-174 puntos), las condiciones biológicas (-154), las características físico-químicas (-132 puntos) y las relaciones ecológicas (-33 puntos).

3.4 Impactos Ambientales.

El objetivo principal de las obras civiles es mejorar la comodidad y las condiciones de vida de las personas. No obstante, así como se optimizan muchas cosas también se pueden causar impactos ambientales por la acción humana sobre el medio al momento de la construcción, operación y mantenimiento.

3.4.1 Impactos positivos

El principal impacto es el mejoramiento de productividad agrícola al tener las condiciones necesarias de humedad ideales para los sembríos y la flora. Además, disminuirá la contaminación aguas abajo ya que las aguas residuales serán correctamente eliminadas o tratadas. En el ámbito social, se generarán fuentes de empleo para la construcción, operación y mantenimiento de los sistemas de drenaje operadas, también para los cultivos y las cosechas de las mismas. Incrementarán los ingresos de las personas beneficiadas con el sistema de drenaje ya que se tiene más control sobre los cultivos y las áreas productivas. El sistema además serviría de modelo para ser utilizado en otras áreas con características similares. Igualmente, los terrenos que cuenten con un sistema de drenaje serán revalorizados.

3.4.2 Impactos negativos

Estos se dan en la etapa de construcción ya que se cambian temporalmente las características y condiciones ambientales. Los impactos son diferentes de acuerdo a la etapa en la que se encuentre.

3.4.2.1 Etapa de construcción

Primero se tendrá un impacto en las características Físico-Químicas. La tierra y las características físicas particulares como acequias que serán afectadas directamente el momento de ejecutar las obras ya que está directamente expuesta.

Empeorará la calidad de agua superficial ya que puede ser contaminada con materiales de construcción, sin mencionar que su curso natural podría ser interferido para abastecer de agua a la obra. El aire también se verá afectado debido al polvo que se generará durante el movimiento de tierras y la maquinaria de construcción. Estas máquinas generan gran cantidad CO₂ perjudicial para el ambiente. Se corre el riesgo de erosionar algunas tierras ya que se al remover vegetación o durante las excavaciones se pueden afectar permanentemente características físicas particulares de las mismas.

Las condiciones biológicas cambiarán durante esta etapa. En la zona del proyecto existe una variada vegetación como árboles, pastos y sembríos, algunos de los cuales podrían ser removidos al momento de realizar el desbroce. Ciertas plantas no podrán ser recolocadas una vez terminado el proyecto ya que se encuentran en las líneas de paso de las tuberías y en los sitios de las cajas de revisión.

Los animales cada vez se quedarán con menos espacio conforme avance la implementación de infraestructura en la parroquia. Puntualmente, aves y otros animales endémicos tendrán que buscar un nuevo hábitat ya que lo perderán durante la etapa de limpieza, desbroce y excavación. Además, la contaminación auditiva, del aire y agua a causa de la maquinaria y la cantidad de trabajadores que trabajarían los alejaría de la zona.

La construcción, además, afectará varios factores socioculturales. Debido a que estos suelos son actualmente cultivados, algunas zonas tendrían que ser deshabilitadas temporalmente para poder realizar los trabajos de construcción como se había mencionado

antes. El uso de los suelos destinados al pasto para alimentación del ganado se vería afectado ya que los animales no podrían aprovecharlo durante este período, por lo que se deben buscar nuevos lugares para que los animales puedan pastar. Tampoco podrán ser utilizadas para actividades de recreación por el riesgo que representan las obras. Durante la construcción puede existir levantamiento de polvo que afecte a la salud de los habitantes y los obreros.

3.4.2.2 Etapa de Operación

Debido a que los suelos tendrán mejores condiciones, más personas se dedicarán a la agricultura ya que su riesgo de pérdidas en caso de inundación sería casi nulo. Por esta razón se perderían grandes espacios abiertos existentes y la vida silvestre disminuirá. Estos espacios tampoco podrán ser utilizados para recreación de los habitantes ni para el pastoreo. El uso de productos químicos y pesticidas podría afectar la salud los residentes de la zona y dueños de sembríos.

En la fase de operación, con el permanente uso de suelo para cultivos se puede presentar salinización en los recursos hídricos y en la superficie por una sobre explotación del suelo y el uso de pesticidas y químicos para mejoramiento de los cultivos.

3.4.2.3 Etapa de Mantenimiento

Al momento del mantenimiento de tuberías y cajas de revisión se verá afectada la calidad de las aguas superficiales con los lodos resultantes del mantenimiento. Con esto, además, se removería el hábitat de la microflora, microfauna e insectos que se encuentren en este lugar.

No solo la microfauna será afectada al momento de desechar los lodos, la silvestre y la salud de las personas que vivan en las cercanías, ya que este material contiene mayormente partículas finas, nocivas para las vías respiratorias. Las partículas también son contaminantes de los recursos hídricos y aportan a la salinización del suelo.

3.5 Medidas De Mitigación

Antes de iniciar con los trabajos se deberá informar a los moradores de la parroquia Aláquez acerca del proyecto de drenaje que va a ser construido y todos los riesgos que se presentarán en cada una de las etapas. También se deberá explicar detalladamente los beneficios que esto traería a la comunidad, la importancia de esto para el desarrollo y la forma de operación y uso.

Una vez que han iniciado los trabajos se debe intentar causar el menor daño posible. Por ejemplo, humedecer las tierras para disminuir la cantidad de polvo que podría ser levantado. Se necesita un plan de desecho de desperdicios para que estén dispuestos solo en lugares designados, con la finalidad de no contaminar el suelo ni el agua.

Para no afectar el balance natural de los animales silvestres es necesario localizarlos dentro del área afectada para poder reubicarlos en una zona similar que no sea directamente afectada. En el caso de la vegetación se deberá capacitar a los trabajadores para que sigan un plan técnico en el que se remueva solamente lo estrictamente necesario.

Finalmente durante la construcción se deberá proteger el sistema de drenaje para que personas ajenas al proyecto no alteren o modifiquen su funcionamiento. Es importante además plantearse un cronograma de trabajos y cumplirlo para no afectar más allá de lo previsto las actividades normales de los moradores.

Una vez que el drenaje se encuentra en operación se debe realizar análisis de los suelos periódicamente para medir los porcentajes de humedad y químicos existentes y así poder determinar las necesidades de agua y fertilizantes del suelo. Por esta razón es importante minimizar el uso de matamalezas y químicos que puedan erosionar el suelo.

Realizar un análisis de agua en las cajas de revisión periódicamente. De esta manera, en el caso de existir elementos extraños se puede analizar su fuente y controlarla. Otro aspecto importante del mantenimiento es disponer de lugares adecuados para los lodos resultantes de la limpieza de tuberías y cajas de revisión.

CAPITULO 4

4.1 Especificaciones técnicas para trabajos de preparación de terreno

4.1.1. Replanteo y Nivelación

El Replanteo es la localización de un proyecto en el terreno basados en las indicaciones de los planos y estudios topográficos realizados previos a la etapa construcción.

El replanteo abarca las actividades de ubicación y localización, trazado de las obras, alineaciones y cotas de acuerdo a las especificaciones los resultados de los estudios previos. Debido a la precisión que requieren estos trabajos se necesita teodolito, nivel, flexómetros, entre otros. El personal técnico para esta parte del trabajo debe estar capacitado y tener experiencia en zonas similares a la del cantón donde se lo realizará.

El contratista o responsable de la obra procederá con el replanteo de los ejes, por medio de los métodos recomendados para esta actividad. Él, junto con el fiscalizador de la obra, serán quienes revisen que los niveles marcados con estacas sean los correctos. Esto es realmente importante ya que se necesita que el terreno esté perfecto antes de continuar con la obra. Además todo se construirá a partir de este trabajo.

Una vez que se tienen los niveles, se debe fijar estacas y marcar puntos de referencia tanto en el terreno como en el croquis para facilitar los trabajos posteriores. En ese momento el supervisor de la obra debe realizar un último chequeo para verificar que todo esté en su lugar y corregir las imperfecciones.

Si se llega a un lugar donde no se pueda colocar estacas debido a efectos de construcción o vías de uso público se deberán utilizar puntos de reposición en lugares donde no afecte a otros usuarios. Es importante tener en cuenta que se deben realizar estos trabajos de tal forma que no afecten a edificaciones, servicios públicos y la vegetación que se encuentre cerca del área.

Para el pago de los trabajos de replanteo se incluyen la participación del equipo topográfico para mediciones y niveles, y la colocación y revisión de estacas. Si el área es menor a 3000m² se medirá tomando en cuenta el m² como unidad y una aproximación a dos decimales, al igual que para el replanteo y la nivelación de ejes de líneas de

conducción. Con áreas mayores a la mencionada la unidad que se toma es la hectárea con una aproximación de dos decimales.

4.1.2. Desbroce y Limpieza

Este rubro consiste en el desmonte, tala, desbroce, limpieza, eliminación y disposición final de los desechos y la vegetación que se encuentre dentro de los límites del área donde se construirá el sistema de drenaje. Para este trabajo se debe tomar en cuenta los elementos que se han acordado que permanecerán en el lugar. Además, se debe tener extremo cuidado para evitar todo daño innecesario a la vegetación y causar el menor impacto posible.

Concretamente se deberán cortar, desenraizar o quemar todo árbol, arbusto u objeto que obstruya la superficie de construcción y que no estén destinados a permanecer dentro del área de la obra. Estos límites serán establecidos por el fiscalizador, quien también es el responsable de señalar los sitios donde se colocará el material proveniente del desbroce.

Dependiendo de las especificaciones, el tipo de terreno y los acuerdos entre contratista y fiscalización, el trabajo de desbroce y limpieza se puede efectuar a mano o mecánicamente. Estos trabajos idólicamente deben estar terminados antes de iniciar la construcción para no obstaculizar el desarrollo de la misma.

En las zonas determinadas de acuerdo a planos o la fiscalización se eliminará la vegetación hasta una profundidad de 30cm; también se incluye la remoción de las capas de tierra hasta la profundidad que se ha convenido con la fiscalización.

Los materiales de desecho deben ser transportados y colocados en el lugar designado para su disposición final que puede ser quemarlos o enterrarlos, conforme los acuerdos entre contratista y fiscalización. No se debe dejar los escombros y residuos en lugares visibles en los alrededores de la construcción. Si no se ha encontrado un lugar para su disposición se permite que se los entierre o se los esconda en el área, siempre que no sean nocivos tanto para la salud como para el paisaje del área.

Si se ha dispuesto que los materiales deban ser quemados, se lo hará en una zona donde no exista el riesgo de incendio. Además, estos materiales deben ser calcinados completamente. Se lo debe hacer en horas donde no haya viento de tal forma que la

vegetación y las construcciones adyacentes no estén expuestas a peligro. Una vez terminado el proceso las cenizas deberán ser enterradas con una capa de tierra de al menos 0.30m de espesor. Si las condiciones cambian en medio del proceso se deberá suspender la quema y los materiales que estorben deben ser acarreados por el contratista hasta un sitio provisional.

Se debe remover de las áreas, además de la vegetación, rocas o material suelto que puedan poner en peligro la integridad de las personas. En el caso de taludes se debe dejar los troncos cortados al ras del suelo.

El desbroce se medirá tomando como unidad el metro cuadrado con aproximación de dos decimales. No se reconocerá lo que haya sido removido fuera del área especificada a menos que se tenga una orden de la fiscalización.

4.2 Especificaciones técnicas generales de Construcción

4.2.1. Excavación a cielo abierto

Esta actividad comprende el suministro de mano de obra, equipos, herramientas y materiales que son necesarios para excavar. Las actividades que se toman en cuenta como excavación a cielo abierto son:

- ✓ Excavación para la cimentación: Cerramientos, cajas de revisión y unidades estructurales en general.
- ✓ Excavaciones necesarias para construir las obras objeto del contrato.
- ✓ Suministro y colocación de: entibados, soportes, tablestacas y apuntalamientos temporales necesarios para proteger la superficie de la excavación y evitar deslizamientos de materiales.
- ✓ Acarreo y transporte de los materiales excavados, se tiene hasta 500 m de transporte libre.
- ✓ Provisión y construcción de drenes y de medios necesarios para eliminar agua de las excavaciones.

En general, excavación se refiere a la remoción de tierra u otros materiales con el fin de crear espacios para las cimentaciones, drenes, mampostería y hormigones. No incluye todo lo que sea excavación de zanjas para alojar tuberías.

Las excavaciones se clasifican en dos grupos según el tipo de material y los métodos que se aplicarán.

- ✓ **Excavación sin clasificar:** Incluye el material que pueda ser excavado y removido a mano o con el uso de maquinaria, sin necesidad del uso de explosivos.
- ✓ **Excavación en roca:** Se refiere al material duro y compacto que solamente puede ser removido con el uso de explosivos o cuñas. Se incluye en este grupo bloque de roca o canto rodado de volumen superior a 0,25 m³. El uso y tipo de explosivos debe ser aprobado y supervisado por la Fiscalización.

Los trabajos de excavación deben ser notificados con la suficiente anticipación antes del inicio para que se puedan tomar los datos del terreno original y determinar la cantidad realizada.

Debido al volumen de la obra y que no se encuentran bloques de roca o material compacto, los trabajos que se realizarán serán de excavación sin clasificar, es decir a mano y con maquinaria en los lugares que así lo amerite. Las dimensiones, alineamientos y gradientes de las mismas están especificadas en los planos previamente revisados por la fiscalización.

Durante el proceso se pueden encontrar inconvenientes lo que podrán ser superados mediante variación de cotas, alineaciones o dimensiones de la excavación, que deberán ser estudiados tanto por la fiscalización como por el contratista, quienes deberán modificar lo necesario sin comprometer el resto de las obras o afectar a las zonas adyacentes y los trabajadores.

Bajo ningunas circunstancias de deberá excavar a tal profundidad que la tierra del plano de asiento sea aflojada o removida. En el caso de que esta sea inestable, se puede realizar mayores excavaciones con rellenos de material granular compactados con un compactador mecánico hasta obtener un plano firme. Cuando se alcance una profundidad de 0.50m solo se debe usar como herramientas un pico o una pala para dar la forma definitiva del diseño.

Los materiales de excavación serán colocados temporalmente a los lados de las zanjas ya

que eventualmente será utilizado como relleno. El excedente se eliminará de tal forma que no obstruya los trabajos o la apariencia de la construcción.

En lo posible, se debe evitar la ejecución de excavaciones en la época de lluvia. Si esto no es factible los trabajos deberán ejecutarse con la ayuda de drenes naturales que permitan el flujo natural de las aguas lluvia. Lo ideal es realizar las excavaciones para estructuras de hormigón en seco, y la colocación de morteros cuando toda el agua se haya drenado naturalmente o por medio de canales laterales, bombeo, etc.

El desalojo de agua de las áreas de cimentación durante el hormigonado se debe realizar en forma continua para que se mantenga seco mientras dura la colocación de hormigón. Para la cimentación se espera tener una superficie horizontal o escalonada de acuerdo al diseño de los planos. Si existen grietas en el lecho deberán ser rellenadas con lechada de cemento.

Las excavaciones se medirán en m³ con aproximación de un decimal. Las excavaciones a cielo abierto son medidas en el sitio de excavación antes y después de ser efectuadas mediante procesos topográficos.

Existen tres diferentes conceptos de pago de acuerdo a las condiciones del terreno, cada una se mide en las mismas unidades antes mencionadas: excavación en tierra en seco, excavación en tierra con agua y excavación en conglomerado en seco.

4.2.2 Relleno

Estos trabajos, al igual que los de excavación incluyen los rellenos adyacentes a las estructuras y otros rellenos que indique la Fiscalización.

El relleno se refiere al conjunto de operaciones necesarias para llenar las secciones que fije el proyecto, los vacíos existentes entre las estructuras, las secciones de las excavaciones hechas para alojarlas y el terreno natural.

Los rellenos deberán realizarse de acuerdo con las líneas, cotas, gradientes y las dimensiones que constan en los planos. También debe estar especificado el tipo de material de relleno que puede ser tierra, grava, arena y cascajo o enrocamiento de acuerdo al proyecto. El material de relleno puede provenir de las excavaciones efectuadas para alojar

la estructura, de otra parte de las obras, de bancos de préstamos. A pesar de que se tienen varias fuentes para obtener este material se debe procurar utilizar el material excavado en la propia estructura. El material de relleno deber estar limpio, es decir no debe tener ramas, troncos y materia orgánica. En el caso de terrenos inundados el relleno se debe realizar una vez que el terreno ha sido drenado y secado.

El relleno se ha clasificado en cuatro tipos:

Relleno sin compactar: Se deposita el material con su humedad natural en la zanja sin más compactación que su propio peso. Esta operación podrá ser ejecutada a mano o con el uso de maquinaria siempre y cuando no exista riesgo de daño a la estructura.

Relleno compactado: Se forman capas horizontales uniformes y continuas que no sean mayores a 20 cm con la humedad óptima. Cada capa será compactada con el uso de pisones neumáticos o manuales hasta obtener la máxima compactación. Con la presencia de lluvias se debe suspender la actividad e intentar el cubrir el área rellenada para no alterar su humedad.

Relleno de estructuras: Una vez terminada la estructura se debe rellenar las zonas que se encuentran a los lados o detrás de la misma. En este tipo de relleno se intenta obtener la máxima densidad seca que se consigue con una apisonadora manual o de acción mecánica. Se lo efectúa por capas y generalmente se utiliza material permeable. La compactación de relleno no deberá iniciar antes de que hayan transcurrido 14 días desde la colocación del hormigón y del levantamiento de las paredes de mampostería.

Para la primera capa del relleno se empleará tierra libre de piedras, que será colocada cuidadosamente a los lados de los cimientos, en capas horizontales uniformes cada 20cm. El espesor mínimo con este material de relleno será de 60cm. Después se continuará utilizando lo que se ha obtenido del producto de la excavación, en capas de igual espesor. La última capa no debe tener rocas o piedras.

El material de relleno se colocará a ambos lados y a lo largo de las estructuras en capas horizontales de espesor no mayor a 20 cm. Cada capa será humedecida y oreada para alcanzar el contenido óptimo de humedad y luego compactada con apisonadores mecánicos aprobados por el Fiscalizador, hasta que se logre la densidad requerida.

Cuando por alguna característica del trabajo no se requiera un grado de compactación especial, se debe colocar material de excavación apisonado cada 20cm. Se debe dejar un montículo de tierra de 15 cm con respecto al nivel natural del terreno o del nivel que disponga la fiscalización.

Relleno para formación de filtros o drenes: Se ejecutarán rellenos con grava, arena y piedra triturada para la formación de drenes o filtros de acuerdo a la granulometría indicada en los planos y por fiscalización. Se hará esto bajo siguiendo las líneas, pendientes y espesores.

El material a ser utilizados deberá ser cribado y lavado en el caso que se requiera. Para la formación de filtros o drenes los materiales deben ser de origen pétreo para que sean duros, durables y sanos. Deben estar libres de materiales vegetales, grumos y otros productos indeseables. Las partículas de mayor diámetro deben estar en contacto con la estructura y las de menor diámetro con el terreno natural.

La medición de los rellenos se efectúa en el sitio de colocación. La finalidad es comprobar los niveles, las nivelaciones y los volúmenes de relleno realizados. La unidad para la formación de relleno es el m³ con la aproximación de un decimal. Se toma en cuenta el volumen de los diversos materiales colocados de acuerdo con las especificaciones y las secciones del proyecto.

El pago se hace en dos formas:

- ✓ Si el material de excavación será el que se utilizará para el relleno de las áreas, el trabajo se estimará y se pagará al constructor de acuerdo con el concepto del trabajo: Relleno de estructuras, compactados manual o mecánico con material existente.
- ✓ Cuando no se utiliza el material de excavación, se debe adicionar pagos por el acarreo del material de excavación que se ha obtenido en algún sitio fuera de la zona de construcción. Esta distancia deberá ser revisada y aprobada por la fiscalización.

4.2.3 Hormigones

El hormigón es un producto endurecido resultante de una mezcla dosificada de cemento Portland tipo I, agregados finos, agregados gruesos y agua de acuerdo con las especificaciones ASTM-C-150. También se puede agregar aditivos en el caso de que sea necesario y previamente aprobado por la fiscalización.

La clasificación del hormigón es la siguiente:

Tabla 4.1: Clasificación del hormigón

CLASIFICACIÓN DEL HORMIGÓN	TAMAÑO MAXIMO DEL AGREGADO	RESISTENCIA A LA COMPRESION A	LOCALIZACIÓN
TIPO DE	mm (Pulg)	Mpa (Kg/cm²)	
A	51 (2'')	21 (210 Kg/cm ²)	Estructuras especiales, muros fundaciones,
B	38 (11/2'')	21 (210 Kg/cm ²)	Obras de arte de hormigón para drenaje.
C	38 (11/2'')	30 (300 Kg/cm ²)	Columnas y otras estructuras especiales Estructuras Tanques y Obras anexas
D	38 (11/2'')	14 (140 Kg/cm ²)	Rellenos no estructurales, caminos, replantillos, veredas, de áreas de construcción
D1	50 (2'')	21 (210 Kg/cm ²)	Hormigón Masivo
CICLOPEO	254 (10'')	21 (210 Kg/cm ²)	Hormigón de relleno

Fuente: INCOP

4.2.3.1 Tipos de hormigones

✓ Hormigón ciclópeo

En este tipo se utiliza hormigón simple combinado con piedra desplazante que ocupa hasta el 40% del volumen de la estructura. El tamaño máximo de esta piedra es de hasta una tercera parte de la dimensión mínima de la estructura siempre que esta medida no supere los 25 cm de diámetro. Esta piedra debe ser angular y mayor a 10cm de diámetro, al igual que la separación mínima entre dos piedras. El 60% restante del volumen será rellenado con hormigón tipo B, que tiene una resistencia $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ como se especifica en la tabla. A los 28 días ya debería alcanzar una resistencia de 149 Kg/cm^2 .

El proceso de construcción consiste en colocar una primera capa de hormigón simple de 15cm de espesor. Sobre esta capa se colocará a mano una capa de piedra, la cual estará cubierta por otra capa de hormigón de 15cm y así sucesivamente. Se debe tener mucho cuidado de que la colocación de piedras cumpla con las especificaciones de distancias reglamentarias. Tampoco se les deberá colocar en los bordes de las estructuras.

De acuerdo a las necesidades la dosificación varía: Para muros de sostenimiento de gran volumen y grande espesor en sus cimentaciones la dosificación es 1:3:6 y para obras hidráulicas y estructuras voluminosas resistentes se utilizará una dosificación 1:2:4.

✓ Hormigón simple

Este hormigón es una mezcla entre cemento, agregados finos, gruesos de hasta 5 cm de diámetro y agua. Su dosificación varía de acuerdo a las necesidades.

- ✓ Hormigón simple de dosificación 1:3:6: A los 28 días su resistencia es 140 kg/cm^2 . Generalmente se lo utiliza para la construcción de muros de hormigón de alto espesor, pavimentos, cimientos de edificios, pisos y anclajes de tubería.
- ✓ Hormigón simple dosificación 1:2:4: A los 28 días su resistencia es 210 kg/cm^2 . Se lo utiliza para la construcción de muros de menor volumen y obras de hormigón armado.
- ✓ Hormigón simple de dosificación 1:1,5:4,1: Se lo ocupa en la construcción de estructuras hidráulicas sujetas a la erosión de agua y para estructuras

especiales.

✓ **Hormigón armado**

Es hormigón simple al que se añade varillas de acero para reforzar la estructura de acuerdo a sus requerimientos propios.

4.2.3.2 Fabricación del hormigón

Para mezclar el constructor deberá disponer de un equipo de mezclado que se encuentre en óptimas condiciones para alcanzar las máximas resistencias del hormigón de acuerdo a su dosificación.

En el caso de los agregados se los deberá pesar ya sea individualmente o de forma acumulativa de acuerdo a los tamaños. Se los debe tamizar para clasificarlos por tamaños y asegurarse que tengan un contenido uniforme de humedad. La dosificación del cemento se la debe hacer al peso, separada de los otros ingredientes. Al agua se la puede medir ya sea por peso o volumen. El hormigón de cada una de las dosificaciones debe alcanzar su resistencia a los 28 días.

El cemento a utilizarse será el tipo I siempre, a menos que la fiscalización disponga lo contrario. Antes de colocar el hormigón en una estructura deberá cumplir con las pruebas inmediatas in situ y llenar cilindros para las pruebas de resistencia posteriores.

Si se necesitan aditivos se debe seguir con las indicaciones que proveen los fabricantes de los mismos acerca de las dosificaciones y de la dosificación.

4.2.3.2.1 Dosificación

Con el objetivo de mantener la calidad y la resistencia del hormigón requerido para las diferentes estructuras o las condiciones que se presenten durante la construcción, la dosificación del hormigón puede cambiar.

La resistencia de los hormigones se ensayará en unas muestras cilíndricas de 6" de

diámetro por 12” de alto, de acuerdo a las recomendaciones y especificaciones ASTM C 172, C-192, C-39. Los resultados de los ensayos a 7 y 28 días deberán ser iguales a las resistencias especificadas y no más del 10% de las pruebas deberán tener valores inferiores al promedio. Se deben probar tres cilindros por cada ensayo, uno a los 7 días y los dos restantes a los 28.

Las mezclas deben ser uniformes, homogéneas y estables. El hormigón no debe estar expuesto a segregación con la finalidad de garantizar la estabilidad y la durabilidad de las estructuras. Su consistencia debe ser vigilada sigilosamente por el constructor y el fiscalizador.

Cada vez que se realice una nueva mezcla y se la descargue en el campo se debe controlar la calidad por medio del Factor de Compactación del ACI o por los ensayos de asentamiento. Para que la mezcla cumpla las pruebas de campo la relación agua/cemento no debería exceder en un 10% de la determinada en las pruebas. Además de tomar y enviar las respectivas muestras a los laboratorios para los ensayos.

Antes de que se coloque el hormigón, la zona que estará en contacto debe estar completamente limpia usando el método adecuado para cada caso, como puede ser picado, chorros de agua y aire a alta presión, chorros de arena húmeda, etc. En algunos casos se necesita que la zona donde se verterá el hormigón debe ser cubierta con una pasta de cemento, y por último con una capa de mortero de aproximadamente 1 cm de espesor, cuyas características deben ser las mismas del hormigón a colocarse excluido el agregado grueso.

4.2.3.3. Colocación del hormigón

Antes de colocar el hormigón, se deben revisar los encofrados de la obra y corregirlos en caso de ser necesario. También debe estar colocado todo el acero de refuerzo, ya que una vez fundido no se puede rectificar.

De acuerdo con la norma de construcción del país se pueden utilizar las recomendaciones o especificaciones de la ACI-59 o el ASTM. Una vez que el plan ha sido aprobado por fiscalización, se puede realizar el vaciado de hormigón con un máximo de una hora desde

el momento que ha sido preparado. El hormigón debería ser vaciado en la menor cantidad de tiempo para que se tenga uniformidad y adherencia entre cada una de las partes.

El hormigón debe estar compactado al máximo practicable de densidad, no debe presentar acumulación de agregado grueso o tener burbujas de aire. Se lo debe acomodar de acuerdo a las forma del encofrado, asegurando llenar todo el espacio libre.

El hormigón se verterá en capas horizontales de espesor uniforme. Antes de continuar con la siguiente capa primero debe ser compactada. El equipo de compactación dependerá del espacio que se tiene libre entre los encofrados.

Una vez que se ha terminado la colocación y compactación del hormigón, este debe ser protegido durante 7 días para evitar que sufra daños. Las principales amenazas son la lluvia, cambios rápidos de temperatura, resaca y radiación directa de la luz solar. Estos métodos deben ser planificados antes de que se inicien los procesos de fundición.

4.2.3.4 Curado y acabado del hormigón

Es indispensable que en la obra se cuenten con los medios necesarios para el adecuado control de humedad, temperatura y el curado, especialmente durante los primeros días después del vaciado. Si se cumple con esto el proceso de endurecimiento de hormigón tendrá un desarrollo normal y se conseguirá su mayor resistencia.

Existen varios métodos que se pueden utilizar para el curado del hormigón. Entre los más utilizados es el esparcimiento de agua o un recubrimiento de arena mojada sobre la superficie endurecida con la finalidad que mantener el nivel necesario de humedad.

Si se va a curar con agua, se debe repetir el proceso durante mínimo 14 días. Este proceso se empieza al momento en el que hormigón se ha endurecido, de esta manera no se cambia la cantidad que tiene originalmente la mezcla de hormigón.

La protección para las superficies terminadas que estén permanentemente expuestas no deberá ser aplicada directamente a la superficie hasta que el material e haya endurecido lo suficiente para resistir las marcas. Las formaletas deben ser cubiertas con planchas gruesas de bordes cuadrados dispuestos siguiendo un patrón uniforme. También puede servir la

madera contrachapada o paneles de metal si están libres de defectos que marquen la superficie fundida.

Las juntas entre tablas y paneles deben estar en sentido horizontal o vertical. Todas las aristas expuestas serán chaflanadas y deberán ser de 25 mm x 25 mm, a menos que se especifique algo diferente en planos.

Si al momento de retirar la protección se encuentran hoyos de clavos, huecos pequeños y porosidades, estas pueden ser cubiertas con pulimentos o morteros de arena y cemento. Se debe realizar estos retoques después de la remoción del encofrado.

4.2.3.5. Control de calidad

Todos los ensayos que se juzgue que son necesarios se los realizará bajo disposiciones y control de la fiscalización. Los resultados que se obtengan de las pruebas son definitivos y constituyen evidencia suficiente para aprobar o rechazar el material o el trabajo en general.

Los cilindros de prueba serán fundidos, curados y probados de acuerdo a las normas ASTM C31, C39, C172. La cantidad de pruebas y la frecuencia de las mismas serán indicadas con la anticipación necesaria para que se puedan realizar de manera adecuada. Normalmente se ha establecido que en cada fundición de hormigón colocado, se probarán como mínimo 3 cilindros, 1 a los 7 días y 2 a 28 días.

En el caso de que se necesite reparar el hormigón, se debe hacer en un lapso de 24 horas después de que hayan sido removidos los encofrados. Las imperfecciones deben ser reparadas para que haya uniformidad y se iguale la coloración del resto de la pieza, de acuerdo a especificaciones e indicaciones de la fiscalización. Si la calidad del hormigón es defectuosa, todo el volumen comprometido deberá ser reemplazado a satisfacción del contratista y fiscalizador.

El hormigón se mide en metros cúbicos con un decimal de aproximación. Se determinan en la obra las cantidades utilizadas con un cálculo de volúmenes.

4.2.4 Acero de Refuerzo

Se debe estimar la cantidad de acero por medio de los planos y el respectivo detalle de las armaduras de refuerzo. Debe estar especificado no solo la cantidad sino la localización de las varillas, diagramas de doblados y traslape. Se necesita también que en las planillas de hierro se detalle las dimensiones de las varillas y los pesos correspondientes para que el contratista, encargado de suministrar el material, lo consiga y entregue a tiempo para que la obra no sufra retrasos. El límite de fluencia del hierro normado es $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$.

El acero de refuerzo debe estar limpio y libre de óxido suelto, lechada de cemento, imperfecciones, rajaduras, escamas, grasa, arcilla, pintura o cualquier material ya sea natural o de construcción que reduzca la adherencia entre las varillas y el hormigón.

Se debe colocar el hierro de acuerdo a los planos estructuras y a las dimensiones establecidas. Los estribos y otras varillas que estén integrados con alguna armadura deben ser asegurados con alambre galvanizado negro No. 16 en forma de doble lazo. Los extremos deben colocarse hacia el cuerpo principal del hormigón con la finalidad de que no ocurra un desplazamiento.

Se debe garantizar que el hierro se lo esté colocado de forma segura y que se garantice el espaciamiento necesario entre elementos, la ligadura fija y que tenga un recubrimiento. Una vez que el acero está colocado, debe llevar una marca de identificación que concuerde con la establecida en los planos estructurales. Las dimensiones, sobre todo aquellas que estén en elementos estructurales, no pueden ser menores que las establecidas previamente por los cálculos.

Antes de proceder con la fundición de la pieza, el fiscalizador debe dar la aprobación una vez que se han colocado y asegurado todas las varillas de acero. Se debe comprobar que estén firmes mediante el uso de espaciadores, sillas y colgadores metálicos asegurados con el alambre especificado.

De acuerdo con la Norma ACI-318, el recubrimiento mínimo de acero que forma parte de piezas estructurales y en la cimentación es de 5cm. No hay caso de excepción para que se tenga una capa de menor altura de hormigón sobre las varillas.

Cuando sea necesarias las uniones entre las varillas de acero, de acuerdo con lo establecido en planos, la longitud mínima de traslape depende del esfuerzo principal al que

esté sometido. Para varillas de compresión la longitud debe ser 24 veces el diámetro y para varillas que trabajen a tracción el valor 36 veces su diámetro. En las uniones deben estar en contacto y sujetas con alambre galvanizado.

En la medida de lo posible, se debe evitar las uniones o empates de la armadura en los puntos de máximo esfuerzo de la estructura. Las uniones deben tener empalme suficiente para que puedan transmitir los esfuerzos de corte y de adherencia entre las varillas.

Es de extrema importancia que la planilla de hierros esté revisada cuidadosamente por el fiscalizador y el contratista ya que esta servirá para comprobar que los hierros se encuentren en el lugar adecuado y de la forma que han determinado los cálculos de la estructura a construirse.

De acuerdo a la planilla también se procederá a la preparación de los hierros. Los que necesiten ser modificados, serán cortados o doblados en frío de acuerdo a las dimensiones y radios de curvatura. Se debe aprovechar el material en la mayor medida posible por lo que es recomendable conocer las longitudes de las varillas disponibles en el mercado antes de empezar el resumen de hierros. Una vez que una barra ha sido doblada no se debe volver a enderezar ya que pierde sus propiedades debido a los esfuerzos preexistentes, peor aún volverla a doblar.

No se permitirá la colocación de barras sobre capas de hormigón, una vez que se ha iniciado la colocación del mismo. Tampoco se puede reubicar el hierro mientras se está vertiendo el hormigón o si está fresco todavía.

En el caso de que haya elementos empotrados en el hormigón, como es el caso de las tuberías, se debe mantener un espaciamiento de 1 ½ veces el tamaño mínimo del agregado.

La cantidad de acero de refuerzo que se encuentra instalado y embebido en el hormigón se medirá en kilogramos de acuerdo a las planillas de hierro y los planos de detalle aprobados por la entidad contratante y el fiscalizador.

Los espaciadores, sillas metálicas, alambre y otros elementos de refuerzo, no agregan un costo adicional al del acero de refuerzo. Tampoco se incrementa el valor por el acero que ha sido doblado y cortado, ni se reconocerá este valor en otro rubro.

4.2.5 Mampostería

La mampostería es la unión de mampuestos, bloques de forma y tamaños normados, piedras o ladrillos, unidos por medio de morteros.

La mampostería de ladrillo es bastante aún popular para edificaciones en varios sitios del continente. Usualmente sus dimensiones son 38 x 18 x 7cm. Son bastante populares para muros de plantas arquitectónicas demarcadas cada 20 cm.

Para construirlo, la dimensión longitudinal del material debe asentarse en eje perpendicular al muro, en hiladas continuas con juntas verticales alternadas. Los ladrillos deben estar mojados al momento de colocarlos.

Se debe poner a cada pieza sobre un colchón de mortero. Este mortero consiste en una mezcla de cemento portland y arena. La proporción es de 1:6 respectivamente. Por lo general se espera que el espesor sea mayor al de las juntas horizontales, es decir entre 10 y 15mm.

Los niveles y las líneas deben estar especificados en los planos. La obra no es aceptable si hay desviaciones mayores a 20mm respecto al total del muro con respecto a la alineación que se determinó en el replanteo. Tampoco si tiene variaciones de 2mm por metro en la horizontalidad de las hiladas de ladrillo.

Hoy en día, la mampostería más utilizada es la de bloques de hormigón, ya que han demostrado tener resistencia y flexibilidad, sobre todo en lugares de riesgo sísmico. Entre otras ventajas tienen diferentes dimensiones y resistencias que se adaptan a los requerimientos de cada proyecto.

Los bloques tipo A, de alta resistencia, son obligatorios para construcciones de más de 1000m² o que superen los tres pisos de altura. Los de tipo B, de resistencia media solo pueden emplearse en construcciones de uno o dos pisos y un área menor a 1000m². En el caso de los bloques C, solo pueden utilizarse para paredes menores a 2,50m de altura y un total de 50m² de construcción, ya que su resistencia no es tanta.

El mortero consiste en una mezcla de cemento, cal, arena y agua. Las proporciones de cada elemento están normadas de acuerdo al tipo de bloque que se vaya a utilizar. Se debe colocar una capa de mortero de no más de 20-25mm antes de colocar el hormigón. Se dispone los bloques de hormigón en el mismo sentido que las paredes de ladrillo. El

material debe estar completamente seco.

Tanto la mampostería de bloque como de ladrillo serán medidas en metros cuadrados con aproximación a un decimal. La cantidad se la determinará en obra y en base a lo determinado previamente en el proyecto. El pago se efectuará de acuerdo a los precios unitarios del contrato.

4.2.5.1 Enlucidos.

Consiste en la colocación de una capa de mortero, formada por arena y cemento, en paredes, tumbados, vigas y otros elementos de construcción con el objetivo de tener superficies regulares, uniformes y limpias.

El enlucido tiene dos capas, una de mortero grueso y la de mortero fino. Para el mortero grueso se utiliza arena de granos entre 0 y 3mm en una mezcla de cemento-arena 1:2. El enlucido fino está compuesto de arena de granulación 0-1 mm. Se aplica en un espesor aproximado de 0,5 cm. La relación cemento-arena que se usa es de 1:1. Sobre esta capa de enlucido fino se debe aplicar una lechada de cemento, que se debe alisar cuidadosamente para obtener la apariencia deseada.

De acuerdo con lo que se indique en los planos y las disposiciones de fiscalización se debe enlucir las superficies de ladrillo y hormigón en paredes, columnas y tumbados, las cuales deben estar limpias antes de iniciar con los trabajos. Deben estar humedecidas y asegurarse de que las paredes sean lo suficientemente ásperas para que el material quede adherido en las superficies.

Primero se debe colocar la capa de mortero grueso, es decir la de cemento y arena. A pesar de que se tienen criterios para la dosificación del mortero, se lo puede cambiar de acuerdo a las condiciones que se encuentre en obra, siempre que sea aprobado por la fiscalización.

Esta capa debe tener un espesor promedio de 1,5cm. No debe exceder los 2cm ni ser menor a 1cm. Una vez que se ha terminado la colocación y se ha secado el mortero se procede a colocar la segunda capa, de menor espesor que la primera, y finalmente una capa de lechada de cemento. La pasta de agua-cemento puede ser reemplazada por una de agua-cal apaga o agua-sementina.

Una vez que se ha terminado el enlucido las superficies no deben presentar ningún tipo de fisuras, grietas o fallas. El acabado tiene que ser tan regular y uniforme que no debe ocurrir despegamiento al golpear la pared con un pedazo de madera.

Se deben usar líneas rectas o en tipo “media caña” cuando se deben unir dos superficies. Para esto se necesitan guías o reglas niveladas y aplomadas. Si es en voladizo, se debe crear un canal para botar aguas, de 1cm de profundidad tipo “media caña” con el borde exterior de la cara interior.

Se debe indicar antes del inicio de la obra en el caso de que sea necesario el uso de aditivos en el enlucido para impermeabilización.

Existen varias clases de enlucido que se pueden realizar de acuerdo a los acabados que se espere y al uso que se le dará al espacio construido.

- ✓ Liso: la superficie es uniforme, lisa y libre de marcas. Las esquinas y ángulos deben estar bien redondeados. Generalmente se trabaja con paletas de metal o de madera.
- ✓ Revocado: Las superficies se enlucen en las uniones. Antes de revocar se regularizara los mampostería y sus uniones. las superficies enlucidas una vez que se han secado al aire quedan aptas para pintar.
- ✓ Listado o terrajado: La superficie puede ser en relieve o de tipo liso. Se logra este acabado con moldes de madera de latón que cuenten con ranuras de acuerdo al diseño.
- ✓ Paleteado: La superficie es rugosa, es decir, entre lisa y áspera; sin embargo, uniforme. Se trabaja con paleta y esponja, escobilla u otros. El paleteado puede tener un acabado grueso, mediano o fino.
- ✓ Champeado: la superficie es uniforme pero áspera. Se puede utilizar grano grueso, mediano o fino de acuerdo a los que se quiera. Se trabaja a mano, con malla o máquina.

Se debe mantener la humedad necesaria en el enlucido para que no se produzcan grietas en las superficies.

Al igual que la mampostería, el enlucido se mide en metros cuadrados con aproximación a un decimal. La cantidad se determina en obra y el pago se lo realiza al precio unitario especificado en el contrato.

4.3 Especificaciones generales de la línea de evacuación de aguas

4.3.1 Excavación de zanjas

Consiste en la excavación de toda zanja que se realice en el proyecto y que posteriormente servirá para alojar las tuberías de la línea de evacuación de aguas, incluyendo los trabajos de compactación, limpieza del replantillo, taludes y transporte de las tierras producto de los movimientos. Incluye también la colocación adecuada de la tubería y la conservación satisfactoria de las zanjas hasta que se haya colocado la totalidad de las líneas de evacuación; y todos los procedimientos el caso de que sea necesario equipo de maquinaria para aflojar, o romper el material que se encuentre bajo tierra.

El contratista debe contar con todos los materiales y mano de obra, herramientas y equipos de instalación requeridos para la excavación. En este punto se debe tener las tuberías de conducción, interconexiones, piezas especiales, válvulas de compuerta y cajas metálicas para válvulas de acuerdo al total que se haya contabilizado en los planos completos. Es indispensable que se haya designado el lugar definitivo o temporal para los desechos y el manejo de estos, así no se interfiere con los demás trabajos ni con los peatones.

En los planos del siguiente capítulo se especifica tanto el detalle de las tuberías como la localización de las mismas en cada una de las parcelas donde se instalará el sistema de drenes.

Las zanjas se excavarán de acuerdo a las alineaciones y las gradientes necesarias calculadas. Se debe considerar los diámetros de las tuberías para no excavar más o menos de lo necesario. También los puntos donde se ubicarán las interconexiones para poder determinar la profundidad de la excavación. Ya que los diámetros de las tuberías varían entre 50 y 90mm, se estima que la profundidad ideal es de 1,20m. En los lugares donde se usen dispositivos especiales de unión, anclajes o válvulas se debe excavar lo suficiente para que se los pueda colocar.

El lecho de la zanja, donde se colocará la tubería debe ser uniforme. Si el terreno es rocoso, se debe excavar 10cm de la rasante final del canal. Este espacio se rellenará con material seleccionado de modo que se conforme una cama en la cual se apoyará la tubería, con la finalidad de protegerla.

Si las tuberías llevan agua a baja presión se debe excavar a una profundidad suficiente para asegurar que quede cubierta de 1m de material de relleno consolidado. Esta altura debe medirse desde la superficie del terreno hasta la llave de la tubería. Si se ha determinado una altura que no cumple con esta condición, la fiscalización y el contratista deben cerciorarse que la tubería quede suficientemente protegida, para lo que se puede utilizar materiales que tengan propiedades especiales.

Cuando se encuentren rocas o molones en la zanja, los lados deben estar recortados de tal forma que cuando el tubo se colocado a nivel y alineamiento indicado, ninguna proyección de roca sobresalga 100 mm de la pared de la tubería en cualquier punto.

Al momento de excavar se debe tomar en cuenta que los trabajadores deben ingresar para colocar la tubería, por lo que es necesario excavar aproximadamente 0,60m más del diámetro exterior del tubo.

Para la cimentación de la tubería, la base debe ser de material granular. El tamaño del material depende del diámetro de la tubería. Si se la colocará sobre el fondo de la zanja, este debe estar limpio, libre de piedras y terrones de modo que los tubos se apoyen uniformemente sobre el suelo en toda su longitud para obtener un óptimo funcionamiento del sistema de drenaje. Si se encuentran irregularidades debido a la extracción de roca o cantos, estos agujeros se deben llenar con tierra o arena, apisonada perfectamente al nivel del fondo de la zanja.

Se debe excavar también para los cimientos y para las cajas de revisión. Si durante la excavación de la tierra se presentan inconvenientes o la tierra no tiene la cohesión suficiente para dar condiciones mínimas de seguridad, se debe excavar más de lo proyectado hasta encontrar terreno apropiado. Una vez que se ha conseguido esto, se rellenará con material de sub-base hasta la cota prevista en el diseño.

Si el corte supera los 2m de altura y el material no es adecuado, el fiscalizador puede disponer la conformación de taludes de pendiente adecuada para garantizar la estabilidad de estos. Este trabajo se paga con el mismo precio unitario de excavación establecido en el

contrato.

Si ha ingresado agua a la zanja y la tubería está flotando, se debe retirar los tubos afectados, retirar el agua de la zanja y volver a colocarla en el sitio una vez que se hayan reparado los desperfectos. Esto usualmente ocurre durante las épocas de fuertes lluvias.

Las excavaciones se miden en metros cúbicos con aproximación de un decimal. Los volúmenes de las excavaciones se determinan en la obra bajo la supervisión del fiscalizador, quien ha estado presente durante todo el proceso.

La excavación de zanjas se pagará al constructor de acuerdo a lo acordado en el contrato partiendo del concepto de trabajo: Excavación de zanjas a mano en tierra en seco, de 0 a 2 metros de profundidad.

Para el transporte del material se pagará con un margen libre de 500m. Solo se debe conservar el material que sea necesario para el relleno.

4.3.2. Relleno de las zanjas.

Es el conjunto de operaciones necesarias para rellenar las secciones fijadas en el proyecto, los vacíos existentes entre las tuberías y las secciones excavadas para alojarlas. Este proceso se debe hacer lo más rápido posible hasta llegar al nivel original del terreno, la rasante o el nivel que indique fiscalización.

El material de relleno debe estar libre de raíces, cenizas, hojas y todo material ajeno a la tierra. Tampoco debe contener piedras mayores a 0,20 cm de longitud. Si se encuentran piedras de menores dimensiones se las debe distribuir de tal forma que el material más fino rellene el espacio entre ellas.

El material que rodea las tuberías debe provenir del subsuelo ya que tiene que ser uniforme y libre de piedras o terrones. La primera capa, de tierra escogida o arena será de 10cm por encima de la tubería y en el espacio entre la misma y el talud de la zanja. Posteriormente se colocarán capas de 20cm apisonadas en todo el ancho de la zanja, hasta llegar a la parte superior de la zanja. Los apisonadores deben ser del peso establecido y utilizados por personal con experiencia para asegurarse que no haya

hundimiento una vez que se termine de rellenar la zanja. A partir de los 10cm se usará el material de relleno antes mencionados.

La formación de relleno se mide tomando como unidad el m³ con aproximación de un decimal. Para el pago se determinará en obra el volumen de los diferentes materiales colocados de acuerdo a las especificaciones respectivas y las selecciones óptimas para el proyecto.

Tan pronto estos trabajos concluyan, el contratista debe retirar del lugar todo el material sobrante, las herramientas y las estructuras provisionales que se hayan utilizado durante el proceso. También se debe retirar y ubicar en el sitio designado para los desechos tierra y ramas que fueron producto de excavación o sobrantes. Se debe dejar la obra limpia como se encontró al momento de iniciar la construcción del sistema de drenaje.

CAPITULO 5

5.1 Conclusiones

Cotopaxi es una provincia agrícola por excelencia. Debido a su localización y su geografía se puede cultivar una gran cantidad de productos de primera calidad. No obstante, ya que no se tienen estaciones definidas, el problema de lluvias se puede presentar en cualquier momento. Es por esto que estar preparados para afrontar inesperadas masas de agua sin el riesgo de perder los sembríos, representa un reto.

A partir de los datos recolectados de pluviometría de los tres barrios donde se ha realizado el estudio integral de los sistemas de drenaje, se sabe que es una zona donde la lluvia se presenta la mayor parte del tiempo. Es a base de estos que se aprecia la necesidad de implementar sistemas de drenes subterráneos en las parcelas agrícolas de la zona altamente lluviosa.

No obstante, debido a la topografía que presenta el área de influencia, una zona de pendientes medianas y altas, se concluyó que un sistema subterráneo de drenaje agrícola por medio de gravedad era la solución óptima, no solo para la evacuación de agua excedente de los terrenos, sino también para la conservación del suelo y el mejoramiento de la producción de los cultivos.

Hoy en día existen una gran cantidad de materiales de construcción, como son tuberías y accesorios para sistemas de drenes, los que se ajustan a los volúmenes de agua a ser evacuados, el tiempo de vida útil de la instalación, los requisitos del diseño y los factores económicos de los inversionistas del proyecto. Es, por lo tanto, indispensable la realización de estudios integrales de suelos, geográficos, climáticos y agrícolas para asegurar que las opciones elegidas sean las idólicas para el área a ser implementado.

En conclusión, el drenaje agrícola se ha convertido en una herramienta necesaria, tanto para garantizar el éxito de los sistemas de riego en los suelos, así como para optimizar el manejo del agua en condiciones de secano y poder manejar casos de inundaciones. Por lo tanto, es indispensable su implementación en la Parroquia de Aláquez debido a que el 80% de su población es económicamente dependiente de la producción y la comercialización agrícola.

5.2 Recomendaciones

La parroquia Aláquez, debida su ubicación geográfica en relación al Volcán Activo Cotopaxi, es una zona de alto riesgo en el caso de que se presente una explosión. El riesgo envuelve más que solamente telúricos que podrían afectar la integridad de las tuberías y las estructuras en general de los barrios. Los flujos de lava y de lodo representan una amenaza potencialmente destructiva para los cultivos que se encuentre en su paso directo, sin mencionar la caída de ceniza que podría terminar con aquellos que no sean arrasados.

Por lo tanto, es necesario trabajar con la población en mitigación de riesgos y enfrentamiento a situaciones de emergencia. No solo se puede perder altas sumas de dinero en sembríos, ganadería y daños estructurales, sino en vidas humanas donde los costos son incuantificables. Además, se necesita tener un plan nacional de re inserción, para que una vez que ha concluido el desastre natural se pueda retomar las actividades normales de la zona con la finalidad de enfrentar las pérdidas por medio de la generación de trabajo.

En el caso del drenaje, lo primordial a estudiar es si el monto a ser invertido en la construcción y diseño del sistema de drenaje será al menos cubierto por los beneficios que se obtendría en cuanto al mejoramiento de calidad y cantidad de los productos obtenidos. Estos sistemas son altamente recomendables cuando los cultivos dan productos son bien cotizados por el mercado nacional o internacional, como es el caso del brócoli.

Estos sistemas que ayudan a controlar el exceso y la falta de agua son un medio preciso para evitar las cuantiosas pérdidas que se presentan anualmente por desbordamientos de ríos y lluvias en todo el país, sobre todo en las provincias de la costa. Es recomendable por lo tanto, que conscientes de todos los beneficios que involucran, se inicien campañas agrícolas, por parte de los gobiernos locales, que impulsen la implementación de estos sistemas en los terrenos cultivables.

Es necesario adquirir conocimiento de los principios básicos del drenaje agrícola, por parte de los profesionales como de los agricultores ya que el cabal conocimiento ayudaría a poder reconocer los problemas ocasionados por el mal manejo de los sembríos y la prevención de desastres.

BIBLIOGRAFÍA

- Ami, S. Drainage Pipe Testing Manual. Quebec, Canada: Hull, 1987.
- ARMCO Drainage Product Association. Handbook of culvert and drainage problems.
Middletown: Armco Culvert Manufacturers Association, 1994.
- Cámara de Agricultura Agroecuador. Principales Productos Agrícolas. III Censo
Nacional Agropecuario. Quito, s.f.
- Campbell, G. S. Campbell, M. D. «Advances in Drainage, Volumen 1.» Irrigation
scheduling using soil moisture measurement. 1982. 25-42.
- Canter, L. «Manual de Evaluación De Impacto Ambiental: Técnicas para la elaboración
de los estudios de impacto .» Madrid: Mc. Graw Hill, 1998. 841.
- Castro, C. «Diseño de Sistemas de Drenaje Agrícola.» Tierra Adentro 2008: Edicion 15.
- Cerda, F. Impacto Socioeconómico de una Erupción de el Cantón Latacunga. Tesis.
Latacunga, 2006.
- Chapman, D. «Ditches dykes and deep-drainage.» Young Farmer's Club. Londres:
Evans Brothers LTD, 1956. Booklet 29.
- Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural de "Alaquez". Plan de Parroquia
Alaquez. 2011. 25 de 11 de 2011 <<http://www.alaquez.gob.ec/>>.
- Gomez, O. «Evaluación de Impacto Ambiental: Un instrumento preventivo para la
Gestión Ambiental.» Madrid: 2da ed. Mundi Prensa, 2003. 749.

Grassi, C. «Drenaje de Tierras Agrícolas.» Centro Interamericano de Desarrollo Integral de Aguas. Mérida, 1991. 121-166.

Hodnett, M. G., Bell, J. P. «The control of drip irrigation of sugarcane using 'index' tensiometer.» Ah Koon, P. D. Agricultural Water Management. 1990. 39-47.

ILRI . Principios, teorías, aplicaciones del drenaje agrícola y la escorrentía. Barcelona, 1978.

INCOP. «Portal de Compras Públicas.» 2010. Especificaciones Técnicas de Construcción. 03 de 04 de 2011 <www.compraspublicas.gob.ec>.

Instituto Geofísico EPN. Mapa de Peligros Cotopaxi. 23 de abril de 2010. 05 de Febrero de 2012 <<http://www.igepn.edu.ec/index.php/mapas/cotopaxi.html>>.

Kharchenko, S. Hydrology of Irrigated Lands. Leningrado, 1975.

Llerena, F. «SAGARPA.» 2009. Drenaje Superficial en terrenos Agrícolas. 08 de 12 de 2011
<<http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasCOUSSA/Drenaje%20superficial%20en%20terrenos%20agricolas.pdf>>.

Ministerio del Ambiente. Normativa . s.f. 05 de 03 de 2012
<<http://www.ambiente.gob.ec>>.

Mothes, P. Apuntes de Campo Inéditos. Latacunga: Instituto Geofísico de La Escuela Ama Mater 37, 2004.

- Ontaneda, G. «INAMHI.» Enero de 2012. Situación Climatológica Regional Sierra. 03 de Febrero de 2012
<<http://www.inamhi.gov.ec/foroclima/2012/Exposiciones%20IV%20Foro%20Regional/SituacimatoIngGOntaneda.pdf>>.
- Organización Meteorológica Mundial. Guías de Prácticas Meteorológicas. 1994.
- Pruitt, J. Doorenbros and W.O. «Guidelines for Predicting Crop Water Requirements.» Artículo 24 de Riego y Drenaje. 1975.
- Richards, S. J. «Drainage based on soil section measurements.» Proceedings of the Soil Science Society. 1961. 65-69.
- Saxton, K. Módulo de Drenaje Subsuperficial. Tesis de Maestría en Riego y Drenaje. Guayaquil, 2007.
- Schwab, G. y J. Fouss. «Drainage Materials .» Skaggs, R. Agricultural Drainage. Madison: CSSA, 1999. 911-926.
- Van Schilfgaarde, J. «Drainage yesterday, today, and tomorrow.» Natural Drainage Symp. Mi, Estados Unidos, 1971.
- W. Dierickx, J. Martinez Beltran. Materiales para sistemas de drenaje subterráneo. Roma: FAO, 1999.

ANEXOS