

**DISEÑO Y EVALUACION AMBIENTAL DE UN SISTEMA DE DRENAJE
PARA UN AREA CON CULTIVO DE CAFÉ EN EL MUNICIPIO DE
SALADOBLANCO**

GAMALIEL ROJAS VILLAMIL

JAVIER ALVAREZ VARGAS

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA AGRICOLA
NEIVA, 2009**

**DISEÑO Y EVALUACION AMBIENTAL DE UN SISTEMA DE DRENAJE
PARA UN AREA CON CULTIVO DE CAFÉ EN EL MUNICIPIO DE
SALADOBLANCO**

GAMALIEL ROJAS VILLAMIL

JAVIER ALVAREZ VARGAS

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de
INGENIERO AGRICOLA**

**DIRECTOR
ARMANDO TORRENTE TRUJILLO
Ingeniero Agrícola, Ph. D.**

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA AGRICOLA
NEIVA, 2009**

Nota de aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Neiva, Marzo de 2009

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
Lista de figuras	10
Lista de tablas	12
Lista de cuadros	13
Lista de anexos	15
Resumen	17
Summary	18
1. Introducción	19
2. Justificación	20
3. Marco conceptual	21
3.1 Conceptos básicos de drenaje agrícola	21
3.1.1 Drenaje Superficial	21
3.1.2 Drenaje Subterráneo	21
3.2 Componentes de un sistema de drenaje subterráneo	22
3.3 Factores que influyen el nivel freático	22
3.4 Tipos de drenaje	22
3.4.1 Sistema de drenes abiertos.	23
3.4.2 Sistema de drenes enterrados.	23
3.5 Infiltración	24
3.5.1 Infiltrómetro de anillo simple	24
3.6 Conductividad hidráulica	25
3.6.1 Método del pozo barrenado.	25
3.7 Criterio de drenaje para zonas de ladera.	27
3.8 Experiencias de drenaje en el sector cafetero.	27
3.9 Alternativas de drenaje no convencionales	27
3.9.1 Filtros vivos.	27
3.9.2 Drenaje mediante el empleo de especies vegetales que realizan el efecto de bombeo.	28
3.9.3 Drenaje con fajinas vivas.	28

3.9.4 Drenajes de grava.	29
3.10 Conceptos impacto y evaluación de impacto ambiental.	30
4. Metodología	32
4.1 Identificación y reconocimiento de campo	32
4.2 Recolección de información de clima, suelo, hidrológica, cultivos	32
4.3 Propiedades físicas del suelo	32
4.3.1 Color	32
4.3.2 Textura	33
4.3.3 Densidad aparente	33
4.3.4 Densidad real	33
4.3.5 Porosidad total	33
4.3.6 Capacidad de campo	33
4.3.7 Punto de marchitez permanente	33
4.4 Propiedades químicas del suelo	34
4.5 Infiltración	34
4.6 Pruebas de campo y mediciones (topográfica, agrológicos)	34
4.7 Cálculo de recargas.	34
4.7.1 Lluvia crítica	34
4.7.2 Cálculo de la escurrentía	34
4.8 Análisis e interpretación de información – isobatas, isohípsas.	35
4.9 Metodología para la identificación y ponderación de impactos ambientales del proyecto	36
4.9.1 Método de la encuesta	36
4.9.2 Método de Redes	37
4.9.3 Método de la matriz de Leopold	37
4.10 Metodología para la comparación de escenarios ambientales y determinación de la viabilidad ambiental del proyecto.	37
4.11 Resultados y evaluación.	37
5. Resultados y discusión	38
5.1 Localización	38

5.2 Pozos de observación y lecturas de nivel freático	39
5.3 Mapa de isobatas	40
5.4 Mapa de isohípsas	41
5.5 Estratigrafía.	41
5.6 Propiedades físicas del suelo.	42
5.6.1 Color del suelo	42
5.6.2 Pruebas de laboratorio	42
5.7 Propiedades químicas del suelo	43
5.7.1 pH	43
5.8 Conductividad eléctrica del suelo y el agua freática.	44
5.9 Conductividad hidráulica	46
5.10 Capacidad de Infiltración del suelo	47
5.11 Cálculo de recargas	47
5.11.1 Caudal de escorrentía.	47
5.11.2 Cálculo de caudales a evacuar por el sistema de drenaje.	49
5.12 Determinación del espaciamiento entre drenes.	49
5.13 Pendientes del sistema de drenaje.	50
5.14 Diámetro de tuberías de drenaje	51
5.15 Dimensionamiento del canal principal de drenaje	52
5.16 Diseño del Sistema de Drenaje	52
5.17 Secciones de drenes y canal principal	53
5.18 Presupuesto	54
5.19 Evaluación ambiental del proyecto de drenaje para un área con cultivo de café en el municipio de Saladoblanco	56
5.19.1 Delimitación del área de influencia del proyecto	56
5.19.1.1 Área de influencia del proyecto	58
5.20 Identificación de Impactos ambientales	59
5.20.1 Impactos ambientales del proyecto, identificados con el método de la Matriz de Leopold reducida	59

5.20.2 Impactos ambientales del proyecto, identificados con el método de Redes	61
5.20.3 Impactos ambientales del proyecto, identificados con el método de la encuesta	62
5.20.4 Jerarquización y orden de importancia de los impactos seleccionados según métodos empleados en el proyecto	63
5.21 Comparación de impactos y alternativas o escenarios ambientales del proyecto	64
5.21.1 Método Battelle Columbus	64
5.22 Descripción de impactos ambientales	66
5.23 Descripción de oportunidades y amenazas	67
5.24 Plan de manejo ambiental	69
5.25 Esquema básico de programas, proyectos y medidas	70
5.26. Diseños alternativos de drenaje	73
5.26.1 Diseño de drenaje con guadua	73
5.26.2 Diseño de drenaje con grava	74
5.27 Viabilidad económica	76
6. Conclusiones	77
Recomendaciones	78
Índice alfabético	79
Bibliografía	82
Anexos	

DEDICATORIA

JAVIER ALVAREZ VARGAS

Dedico la obtención de este logro en primera instancia a Dios padre, ya que por su voluntad me permitió culminar satisfactoriamente mis estudios y me brindó la oportunidad de realizar este proyecto de grado. Además, mi mayor apoyo emocional y económico se lo debo a mis padres Ana María y Edgar; mis hermanos Ferney y Harvey que siempre confiaron en mis capacidades y me dieron el valor cuando fue necesario para poder continuar luchando por el objetivo propuesto.

A mi novia, Luz Adriana Calderón, por su apoyo incondicional y la compañía incomparable que me ha brindado en los últimos años de mi vida que han hecho de mi una persona más alegre y comprometida.

A Nubia Patricia San miguel, por haberme colaborado en las peores situaciones en mi etapa de estudiante, por su incondicional amistad y apoyo profesional.

A mis compañeros de estudio, por haber compartido las duras y las más duras en la larga travesía de la Ingeniería Agrícola; especialmente a Gamaliel, Marlio Darío, Melanie, Carlos Tafur, Róger.... a todos mil gracias.

GAMALIEL ROJAS VILLAMIL

Doy gracias a Dios Todopoderoso que por su gracia y voluntad me brindó la oportunidad de alcanzar un nuevo objetivo en mi vida, un profesional en la Ingeniería Agrícola. A mis queridos padres Heriberto y Nancy por sus consejos y demostración de amor en tan grande esfuerzo, sacrificio, esmero, porque nunca me faltara lo necesario y todo me saliera bien. A mis hermanos Adrián y Paula que son tan preciados para mí por su afecto y cariño que siempre me han demostrado, a ustedes que son mi familia muchas gracias y me siento orgulloso de ustedes por que fueron mi baluarte para alcanzar este logro, logro que también es de ustedes.

A aquellos con lo que compartimos alegrías, tristezas y las maravillosas vivencias de ser estudiantes universitarios en especial a Javier, Karoll muchas gracias los llevo en el corazón.

Al ingeniero Jaime Izquierdo Bautista por su colaboración en mi paso como monitor del laboratorio de Hidráulica,

Gracias también les doy a todos aquellos que de una u otra manera me apoyaron y dieron lo mejor de sí para que todo fuera posible.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la colaboración brindada por aquellos docentes de la Universidad Surcolombiana que durante el transcurso de la carrera dieron lo mejor para lograr la debida capacitación en las diferentes áreas del conocimiento de la Ingeniería Agrícola.

A Armando Torrente Trujillo, Director del proyecto, por su asesoría y orientación.

A Jaime Izquierdo Bautista y Miguel Germán Cifuentes Perdomo, Jurados del Trabajo de Grado.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Diagrama de flujo de una red de drenaje.	22
Figura 2.	Drenaje Abierto.	23
Figura 3.	Drenaje Enterrado.	23
Figura 4.	Distribución del agua en el suelo mediante la infiltración con anillo simple.	24
Figura 5.	Diagrama del método de pozo barrenado para medir la conductividad hidráulica en campo.	26
Figura 6.	Filtros en espina de pescado hechos con guadua y nacedero.	28
Figura 7.	Ubicación de la fajina en el lote.	29
Figura 8.	Disposición de un drenaje de grava.	30
Figura 9.	Esquematación del flujo de drenaje de acuerdo a Glover-Dumm.	35
Figura 10.	Ubicación geográfica del sitio del proyecto.	38
Figura 11.	Ubicación de los pozos de observación en la Finca San Martín.	39
Figura 12.	Mapa de la Isobata en la Finca San Martín para el día crítico (Nov. 30/08).	40
Figura 13.	Mapa de la Isohípsa en la Finca San Martín para el día crítico (Nov. 30/08).	41
Figura 14.	Estratigrafía del suelo en la Finca San Martín.	41
Figura 15.	Esquema de los colores característicos del suelo en la Finca San Martín.	42
Figura 16.	Variación de pH del suelo en la Finca San Martín.	44
Figura 17.	Variación de pH del agua freática en la Finca San Martín.	44

Figura 18.	Mapa de afección por sales en la Finca San Martín.	45
Figura 19.	Mapa de Conductividad Hidráulica presente la Finca San Martín.	46
Figura 20.	Dimensionamiento del canal principal.	52
Figura 21.	Diseño de drenaje para la Finca San Martín, municipio de Saladoblanco.	53
Figura 22.	Sección transversal del canal colector y subdrenes del sistema de drenaje.	54
Figura 23.	Esquema de drenaje con guadua.	73
Figura 24.	Esquema de drenaje con grava.	75

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.	Interpretación de la Conductividad Hidráulica e Infiltración	27
Tabla 2.	Lecturas de nivel freático en la fecha crítica (Noviembre 30 de 2008)	39
Tabla 3.	Valor de profundidad de nivel freático para el día crítico	40
Tabla 4.	Propiedades físicas en el primer horizonte de suelo	42
Tabla 5.	Análisis de las propiedades químicas del suelo	43
Tabla 6.	Valores de pH del suelo	43
Tabla 7.	Valores de pH del agua freática	44
Tabla 8.	Valores y calificación de la conductividad eléctrica del suelo y agua freática	45
Tabla 9.	Interpretación de la Conductividad Hidráulica del suelo	46
Tabla 10.	Datos de la prueba de infiltración	47
Tabla 11.	Cálculo de caudal de recargas por escorrentía	48
Tabla 12.	Longitud y caudal a evacuar por los drenes internos	49
Tabla 13.	Cálculo del espaciamiento entre drenes	50
Tabla 14.	Pendientes del sistema de drenaje	50
Tabla 15.	Diámetro de tubería de drenaje para Régimen Variable	51
Tabla 16.	Viabilidad económica de las alternativas de drenaje	76

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1.	Presupuesto Drenaje con tubería corrugada PVC	55
Cuadro 2.	Matriz de Leopold reducida	59
Cuadro 3.	Impactos del proyecto de drenaje en la Finca "San Martín" vereda Las Brisas, municipio de Saladoblanco, preseleccionados según el método de la Matriz de Leopold	60
Cuadro 4.	Impactos seleccionados según el método de Redes	61
Cuadro 5.	Criterios para aplicar en el método de Redes.	61
Cuadro 6.	Impactos ambientales del proyecto, identificados con el método de la encuesta	62
Cuadro 7.	Jerarquización y orden de importancia de los impactos seleccionados según métodos empleados en el proyecto.	63
Cuadro 8.	Evaluación de impactos según el método de calificación ambiental de Arboleda. Proyecto: Drenaje en la Finca "San Martín", vereda Las Brisas, municipio Saladoblanco.	64
Cuadro 9.	Unidades de Impacto ambiental según el método Battelle Columbus para el proyecto drenaje en la Finca "San Martín", vereda Las Brisas, municipio Saladoblanco.	65
Cuadro 10.	Objetivos del plan de manejo ambiental del proyecto de drenaje en la Finca "San Martín", vereda Las Brisas, municipio Saladoblanco.	69
Cuadro 11.	Lista de medidas para maximizar impactos ambientales positivos.	70
Cuadro 12.	Lista de medidas para minimizar impactos ambientales negativos.	70
Cuadro 13.	Lista de medidas para maximizar el aprovechamiento de oportunidades ambientales.	71
Cuadro 14.	Lista de medidas para minimizar consecuencias de amenazas ambientales.	71

Cuadro 15. Esquema de programas, proyectos y medidas del plan de manejo ambiental.	72
Cuadro 16. Presupuesto Sistema de Drenaje con Guadua.	74
Cuadro 17. Presupuesto Sistema de Drenaje con Grava.	75

LISTA DE ANEXOS

- Anexo A. Georeferenciación y profundidad de los pozos de observación.
- Anexo B. Valores de lecturas de niveles freáticos
- Anexo C. Datos para la graficación de las Isohípsas
- Anexo D. Colores del suelo en los diferentes pozos de observación.
- Anexo E. Análisis de suelos
- Anexo F. Formato para toma de datos prueba de infiltración y conductividad hidráulica.
- Anexo G. Cálculo de la lluvia Crítica
- Anexo H. Tiempo (hr) para que el suelo recupere con 8, 10 y 15 % de aireación después de saturado, para diferentes clases texturales.
- Anexo I. Coeficiente de cultivo Cc utilizado en el cálculo del tiempo total de exceso de agua tt.
- Anexo J. Numero de curva (Nc) para los complejos suelo-cobertura en cuencas en condición de humedad media.
- Anexo K. Grupos de suelos según su potencial de escurrimiento, para el cálculo del número de curva (Nc).
- Anexo L. Perfiles de los drenes laterales del sistema de drenaje
- Anexo M. Perfil de trazado del canal colector.
- Anexo N. Formato de encuesta para la identificación de impactos ambientales
- Anexo O. Listado de encuestados en la Vereda Las Brisas, Municipio Saladoblanco.
- Anexo P. Registro fotográfico.

Anexo Q. Valores de precipitación multianual (1989 – 2008)

Anexo R. Valores de precipitación diaria en el año crítico (1989)

RESUMEN

El objetivo principal es el diseño y evaluación ambiental de un sistema de drenaje para un área con cultivo de café en el municipio de Salado blanco, se proponen alternativas de solución al problema de exceso de humedad en el predio objeto del diseño para el establecimiento de cultivos permanentes como café y otros de "pancoger"; de igual forma se quiere un diseño de drenaje que satisfaga las necesidades técnicas, económicas y ambientales para la adecuación del lote, mediante la aplicación de tecnologías en el mejoramiento de la calidad de suelos de uso agrícola.

El proyecto esta dividido en etapas, que se describen a continuación: reconocimiento del terreno e identificación del problema, recolección de datos mediante estudios hidrodinámicos, interpretación de la información de campo y laboratorio, y finalmente se propone como resultado el diseño de sistema de drenaje que incluye el presupuesto y los estudios ambientales relacionados.

Se presenta el diseño de un sistema de drenaje mixto que consta de tubería corrugada de $\varnothing 2.5$ " para drenaje agrícola en los laterales del sistema, y un canal colector central en tierra a lo largo del lote afectado; incluyendo el presupuesto y las recomendaciones para su mantenimiento. Igualmente se describen dos alternativas económicas de drenaje, con eficiencias ligeramente inferiores pero técnicamente factibles con inclusión de los respectivos presupuestos. A su vez, se realiza el estudio de impacto ambiental para el diseño principal, en donde se identifican los impactos de mayor importancia y se proponen las actividades para prevenir, compensar, mitigar, y/o corregir los efectos causados por tales impactos en el área de influencia.

SUMMARY

The main objective is the design and environmental evaluation of a system of drainage for an area with cultivation of coffee in the municipality of Saladoblanco, they intend alternative of solution to the problem of excess of humidity in the property object of the design for the establishment of permanent cultivations as coffee and others of "pancoger"; of equal form wants a drainage design that satisfies the technical, economic and environmental necessities for the adaptation of the lot, by means of the application of technologies in the improvement of the quality of soils of agricultural use.

The project this divided in stages that are described next: recognition of the land and identification of the problem, gathering of data hydrodynamic mediating studies, interpretation of the field information and laboratory, and finally intends the design of drainage system that includes the budget and the environmental related studies as a result.

Shows up the design of a system of mixed drainage that consists of wrinkled pipe of \varnothing 2.5" for agricultural drainage in the lateral of the system, and a channel central collector in earth throughout the affected lot; including the budget and the recommendations for their maintenance. Equally two economic alternatives of drainage are described, with lightly lower but technically feasible efficiencies with inclusion of the respective budgets. In turn, carried out the study of environmental impact for the main design where the impacts of more importance are identified and they intend the activities to prevent, to compensate, to mitigate, and/or to correct the effects caused by such impacts in the influence area.

1. INTRODUCCION

El agua es un recurso de gran influencia para el desarrollo de las plantas, tanto la falta como el exceso pueden ocasionar inconvenientes para el crecimiento y desarrollo de los cultivos, y en otros casos la inhabilidad del recurso suelo para el establecimiento de la agricultura.

Un sistema de drenaje permite y garantiza la evacuación de aguas de exceso producidas por diferentes fenómenos como lo son por lluvias fuertes y constantes, fuentes hídricas cercanas, fluctuaciones y niveles freáticos altos, conservando y mejorando las condiciones del suelo que favorecen su explotación como tal.

Es muy importante tener en cuenta los requerimientos hídricos y disponibilidad de agua para las plantas; encontrándose que cuando los niveles de saturación de agua presente en los suelos son muy elevados, se crean condiciones adversas para el sostenimiento del cafetal, notándose efectos como amarillamiento en las hojas y pudrición del sistema radicular, lo que conlleva al poco o nulo crecimiento de la planta y en otros casos disminuciones significativas en la producción

Por tal razón se presenta un diseño de sistema de drenaje con miras a recuperar un suelo en la Finca San Martín de la vereda Las Brisas del municipio de Saladoblanco.

Así de esta manera se pretende mejorar los sistemas productivos tradicionales buscando mayor competitividad y facilitando el acceso de los campesinos caficultores a estas prácticas agrícolas que generan una mayor productividad y rentabilidad para los caficultores; buscando la optimización del uso racional del agua y mejorar los volúmenes de producción y por ende mejorar la calidad de vida del sector cafetero de este municipio.

2. JUSTIFICACION

Colombia se caracteriza por ser un país cuya economía gira entorno al sector cafetero, y de la misma manera también es reconocido a nivel internacional por la excelencia y alta calidad de este producto siendo muchos los países que apetecen este producto.

En muchas de las zonas cafeteras, se presentan problemas de excesos de aguas que pueden ser causados por diferentes fenómenos como lluvias fuertes y constantes, fuentes hídricas cercanas, fluctuaciones y niveles freáticos altos, que de una u otra manera, representan un gran problema en el momento de establecer un cultivo, o cuando ya se encuentra establecido; ya que éste no va a contar con un crecimiento y desarrollo adecuados, y va a afectar al productor de manera negativa, ya que tiene que realizar grandes inversiones de tiempo y dinero.

Por tal razón, con el diseño y evaluación ambiental e implementación de un sistema de drenaje, se quiere que otros productores afectados por este tipo de problema en sus predios, hagan uso de tecnologías de adecuación de tierras como lo es el drenaje, el cual garantiza al agricultor del Huila y de Colombia un apropiado crecimiento y desarrollo de sus cultivos en especial del café, reflejándose en un buen estado del cultivo, en la calidad y rendimiento de sus producciones y así mismo, en la rentabilidad que asegura una mejor calidad de vida.

3. MARCO CONCEPTUAL

3.1 CONCEPTOS BÁSICOS DE DRENAJE AGRÍCOLA

El drenaje agrícola es una práctica antigua, aplicándose generalmente como único medio las zanjas abiertas para el control del nivel freático y la acumulación excesiva del agua de la superficie del terreno por encharcamiento. El desarrollo de esta metodología fue acompañado por los conocimientos crecientes de los principios de drenaje, desde experiencias y pericias, hasta una ciencia basada en las interrelaciones complejas entre las condiciones hidrológicas, hidrogeológicas y agronómicas.

En este sentido, uno de los aspectos más importantes de competencia de la Ingeniería Agrícola y profesiones afines, es el conocimiento del diseño, operación y mantenimiento de los sistemas de riego y drenaje.¹

3.1.1 Drenaje Superficial. Cuando el agua de riego y el agua de lluvia que se distribuye sobre el terreno se prolongan durante largos periodos, el agua en exceso puede acumularse en la superficie del suelo, trayendo como consecuencia el encharcamiento. Para eliminar el agua encharcada de la superficie del terreno, se aplica el drenaje superficial.²

3.1.2 Drenaje Subterráneo. Parte del agua de riego o de lluvia que se infiltra en el suelo quedará almacenada en los poros y será utilizada por los cultivos y otra parte, se perderá por percolación profunda originando la elevación del nivel freático. Cuando el nivel freático alcanza la zona radicular, las plantas pueden sufrir daños debido al anegamiento. Para eliminar el agua en exceso de la zona radicular y las sales disueltas del suelo se utiliza el drenaje subterráneo, que permite el flujo de agua freática hacia los drenes.

Para la solución de los problemas de encharcamiento en la superficie del terreno, anegamiento del suelo y para evitar la salinización se utiliza el drenaje agrícola, que es la eliminación de los excesos de agua y sales disueltas en las capas superficiales y subterráneas del terreno por medios artificiales.³

¹ PIZARRO, Fernando, Drenaje agrícola y recuperación de suelos salinos, 1978.

²⁻³ GOICOCHEA R., J. Flujo de agua subterránea hacia los drenes, 2005.

3.2 COMPONENTES DE UN SISTEMA DE DRENAJE SUBTERRANEO

Un sistema de drenaje está constituido por tres componentes (figura 1):

- Un sistema de drenaje parcelario, que impide el encharcamiento del terreno y/o regula el nivel freático en sitios críticos, constituidos principalmente por subdrenes laterales.
- Una red principal de drenaje que transporta el agua fuera del área agrícola, constituido por drenes colectores o principales.
- Una salida, por donde el agua drenada es evacuada fuera de la zona.

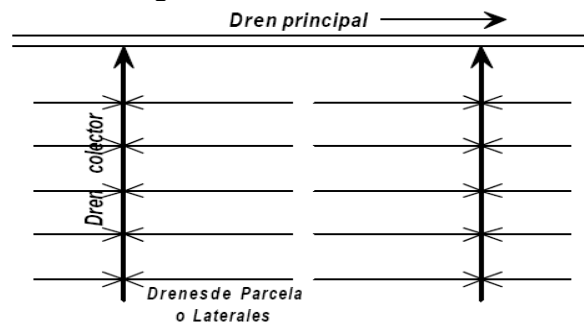


Figura 1. Diagrama de flujo de una red de drenaje

Fuente: Goicochea R., 2005.

La función de los drenes colectores, es recoger el agua de los drenes laterales y transportarla a los drenes principales cuya función es evacuar el agua fuera de la zona. Es importante destacar que no siempre hay una distinción clara de las funciones de los drenes, por que los drenes colectores y de parcela tienen una misión de transporte, y todos los drenes colectores y principales también controlan en parte la profundidad del agua freática.⁴

3.3 FACTORES QUE INFLUYEN EL NIVEL FREÁTICO

La precipitación y otras fuentes de recarga, la evaporación y las descargas de otro origen, las propiedades de los suelos, la profundidad y el espaciamiento de los drenes, la superficie de la sección transversal de los drenes, el nivel del agua en los drenes.

3.4 TIPOS DE DRENAJE

Un sistema de drenaje puede estar constituido por un sistema de drenes abiertos y/o un sistema de drenes de tubería enterrada.

⁴ GOICOCHEA R., J. Flujo de agua subterránea hacia los drenes, 2005.

3.4.1 Sistema de Drenes Abiertos. Un sistema de drenes abiertos tiene la ventaja que también puede recibir la escorrentía superficial (drenaje superficial), pero tiene como principales inconvenientes la pérdida de terreno para el cultivo, interferencia con los sistemas de riego (cuando existen), división del terreno en pequeñas parcelas que dificulta las labores agrícolas; así mismo, el costo del mantenimiento (figura 2).

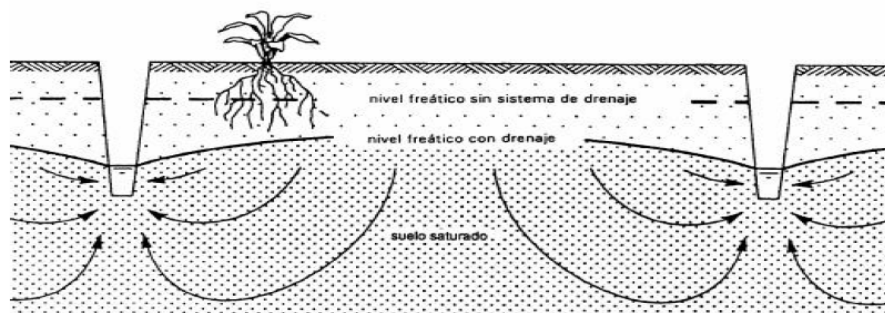


Figura 2. Drenaje abierto
Fuente: Goicochea. R., 2005

3.4.2 Sistema de Drenes Enterrados. Un sistema de drenes enterrados presenta las ventajas de no limitar el área cultivable, no interfiere con los sistemas de riego, no hay división del terreno en pequeños lotes. La principal limitación es indudablemente los altos costos de instalación⁵ (figura 3).

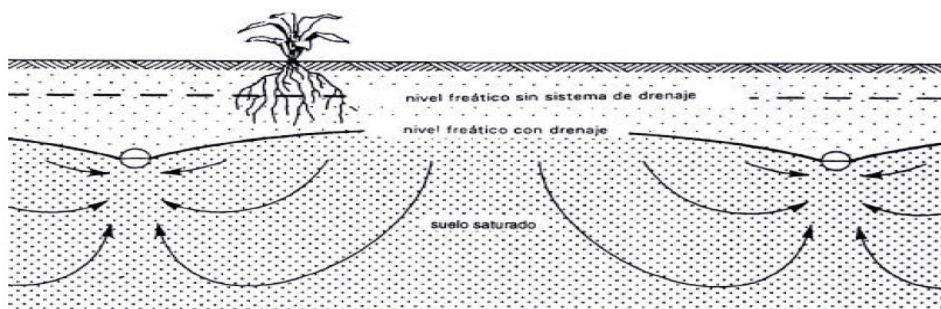


Figura 3. Drenaje Enterrado
Fuente: Goicochea. 2005

⁵ GOICOCHEA R., J. Flujo de agua subterránea hacia los drenes, 2005.

3.5 INFILTRACIÓN

La infiltración es el mecanismo por medio del cual el agua penetra en los horizontes de la superficie del suelo y se mueve hacia el manto freático. Las características del suelo son factores que afectan la infiltración; entre ellas se destacan la textura, la estructura, la cantidad y tipo de arcillas y los contenidos de materia orgánica.

Según Norero (1974) citado por Malagón y Montenegro 1990, la infiltración es un proceso de importancia técnica en relación con el manejo eficiente de los recursos agua y suelo. Ella determina la posibilidad de almacenar suficiente agua para los cultivos; no obstante, si la infiltración es inadecuada, las plantas quedan expuestas a deficiencias hídricas y pérdidas en la productividad.⁶

3.5.1 Infiltrómetro de anillo simple. Los anillos de infiltración sirven para hacer pruebas que determinan la permeabilidad en suelos, simulando el proceso de infiltración del agua en el suelo desde áreas de inundación amplias. Su diámetro puede variar regularmente entre 30 y 60 cm y su altura entre 20 y 30 cm. Las pruebas se realizan enterrando verticalmente el anillo en el suelo unos centímetros, llenándolo con agua de calidad similar a la lluvia típica del terreno y midiendo la tasa de descenso de esta agua. Así se simula el área de inundación⁷ (figura 4).

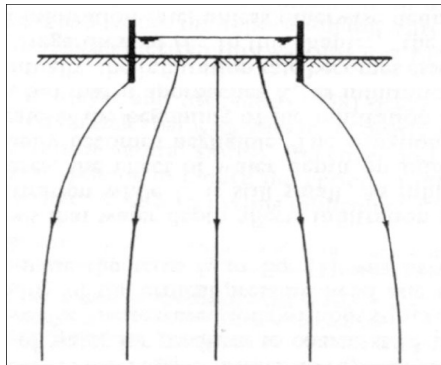


Figura 4. Distribución del agua en el suelo mediante la infiltración con anillo simple

Fuente: Cox, 2006

⁶ MALAGÓN Y MONTENEGRO, Propiedades físicas de los suelos, IGAC 1990

⁷ COX, Cristóbal. Determinación de la conductividad hidráulica en la zona no saturada con el Infiltrómetro de anillo, 2006

Para la evaluación de la infiltración hidráulica en terrenos no alterados se emplea el modelo matemático de Kostiakov.⁸

$$I_a (\text{cm}) = K t^m$$

Donde:

I_a es la infiltración acumulada (cm.),

t tiempo medido en minutos,

K y m son constantes que dependen del suelo.

$$I (\text{cm /hr}) = K' t^{-n}$$

Donde:

I es la infiltración Básica (cm. /hr).

t tiempo medido en minutos,

K' y n son constantes que dependen del suelo.

Para la interpretación de los resultados de la prueba de infiltración, se emplea los rangos mostrados en la tabla 1.

3.6 CONDUCTIVIDAD HIDRAULICA

La conductividad hidráulica saturada en campo (K_{fs}) es una propiedad clave en la descripción de los procesos de infiltración y redistribución de agua en el suelo, motivo por el que el conocimiento de este parámetro es esencial para la solución de muchos problemas de aplicación agronómica. La conductividad hidráulica es altamente variable en el tiempo y en el espacio afectado por factores como el manejo del suelo; el valor de la conductividad hidráulica depende en su mayor medida de la estructura del suelo en su conformación, ya que hay que tener en cuenta la distribución de los perfiles y la presencia de piedras en su interior.⁹

3.6.1 Método del Pozo Barrenado. Consiste en la perforación de un pozo de profundidad mínima de 2.0 m y diámetro de 10 cm, para realizar las mediciones de la variación de niveles de agua freática en el suelo, con el fin de determinar la capacidad de conducción del agua a través de los diferentes horizontes en forma transversal (figura 5).

⁸ MALAGÓN Y MONTENEGRO, Propiedades físicas de los suelos, IGAC 1990

⁹ GARCÍA-SINOVAS, D., y otros., Comparación de los permeámetros de Guelph y Philip-dunne para la estimación de la conductividad hidráulica saturada del suelo. 2002

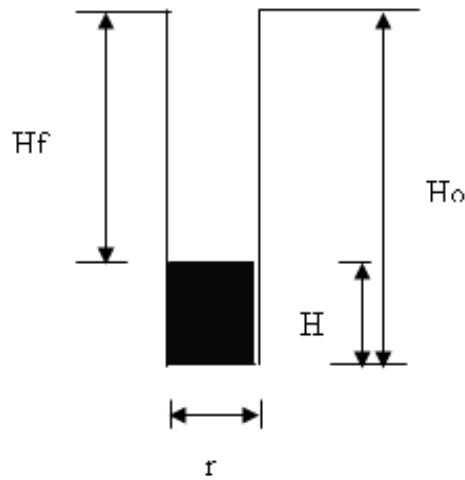


Figura 5. Diagrama del método de pozo barrenado para medir la conductividad hidráulica en campo

Fuente: Cox, 2006

Para la evaluación de la conductividad hidráulica en terrenos no alterados se emplea el modelo matemático de Porche, citado por Malagón (1990)¹⁰

$$K = 432 r \frac{\text{Log}(h_o + r/2) - \text{Log}(h_f + r/2)}{t_n - t_o}$$

Donde:

- r radio del pozo (cm.),
- h_o profundidad inicial de la lámina de agua (cm.),
- h_f profundidad final de la lámina de agua (cm.),
- t_n tiempo de duración de la prueba (min.),
- t_o tiempo inicial de la prueba (min.).

Para la Interpretación de los resultados de la prueba de conductividad hidráulica se utiliza la tabla 1.

¹⁰ MALAGÓN Y MONTENEGRO, Propiedades físicas de los suelos, IGAC 1990

Tabla 1. Interpretación de la Conductividad Hidráulica e infiltración

CONDUCTIVIDAD HIDRAULICA (cm/hora)	VELOCIDAD DE INFILTRACION (cm/hora)	INTERPRETACION
<0.1	<0.1	Muy lenta
0.1 – 0.5	0.1 – 0.5	Lenta
0.6 – 2.0	0.5 – 2.0	Moderadamente lenta
2.1 – 6.0	2.0 – 6.3	Moderada
6.1 – 13.0	6.3 – 12.7	Moderadamente rápida
13.1 – 25.0	12.7 – 25.4	Rápida
> 25.4	> 25.4	Muy rápida

Fuente: Malagón y Montenegro, IGAC, 1990

3.7 CRITERIO DE DRENAJE PARA ZONAS DE LADERA

El criterio mas importante a la hora de definir el diseño de un sistema de drenaje en zonas de ladera es el aprovechamiento de la pendiente a favor para la evacuación rápida de los excesos de agua encontrados en el lote; es relevante considerar las velocidades de circulación del agua, ya que si ésta es muy rápida, puede generarse la formación de cárcavas conllevando a procesos erosivos con arrastre de suelo y deterioro del mismo, disminuyendo las áreas productivas, y a su vez agradando el problema.¹¹

3.8 EXPERIENCIAS DE DRENAJE EN EL SECTOR CAFETERO

Se tiene como antecedentes de mejoramiento de las condiciones de saturación hídrica de suelos en zonas de ladera del sector cafetero, sistemas de drenaje para el control y disminución de efectos negativos generados en el suelo como consecuencia de precipitaciones excesivas que dan origen a cárcavas; estos diversos sistemas de drenaje facilitan la evacuación de aguas superficiales y de percolación, lo que conlleva a un manejo adecuado de los procesos erosivos.

3.9 ALTERNATIVAS DE DRENAJE NO CONVENCIONALES

3.9.1 Filtros vivos. Los filtros vivos, consisten en la construcción de zanjas en espina de pescado, en sentido de la pendiente del terreno de 0,5 a 1 m de profundidad. Estas Zanjas se llenan con varios tendidos (3 a 4) de guaduas jóvenes (menores de dos años de edad) para que rebroten fácilmente, o con ramas vivas de quiebrabarrigo, mata ratón, leucaena entre otras, tendidas a todo lo largo y en el sentido de la pendiente. La longitud de la guadua y las ramas vivas pueden ser de 1 a 3 m dependiendo de la irregularidad del

¹¹ CENICAFE, Manual de conservación de suelos de ladera. 1975.

terreno, las cuales se colocan unas a continuación de otras en forma ininterrumpida hasta el drenaje natural bien protegido. La finalidad de estos filtros es la de sacar del terreno lo más rápidamente posible los excesos de agua saturantes y dejarlo en una condición de capacidad de campo que impida su desplazamiento ladera abajo. A la vez el material vivo rebrota y aumenta el amarre, anclaje y cohesión del terreno¹² (figura 6).



Figura 6. Filtros en espina de pescado hechos con guadua y nacedero

Fuente: Rivera, 2002

3.9.2 Drenaje mediante el empleo de especies vegetales que realizan el efecto de bombeo. Este tipo de sistema de drenaje se realiza mediante la instalación de plantas enraizadas o estaquillas de especies que tienen un alto consumo de agua y son capaces de prosperar en sitios húmedos. Las herbáceas y gramíneas se establecen en zonas húmedas mediante siembra o en forma de alfombras de semilla, césped, cañas, o estaquillas de rizomas. Se necesitan especies vegetales con un alto consumo de agua (plantas con capacidad de bombeo - Freatófitas), especialmente plantas de enraizamiento profundo.¹³

3.9.3 Drenaje con fajinas vivas. Se construyen las fajinas, con ramas o estacas vivas, en manojos largos de aproximadamente 3 m, en forma de salchicha, aproximadamente de 20 a 40 cm de diámetro. El extremo superior de las ramas debe siempre apuntar en la misma dirección. Las fajinas se atan entre sí con alambre, a intervalos aproximados de 50 cm y seguidamente se colocan en el canal de drenaje.

¹² RIVERA P., José Horacio. Prevención y restauración de suelos degradados en zonas de ladera tropicales mediante tratamientos biológicos y de bioingeniería. 2002

¹³⁻¹⁵ Manual de ordenación de cuencas Hidrográficas. Estabilización de laderas con sistemas Biotécnicos de Drenaje.

Si se drena el agua de una profundidad superior a 30 o 40 cm, se debe cavar una zanja más profunda y rellenarla con suficiente grava, de modo que las fajinas queden enrasadas con el terreno. Los drenajes de fajinas deben conectarse con el más próximo sistema de drenaje que sea apropiado para la evacuación del agua.

Después de su colocación, las fajinas deben cubrirse con tierra de modo que todas las ramas queden tapadas y puedan enraizar y desarrollarse. Hay que tener cuidado, asegurándose de que no pueda correr el agua por debajo de las fajinas y las arrastre. Las fajinas se sujetan contra el suelo con estacas vivas o postes de una longitud mínima de 60 cm y diámetro mínimo de 5 cm. Las estacas se clavan en el terreno diagonalmente a través de las fajinas a una distancia de 80 cm entre sí (figura 7).

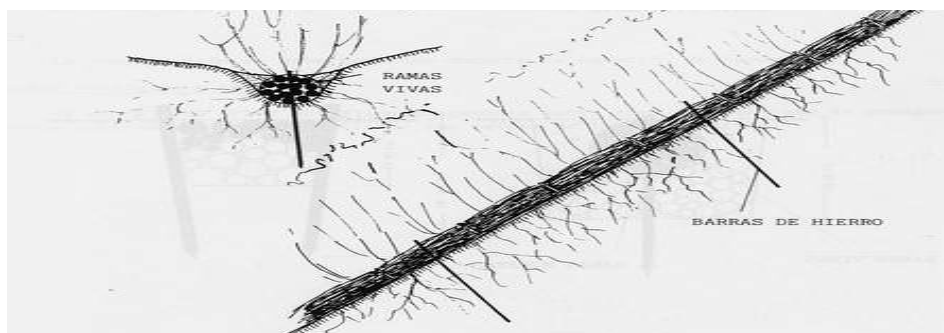


Figura 7. Ubicación de la fajina en el lote

Fuente: www.fao.org/DOCREP/006/AD0815s/AD018s05.htm

3.9.4 Drenajes de Grava. Se vuelca material permeable (grava, etc.) en capas, al pie de la ladera; durante el proceso de relleno se tienden ramas o estaquillas grandes, ya sea en capas o una a una, de tal forma que sus extremos alcancen el material natural original (Fig. 8). En circunstancias excepcionales, pueden insertarse las ramas después de haber echado el relleno, pero esto sólo puede hacerse cuando el material y la resistencia de la base del drenaje de grava lo permiten. Después de hacer el relleno, hay que cubrir la superficie con vegetación.¹⁴

¹⁴ Manual de ordenación de cuencas Hidrográficas. Estabilización de laderas con sistemas Biotécnicos de Drenaje.

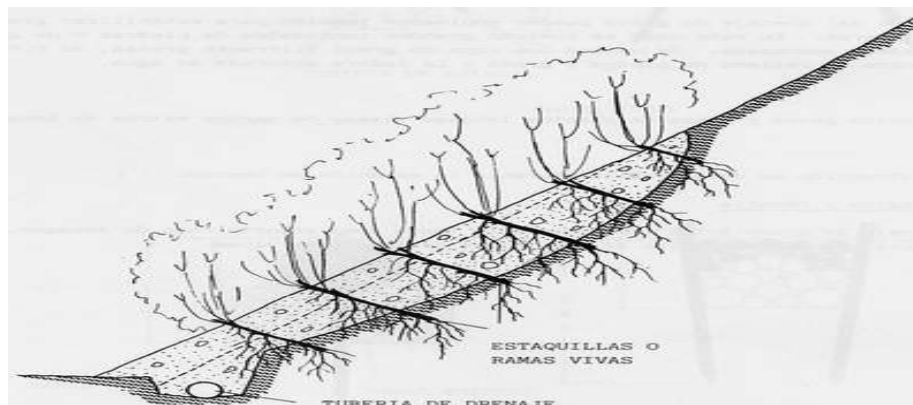


Figura 8. Disposición de un drenaje de grava
Fuente: www.fao.org/DOCREP/006/AD0815s/AD018s05.htm

3.10 CONCEPTOS DE IMPACTO Y EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

Los impactos ambientales son efectos que originan una determinada acción humana sobre el medio ambiente. Los resultados pueden ser positivos o negativos y se pueden catalogar en: efectos sociales, efectos económicos, efectos tecnológico-culturales y efectos ecológicos.

El término impacto ambiental se utiliza en dos campos diferenciados, aunque relacionados entre sí: el ámbito científico y el jurídico-administrativo. El primero a dado lugar al desarrollo de metodologías para la identificación y la valoración de los impactos ambientales, incluidas en procesos que se conocen como evaluación de impacto ambiental (EIA); el segundo ha producido una serie de leyes y normas que garantizan que un determinado proyecto pueda ser modificado o rechazado debido a sus consecuencias ambientales, esto, es, los impactos que ocasionan una determinada acción.

Cuando se coloca en marcha un proyecto de riego o drenaje existe una serie de beneficios y una serie de cuestiones desfavorables, llamados impactos negativos o positivos respectivamente. Según el grado en que se presente o no estos impactos se pueden concluir si un proyecto es ambientalmente viable o no, así mismo, encontrar unas medidas que puedan mejorar la calidad ambiental entendiéndose esto como la interacción entre el proyecto y el medio convirtiéndose esta relación en un ambiente de desarrollo sostenible.

Según Olaya 1999, "Los proyectos de adecuación de tierras pueden llegar a constituir directa o indirectamente, una amenaza contra la estabilidad no solo

de los ecosistemas estratégicos, sino también contra la sostenibilidad de si mismo y de otros proyectos”.

La identificación de estos proyectos y sus grados de afectación a una zona, denominada, zona de influencia, por una varias metodologías, se encuentra ya estudiada y se denomina estudio de impacto ambiental.

La evaluación de impacto ambiental (EIA), es una metodología empleada para predecir las consecuencias ambientales de una propuesta o decisión legislativa, la implementación de políticas y programas o la puesta en marcha de proyectos de desarrollo.

Un EIA debe comprender una serie de pasos: 1) Un examen previo para decidir si un proyecto requiere un estudio de impacto ambiental y hasta que nivel de detalle; 2) Un estudio preliminar, que sirve para identificar los impactos clave y su magnitud, significado o importancia; 3) Una determinación de su alcance para determinar que EIA se centra en cuestiones clave y determinar donde se necesita una información mas detallada; 4) El estudio en si consiste en meticulosas investigaciones para predecir y/o evaluar el impacto.

El proceso suele implicar la contraposición de opciones, la propuesta de medidas preventivas, la preparación de un informe llamado plan de manejo ambiental y el subsiguiente seguimiento y evaluación.¹⁵

¹⁵ OLAYA, Alfredo. Impacto ambiental en proyectos de riego y drenaje. Algunas directrices conceptuales y metodológicas. 1999.

4. METODOLOGIA

4.1 IDENTIFICACIÓN Y RECONOCIMIENTO DE CAMPO

En primera medida se hace identificación y reconocimiento preliminar del área afectada donde se observa su grado de afectación, estado del cultivo, y también se tratará de determinar la causa del anegamiento.

4.2 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN DE CLIMA, SUELO, HIDROLOGIA Y CULTIVOS

Se toma como referencia la estación agro meteorológica de Medianía que es la más cercana a la zona de influencia, y se solicita al IDEAM la información de clima (precipitación), mensual de los últimos 20 años donde se examina las variaciones y distribución de las lluvias en la zona, donde se identifica la lluvia crítica y la recarga por escorrentía siguiendo la metodología de Pizarro (1978); además, se realiza el muestreo de suelos para su análisis físico y químico (macro elementos) con el fin de conocer las condiciones físicas como textura, densidad aparente, estructura, que sirven como referencia para la realización del diseño de drenaje. También se hacen las respectivas pruebas de infiltración básica, conductividad hidráulica; y aforo de los drenes principales existentes en el lote para determinar el caudal a evacuar.

4.3 PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO

4.3.1 Color. Para la determinación del color se emplea la metodología del Sistema Munsell citado por Ovalle (2003), que describe todos los posibles colores en términos de tres coordenadas: matiz (Hue) que mide la composición cromática de la luz que alcanza el ojo; claridad (Value), el cual indica la luminosidad o oscuridad de un color con relación a una escala de gris neutro; y pureza (Chroma), que indica el grado de saturación del gris neutro por el color del espectro.

La tabla Munsell está compuesta de hojas, representando cada una de ellas un matiz específico que aparece en la parte superior derecha de dicha página. Cada hoja presenta una serie plaquitas o "chips" diferentemente coloreados y sistemáticamente arreglados en la hoja, que representan la claridad y la pureza. Las divisiones de claridad se presentan en sentido vertical, incrementando su valor (haciéndose más claro) de abajo hacia

arriba; las divisiones de pureza se presentan en sentido horizontal, en la parte inferior de la hoja, incrementándose de izquierda a derecha.¹⁶

4.3.2 Textura. La metodología empleada para determinar la textura de las diferentes muestras del suelo analizadas en el laboratorio consiste en la identificación de las cantidades de arena, limos y arcillas presentes en el suelo por medio sensorial a través de la manipulación de las muestras en estado húmedo, realizando fricción entre las yemas de los dedos pulgar e índice, basado en la experiencia del laboratorista.

4.3.3 Densidad aparente. Por medio del método del terrón parafinado se determina la densidad aparente del suelo, empleando para ello un terrón de tamaño pequeño, el cual luego de ser pesado es sumergido en parafina líquida con lo que se busca cerrar los poros que tenga; posteriormente se introduce el terrón parafinado en un volumen de agua conocido en un beaker. Los valores de volumen desplazado y masa del terrón, son aplicados en fórmulas matemáticas para determinar el valor de la densidad aparente.

$$\rho_b = M_s / V_t$$

Donde: ρ_b es la densidad aparente, M_s es la masa del terrón y V_t es el volumen ocupado por el terrón considerando los espacios porosos.

4.3.4 Densidad real. Empleando el método del picnómetro para determinar el peso de los sólidos del suelo respecto al volumen que ocupan, sin considerar ningún espacio poroso.

$$\rho_s = M_s / V_s$$

4.3.5 Porosidad total. La porosidad total es determinada en función de la densidad aparente y la densidad real del suelo:

$$f = 1 - (\rho_b / \rho_s)$$

4.3.6 Capacidad de campo. Se determina empleando el método de olla de Richard.

4.3.7 Punto de marchitez permanente. Se determina empleando el método de olla de Richard.

¹⁶ OVALLES V., Francisco. El color del suelo: definiciones e interpretaciones, 2003.

4.4 PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO

La caracterización básica de propiedades químicas del suelo (anexo E), fue suministrado por el Comité Departamental de Cafeteros del Huila, allí se exponen las metodologías para la identificación de cada uno de los componentes químicos del estudio de suelos.

El pH es determinado con el pH-metro digital, de igual forma para la determinación de la Conductividad eléctrica se emplea el Conductímetro digital del laboratorio de Suelos de la Universidad Surcolombiana.

4.5 INFILTRACIÓN

Se emplea el método del Infiltrómetro de anillo simple simulando el proceso de infiltración del agua en el suelo desde áreas de inundación amplias. Su diámetro puede variar regularmente entre 30 y 60 cm y su altura entre 20 y 30 cm. Las pruebas se realizan enterrando verticalmente el anillo en el suelo unos centímetros, llenándolo con agua de calidad similar a la lluvia típica del terreno y midiendo la tasa de descenso de esta agua.

4.6 PRUEBAS DE CAMPO Y MEDICIONES (TOPOGRÁFICA, AGROLÓGICOS)

Se construyen 15 pozos de observación ubicándose en forma de red rígida para observar las variaciones del nivel freático por un periodo de 90 días; con un GPS se georreferencia la ubicación del predio y los pozos de observación con el fin de determinar el área afectada e identificar las curvas de nivel para la realización del diseño.

4.7 CÁLCULO DE RECARGAS

4.7.1 Lluvia Crítica: La recarga por lluvia se determina mediante la metodología de Pizarro (1978), que consiste en evaluar las lluvias con el criterio de aquella precipitación que en un año fuera igualada o superada 5 veces.

4.7.2 Cálculo de la escorrentía: Se emplea el Método del Número de Curva, adaptado por Rojas, en el cual se calcula la escorrentía total en un determinado período de tiempo, y no la crecida máxima instantánea. Este enfoque está basado en el drenaje superficial con fines agrícolas, donde lo importante es evacuar el exceso de agua en un tiempo razonable de acuerdo

a la sensibilidad del cultivo, y por lo tanto, lo que interesa no es precisamente la crecida máxima, sino la escurrentía total. Por consiguiente, se acepta además, que parte del lote puede estar inundado durante algunas horas.

4.8 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE INFORMACIÓN – ISOBATAS, ISOHÍPSAS

Después de reconocer e identificar el área agrícola, se hacen las mediciones y pruebas de campo; con la aplicación de programas informáticos como Autocad 2008, Surfer 8, Track-Maker, Map Source, H_canal, Balance Decadal; se procesa debidamente la información donde se obtiene los diagramas como las isohípsas, isobatas e hidrogramas, sección de canales y balance hídrico para el cultivo del café.

Teniendo en cuenta la información obtenida en los estudios previos; se opta por seleccionar el procedimiento establecido para el diseño de acuerdo al régimen variable de lluvias ya que se presentan en forma periódica con intensidades altas y poca duración, por lo que se lleva a cabo el diseño de drenaje que mejor se ajusta a las necesidades económicas, técnicas y ambientales.

Para el diseño del sistema de drenaje se tiene en cuenta el procedimiento establecido por Glover-Dumm, citado por Pizarro (1978)¹⁷, en el que se establecen los parámetros para el dimensionamiento y espaciamento de los drenes de la red de drenaje.

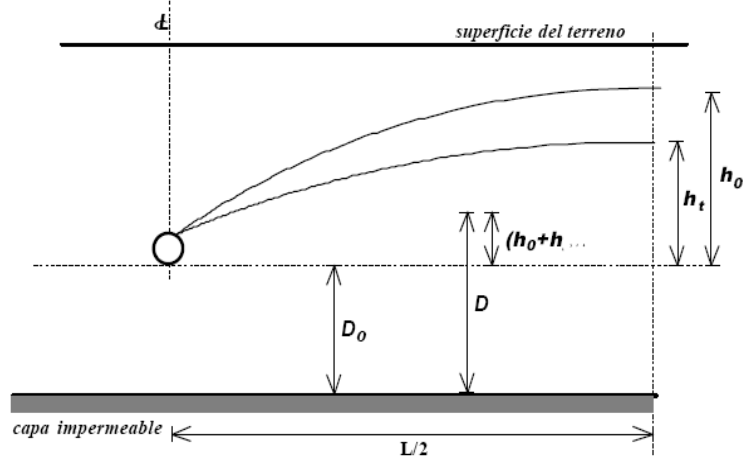


Figura 9. Esquematización del flujo de drenaje de acuerdo a Glover-Dumm.
Fuente: Goicochea, 2005.

¹⁷ Drenaje agrícola y recuperación de suelos salinos, Fernando Pizarro, 1978.

Se emplea la ecuación:

$$L^2 = \frac{\Pi^2 KD}{\mu \cdot \ln\left(1.16 \frac{h_0}{h_t}\right)} \cdot t$$

Donde:

- L Espaciamiento de los drenes (m).
- K Conductividad hidráulica (m/día).
- D Espesor del estrato en donde hay flujo horizontal (m).
- μ Macroporosidad.
- h_0 Altura de la capa freática sobre el fondo del dren antes del descenso (m).
- h_t Altura de la capa freática sobre el fondo del dren después del descenso (m).
- t Tiempo en que debe ocurrir el descenso de la capa freática (días)

Para el cálculo del caudal a evacuar se emplea la ecuación:

$$Q=0,073*(K*D*ho*I/L)$$

Donde:

- D D_1+D_2 ,
- L Espaciamiento entre drenes,
- I longitud del dren.

Para el calculo del diámetro de la tubería se emplea la ecuación:

$$d = 0.2557 * Q^{0.375} * i^{-0.187}$$

Donde:

- Q Caudal a evacuar
- i Infiltración.

4.9 METODOLOGÍA PARA LA IDENTIFICACIÓN Y PONDERACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES DEL PROYECTO

Para la identificación de los impactos ambientales significativos del proyecto, se utilizan tres (3) métodos, sugeridos por Olaya (1999) así: Método de la encuesta, Diagrama de Redes y Matriz de Leopold. Igualmente se delimita un área de influencia del proyecto en donde se considera tendrá una mayor repercusión de los impactos seleccionados.

4.9.1 Método de la encuesta: Se utiliza el formato (Anexo M) propuesto por Olaya (2003) que consta de diez preguntas. Las encuestas fueron distribuidas entre:

- 14 agricultores vecinos que laboran como recolectores de café en épocas de cosecha.
- Manuel Hernández Peña, Propietario del predio.

Listado mostrado en el anexo N.

4.9.2 Método de Redes: Este método integra las causas de los impactos y sus consecuencias a través de la identificación de las interrelaciones que existe entre las acciones causales y los factores ambientales que reciben el impacto incluyendo aquellos que representan sus efectos secundarios y terciarios. Dicha interrelación se presenta a través de esquemas que ilustra cuales son los impactos directos e indirectos.

4.9.3 Método de la Matriz de Leopold: La matriz original de Leopold es una lista de acciones que pueden causar cambios ambientales y elementos ambientales que pueden ser afectados. Las acciones se encuentran ubicadas en el eje Horizontal formando las columnas y en el eje vertical los elementos que a su vez forman las filas. Las interacciones de los dos ejes forman una casilla, la cual representan un impacto ambiental.¹⁸

4.10 METODOLOGÍA PARA LA COMPARACIÓN DE ESCENARIOS AMBIENTALES Y DETERMINACIÓN DE LA VIABILIDAD AMBIENTAL DEL PROYECTO

Mediante la utilización de esta metodología se establecen tres alternativas que son:

1. sin proyecto.
2. con proyecto.
3. con proyecto y plan de manejo ambiental.

4.11 RESULTADOS Y EVALUACIÓN

Después se evalúa y analiza de una manera exhaustiva todos los datos y resultados obtenidos para tomar la decisión más adecuada con respecto al diseño de drenaje.

Así mismo, se realiza el estudio de Impacto Ambiental con sus respectivas medidas ambientales que cumplan con el objetivo de prevenir, corregir, mitigar y/o compensar los efectos causados en la ejecución de este proyecto.

¹⁸ Diseño de riego y drenaje para un escenario deportivo. José Alfredo Jiménez S. 2006.

5. RESULTADOS Y DISCUSION

5.1 LOCALIZACIÓN

El área de estudio se localiza en la vereda Las Brisas a una elevación de 1705 msnm y 8 Km. del casco urbano del municipio de Salado blanco en el Sur-Oeste del departamento del Huila, su acceso es por carretera destapada por la ruta que conduce a la vereda El Guayabito. Las condiciones climáticas predominantes son temperatura media de 18°C y precipitaciones de intensidad moderada por periodos largos (Figura 10).



Figura 10. Ubicación geográfica del sitio del proyecto
Fuente: CAM

El lote es de forma alargada irregular y tiene un área de 5,59 has con pendiente moderada, cuyos desagües naturales conducen al cauce de la quebrada Las Brisas, la zona es netamente de uso agrícola especialmente en el cultivo de café asociado con plátano y algunos cultivos de pancoger como maíz, frijón, arracacha y yuca entre otros.

5.2 POZOS DE OBSERVACIÓN Y LECTURAS DE NIVEL FREÁTICO

Para el estudio y el seguimiento de los niveles freáticos se perforaron 15 pozos (anexo A) de observación distribuidos en una red rígida cubriendo la totalidad del área de estudio (Tabla 2, figura 11).

Tabla 2. Lecturas de Nivel Freático en la fecha crítica (Noviembre 30 de 2008)

Pozo No.	Georeferenciación		Profundidad NF (m)
	E	N	
1	714947,856	779127,165	1,07
2	714898,749	779091,465	0
3	714876,770	779050,284	0,94
4	714817,414	779096,362	0,96
5	714838,661	779140,362	0
6	714855,282	779171,516	0,91
7	714803,455	779212,190	0,91
8	714784,160	779182,476	0
9	714758,674	779142,892	0,95
10	714692,291	779193,119	0,89
11	714718,390	779225,376	0
12	714755,208	779256,588	0,87
13	714714,754	779318,625	0
14	714675,884	779283,540	0
15	714640,668	779258,493	0

Las lecturas semanales de nivel freático durante el periodo comprendido entre el 1 de septiembre y 30 de noviembre de 2008, cubren parte del periodo de lluvias en la región, por tal motivo se considera válida la información para los diseños del sistema de drenaje.

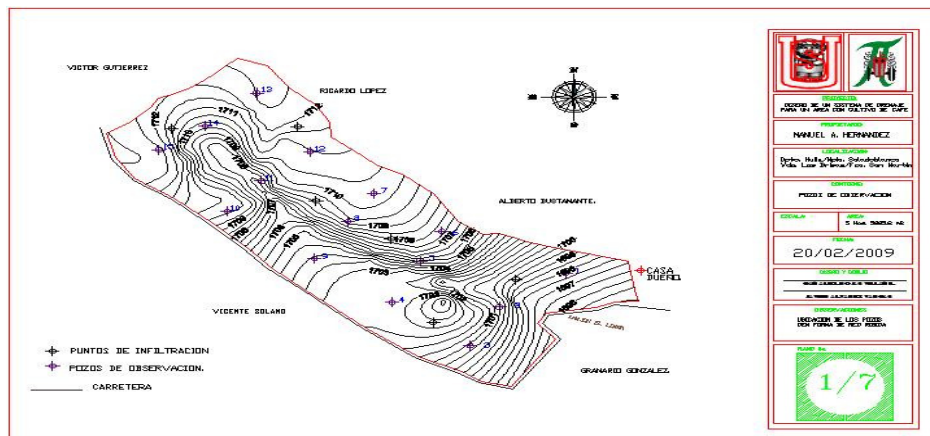


Figura 11. Ubicación de los pozos de observación en la Finca San Martín.

5.3 MAPA DE ISOBATAS.

Con los datos de lecturas semanales consignados en los anexos B y C, se elaboran mapas de isobatas; de los que se selecciona para el diseño aquel que por sus características se interprete como crítico (Tabla 3), teniendo en cuenta la profundidad superficial de agua en el terreno (Figura 12.)

Tabla 3. Valor de profundidad de nivel freático para el día crítico.

Pozo No.	Georeferenciación			Día crítico (nov. 30/2008)	
	Cota del pozo (m)	E	N	Isobata (m)	Isohípsa (m.s.n.m.)
1	1697,7	714947,856	779127,165	1.07	1696,6
2	1697,0	714898,749	779091,465	0	1697,0
3	1712,1	714876,770	779050,284	0.94	1711,2
4	1711,3	714817,414	779096,362	0.96	1710,4
5	1704,8	714838,661	779140,362	0	1704,8
6	1714,6	714855,282	779171,516	0.91	1713,7
7	1715,4	714803,455	779212,190	0.91	1714,5
8	1708,8	714784,160	779182,476	0	1708,8
9	1709,9	714758,674	779142,892	0.95	1708,9
10	1713,3	714692,291	779193,119	0.89	1712,4
11	1709,9	714718,390	779225,376	0	1709,9
12	1714,8	714755,208	779256,588	0.87	1713,9
13	1711,6	714714,754	779318,625	0	1711,6
14	1708,8	714675,884	779283,540	0	1708,8
15	1713,0	714640,668	779258,493	0	1713,0

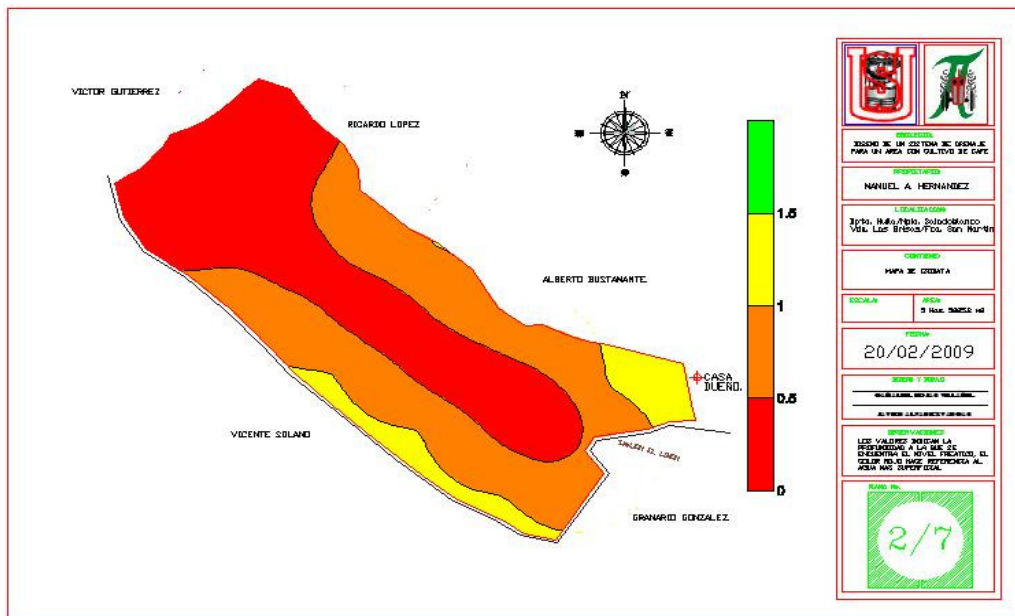


Figura 12. Mapa de la Isobata en la Finca San Martín para el día crítico (Nov. 30/08).

5.4 MAPA DE ISOHÍPSAS

El mapa de la Isohípsa (figura 13) muestra el sentido y dirección del agua freática en el área de estudio. Con la interpretación de este mapa, se orienta la ubicación de los subdrenes y del canal colector.

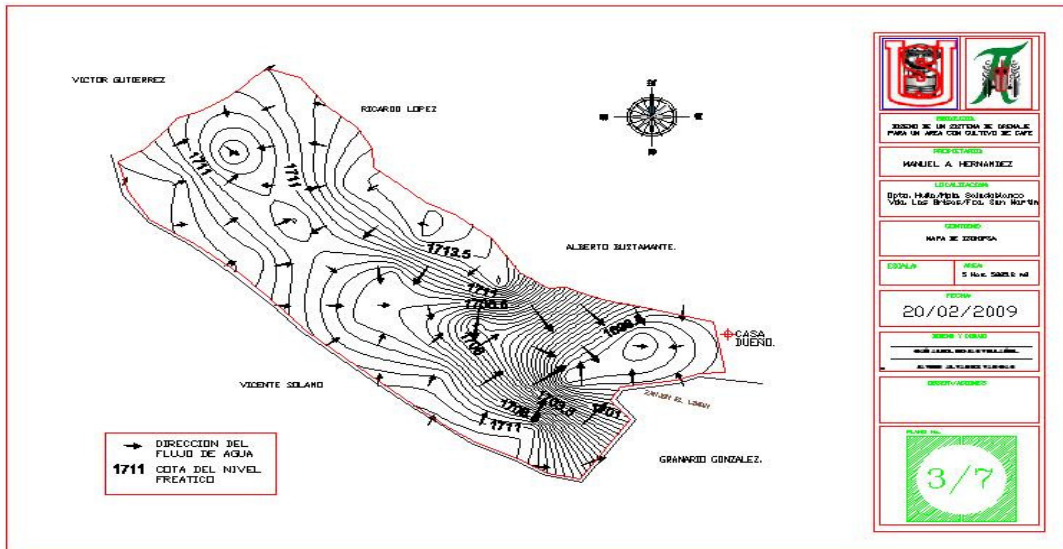


Figura 13. Mapa de la Isohípsa en la Finca San Martín para el día crítico (Nov. 30/08).

5.5 ESTRATIGRAFÍA

Se describe para cada pozo el perfil del suelo, la textura, el espesor del estrato, presencia de arcillas compactadas y nódulos minerales. (Figura 14)

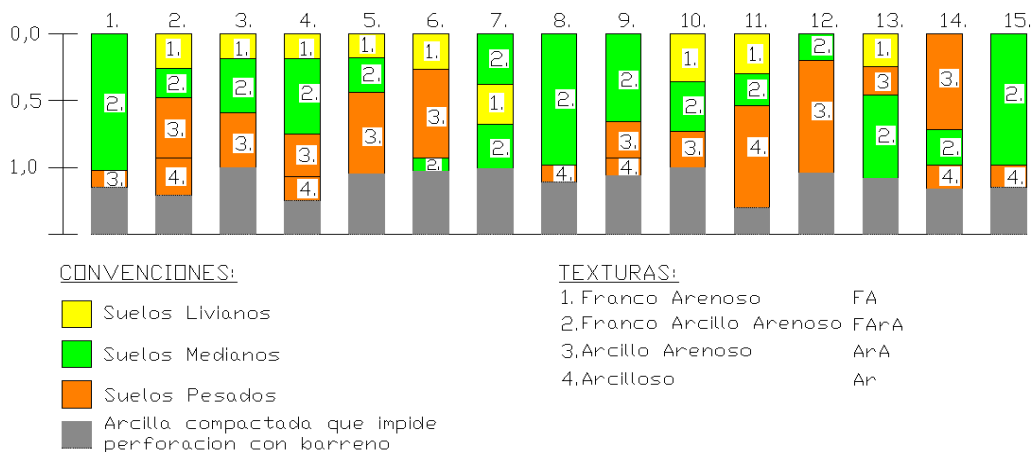


Figura 14. Estratigrafía del suelo en la Finca San Martín.

5.6 PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO

5.6.1 Color del Suelo. Los colores predominantes en los dos primeros estratos del suelo muestran un alto contenido de materia orgánica por su coloración oscura con profundidad promedio de 25 cm (Figura 15).



Figura 15. Esquema de los colores característicos del suelo en la Finca San Martín

5.6.2 Pruebas de Laboratorio. Las muestras 1, 2, 3 y 4 se tomaron del suelo extraído en la elaboración de los pozos 3, 6, 8 y 14 respectivamente; los resultados muestran que la textura del suelo en el primer horizonte es Franco Arenoso, la densidad aparente (D_a) varía entre 1.38 y 1.43 g/cm^3 con presencia de alta concentración de minerales arcillosos a partir de los 40 cm de profundidad. La densidad real (D_r) corresponde a la densidad de suelos minerales, la porosidad total y la macroporosidad son el resultado de la presencia de la fracción arenosa en el horizonte superficial. Este horizonte permite el movimiento del agua, ocurriendo lo contrario con los horizontes subsiguientes. El suelo se clasifica como Inceptisol (tabla 4).

Tabla 4. Propiedades físicas en el primer horizonte de suelo

No Muestra	Textura	D_a (g/cm^3)	D_r (g/cm^3)	Porosidad Total (%)	Macroporosidad (%)
1	FA	1,38	2,54	45,62	17,73
2	FA	1,43	2,46	41,79	13,90
3	FA	1,41	2,38	40,79	12,90
4	FA	1,39	2,50	44,50	16,61

5.7 PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO

El análisis químico del suelo indica los contenidos de los diferentes parámetros para la caracterización básica, con lo que se pretende tener conocimiento de las condiciones actuales de los elementos esenciales en el suelo para un adecuado crecimiento y desarrollo del cultivo del café, además es información básica para desarrollar un plan de fertilización adecuado (tabla 5, anexo E).

Tabla 5. Análisis de las propiedades químicas del suelo.

PARAMETROS QUIMICOS	RESULTADO	UNIDAD
pH	4,6	-
Materia Orgánica (MO)	6,1	%
Fósforo (P)	18	p.p.m.
Potasio (K)	0,2	me/100gr
Calcio (Ca)	1,3	me/100gr
Magnesio (Mg)	0,5	me/100gr
Aluminio (Al)	1,4	me/100gr
Sat. Aluminio (Al)	41,2	%
TEXTURA	FAr	-

Fuente: Fedecafé, 2008.

5.7.1 pH. El pH del área estudiada muestra condiciones desfavorables para el adecuado crecimiento y desarrollo del cultivo principal establecido en el predio (Café), ya que requiere de un pH óptimo entre 5,0 y 5.5 según Fedecafé (2004)¹⁹, por lo que es necesario realizar aplicaciones de enmiendas que tiendan a corregir los excesos de Aluminio intercambiable (tabla 6, figura 16).

Tabla 6. Valores de pH del suelo.

UBICACIÓN (No. Pozo)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
pH	4,6	5,1	4,6	4,3	4,5	5,3	4,7	4,8	4,6	4,9	5,4	4,8	4,2	4,6	4,7

¹⁹ El café de Colombia. El árbol y su entorno FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS. 2004

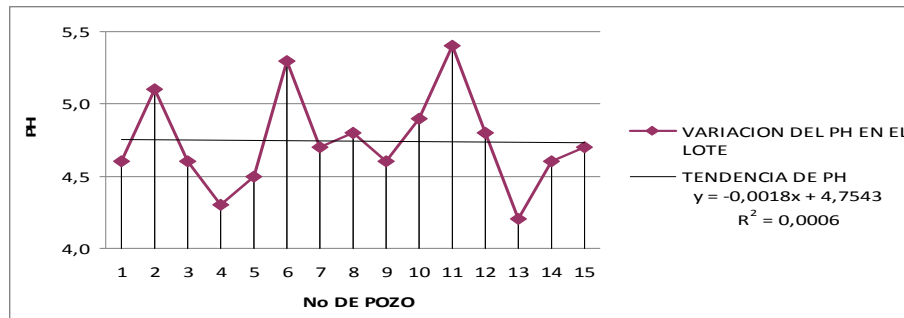


Figura 16. Variación de pH del suelo en la Finca San Martín.

La variación del pH en el agua freática del área se presenta en un rango de 5,3 y 6,3 mostrando igualmente una tendencia a la acidez, pero que no generan mayor inconveniente al estar en el rango óptimo de concentración de sales. En la parte alta del terreno que corresponde a los pozos 14 y 15, donde se tiene el mayor problema de anegamiento, se encuentran valores de pH en los rangos ideales para el cultivo del café (tabla 7, figura 17).

Tabla 7. Valores de pH del agua freática.

No POZO	2	5	8	11	13	14	15
pH	6,3	5,8	5,6	6,1	6,2	5,3	5,6

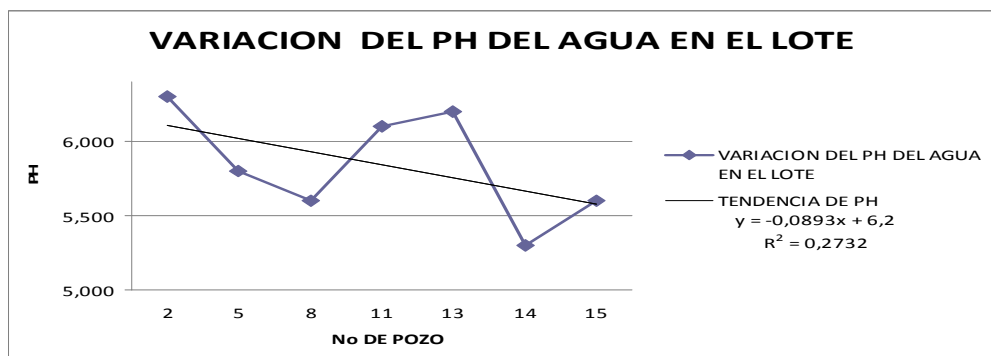


Figura 17. Variación de pH del agua freática en la Finca San Martín.

5.8 CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA DEL SUELO Y EL AGUA FREÁTICA

Las muestras tanto de suelo como de agua freática en los distintos pozos de observación a 60 cm de profundidad muestran valores con rangos normales lo cual indica que no se presentan problemas de salinidad en el suelo, por lo que no es necesario realizar un tratamiento de lavado (Tabla 8, figura 18)

Tabla 8. Valores y calificación de la conductividad eléctrica del suelo y agua freática.

Ubicación No. POZO	CE suelo (ds/m)	CE agua (ds/m)	CALIFICACION
1	0,0128	N.A.	NORMAL
2	0,0229	0,0080	NORMAL
3	0,0122	N.A.	NORMAL
4	0,0109	N.A.	NORMAL
5	0,0156	0,0083	NORMAL
6	0,0128	N.A.	NORMAL
7	0,0137	N.A.	NORMAL
8	0,0229	0,0085	NORMAL
9	0,0113	N.A.	NORMAL
10	0,0094	N.A.	NORMAL
11	0,0130	0,0092	NORMAL
12	0,0109	N.A.	NORMAL
13	0,0122	0,0101	NORMAL
14	0,0113	0,0011	NORMAL
15	0,0136	0,0137	NORMAL

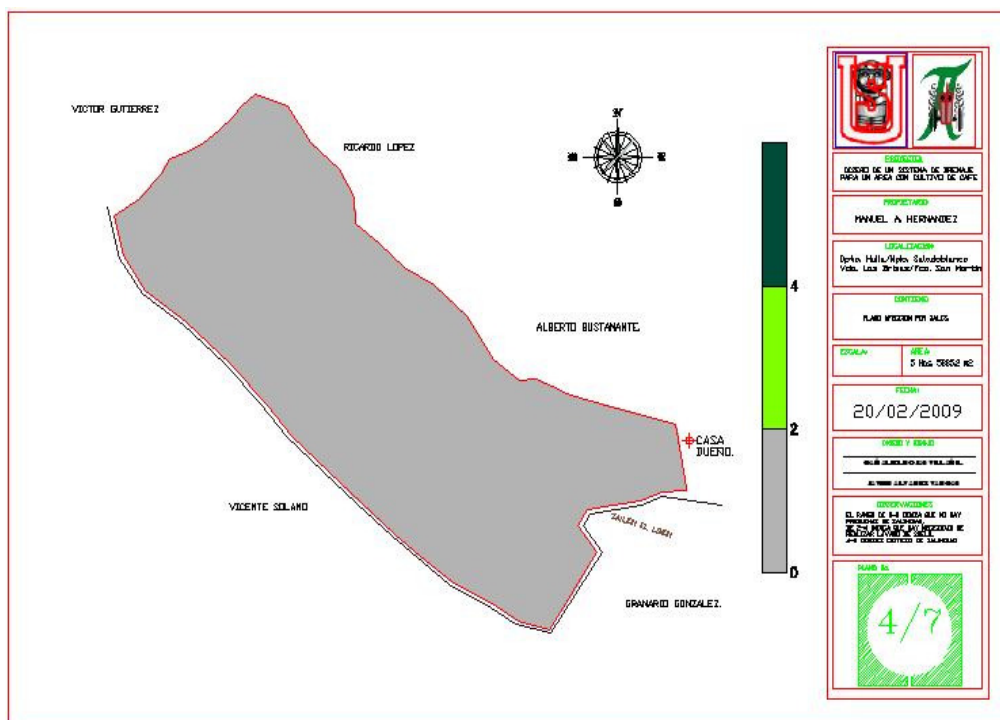


Figura 18. Mapa de afección por sales en la Finca San Martín.

5.9 CONDUCTIVIDAD HIDRAULICA

La prueba de conductividad hidráulica refleja una evacuación moderadamente lenta y/o lenta en algunos sectores del lote, lo que dificulta un drenado rápido de los excesos de agua causados por las precipitaciones. La presencia de arcillas en la parte inferior de los estratos del suelo causa un aumento de retención de agua, lo que disminuye considerablemente la capacidad de conducción (Tabla 9, figura 19)

Tabla 9. Interpretación de la Conductividad Hidráulica del suelo

PRUEBA	CONDUCTIVIDAD HIDRAULICA (m/día)	INTERPRETACIÓN
1	0,15	Moderadamente Lenta
2	0,11	Lenta
3	0,13	Moderadamente Lenta
4	0,15	Moderadamente Lenta
5	0,10	Lenta
6	0,11	Lenta
7	0,08	Lenta
8	0,10	Lenta
9	0,14	Moderadamente Lenta
10	0,22	Moderadamente Lenta
11	0,10	Lenta
12	0,10	Lenta
13	0,10	Lenta
14	0,11	Lenta
15	0,07	Lenta

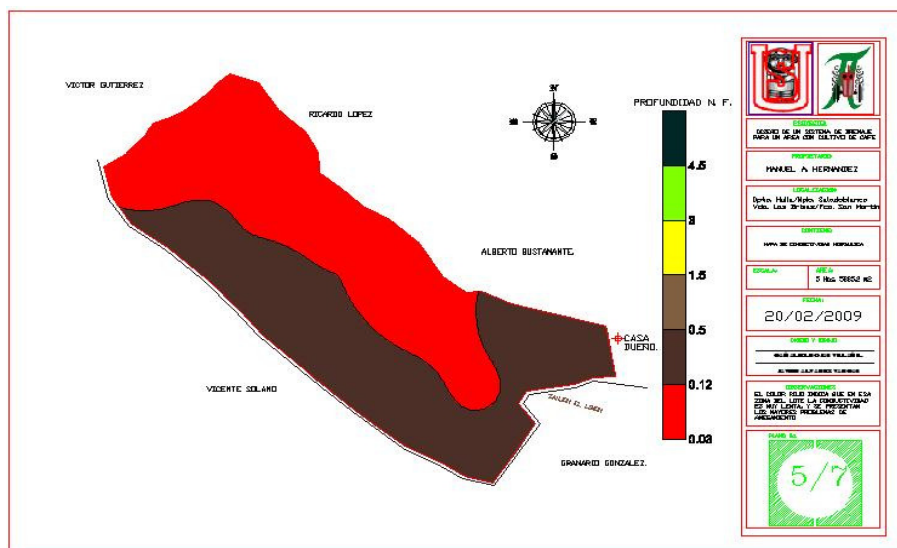


Figura 19. Mapa de Conductividad Hidráulica presente en la Finca San Martín.

5.10 CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN DEL SUELO

La tabla 10 muestra los valores de velocidad de infiltración del suelo tomando como tiempo máximo un periodo de 45 minutos.

Tabla 10. Datos de la prueba de infiltración

Tiempo (min.)	No. Prueba					
	1	2	3	4	5	6
1	0,1	0,3	0,6	0,1	0,2	0,1
2	0,2	0,5	1	0,2	0,3	0,2
3	0,3	0,8	1,3	0,3	0,5	0,3
5	0,3	1	1,8	0,8	0,8	0,4
10	0,5	1,7	2,2	1,2	1	0,5
15	0,7	1,9	2,5	1,4	1,4	0,7
20	0,8	2,1	2,9	1,8	1,8	0,8
30	1	2,4	3,1	2,2	2,3	1,2
45	1,5	2,7	3,6	2,3	2,5	1,4
V_i (cm/h)	0.93	4.81	2.31	2.36	1.32	0.44
Interpretación	ML	M	M	M	ML	L

V_i es la velocidad de infiltración, ML es moderadamente lenta, M es moderada y L es lenta.

La evaluación de la infiltración, arroja una interpretación de infiltraciones moderadamente lenta y lenta, correspondiente a suelos con serios problemas de drenaje en los que son notorios los procesos de anegamiento y deficiente drenaje.

5.11 CÁLCULO DE RECARGAS

La precipitación es la principal fuente de recarga hídrica al lote, con un valor seleccionado de diseño igual de 30 mm, según el método de Pizarro, (anexo G). Adicionalmente la topografía del lote y su configuración cóncava causan que los excesos de agua se distribuyan hacia la parte mas baja donde se presentan las condiciones mas acentuadas de anegamiento; indicando así la necesidad de evacuar el exceso de agua en un tiempo mínimo para que el cultivo no sufra alteraciones.

5.11.1 Caudal de escorrentía. El cálculo para determinar el valor de recarga por escorrentía es el siguiente: (Tabla 11)

Tabla 11. Cálculo de caudal de recargas por escorrentía

Cálculo de tiempo de drenaje	
$T_d = t_t - t_{10}$	23,27
T_d = tiempo de drenaje (hr)	
T_t = tiempo total de exceso de agua (hr)	
t_{10} = tiempo para que el suelo alcance un 10% de aireación (horas) (Anexo H).	16,9
$T_t = C_c \times D_p^{0,46}$	40,17
C_c = Coeficiente de cultivo (Anexo I)	13,94
D_p = Daño permisible (%).	10
Cálculo de la escorrentía E	
$E = [(Pd - 0,2 \times S)^2] / [Pd + 0,8 \times S]$	0,06
E = Escorrentía de diseño (cm).	
Pd = Lluvia de diseño (cm).	1,44
S = Infiltración potencial (cm).	
$S = [(1000 / CN) - 10] \times 2,54$	4,48
CN = Número de la Curva (Anexos J y K)	85
Caudal a evacuar (Q).	
$Q = C \times A^{5/6}$	19,460
Q = Caudal de diseño (l/s).	
C = Coeficiente de drenaje (l/s/ha).	
A = Área a drenar (ha).	5,58
$C = 4,573 + 1,62 \times E_{24}$	4,67
E_{24} = Escorrentía de diseño para 24 hr (cm).	
$E_{24} = (E \times 24) / t_d$	0,06

5.11.2 Caudales a evacuar por el sistema de drenaje. La longitud de los subdrenes y su respectivo caudal se muestran en la tabla 12.

Tabla 12. Longitud y Caudal a evacuar por los drenes internos

DREN	LONGITUD (m)	Q (LPS)
1	50	0,0083
2	50	0,0083
3	50	0,0083
4	50	0,0083
5	50	0,0083
6	50	0,0083
7	50	0,0083
8	50	0,0083
9	30	0,0050
10	30	0,0050
11	30	0,0050
12	30	0,0050
13	30	0,0050
14	30	0,0050
15	30	0,0050
16	30	0,0050
17	30	0,0050
18	30	0,0050
19	30	0,0050
Caudal a evacuar al dren principal		0,1200
Canal principal	318.26	19.513

5.12 DETERMINACIÓN DEL ESPACIAMIENTO ENTRE DRENES.

Para el cálculo del espaciamiento entre drenes se tiene en cuenta los parámetros señalados en la metodología, aplicándolos en una hoja de Cálculo obteniendo como resultado que el espaciamiento mínimo para la ubicación de los subdrenes es de 10 m, pero a criterio de los autores, se dispuso la ubicación a 15 metros en la zona crítica del lote, y en la parte menos afectada la distancia entre drenes es de 30 metros, para disminuir los costos de instalación del sistema de drenaje (Tabla 13)

Tabla 13. Cálculo del espaciamiento entre drenes.

K = conductividad hidráulica (m/día)	0,12
M = Macroporosidad (%)	0,15
R = Recarga (m/día)	0,04
H = Profundidad del dren (m)	0,70
P = Altura a la curva de abatimiento (m)	0,50
T = Tiempo (días)	3,00
Ho = R/μ (m)	0,23
Ht = H-P (m)	0,20
D ₁ = (ho+ht)/2 (m)	0,21
D ₂ = espesor equivalente d (m).	1,00
D = D ₁ +D ₂ (m)	1,21
L ² =	99,42
L = espaciamiento entre drenes (m)	10,0

5.13 PENDIENTES DEL SISTEMA DE DRENAJE.

Se realiza el cálculo de las pendientes y cotas de excavación para la ubicación de la tubería de drenaje y construcción del canal colector, teniendo en cuenta la pendiente a favor del terreno lo que permite mantener una profundidad de excavación constante de 0.6 m para los subdrenes dejando un margen de 0.2 m para la caída del agua al canal colector, es decir que la profundidad del canal es de 0.8 m (Tabla 14).

Con las cotas de excavación definidas se elabora los perfiles para cada dren y el canal colector (Anexo K).

Tabla 14. Pendientes del sistema de drenaje.

DREN	LONGITUD (m)	COTA INICIAL TERRENO (m)	COTA FINAL TERRENO (m)	DH TERRENO (m)	PENDIENTE (%)	PROFUND. INICIAL TUBERÍA (m)	COTA INIC. EXCAVACION (m)	COTA FIN. EXCAVACION (m)
1	50,00	1712,81	1707,87	4,94	9,880	0,6	1712,21	1707,27
2	50,00	1712,24	1707,80	4,44	8,880	0,6	1711,64	1707,20
3	50,00	1712,50	1707,75	4,75	9,500	0,6	1711,90	1707,15
4	50,00	1712,25	1707,73	4,52	9,040	0,6	1711,65	1707,13
5	50,00	1712,12	1707,71	4,41	8,820	0,6	1711,52	1707,11
6	50,00	1711,11	1707,50	3,61	7,220	0,6	1710,51	1706,90
7	50,00	1710,91	1707,31	3,60	7,200	0,6	1710,31	1706,71
8	50,00	1710,72	1707,27	3,45	6,900	0,6	1710,12	1706,67
9	30,00	1710,38	1707,22	3,16	10,533	0,6	1709,78	1706,62
10	30,00	1710,35	1707,19	3,16	10,533	0,6	1709,75	1706,59
11	30,00	1710,25	1706,18	4,07	13,567	0,6	1709,65	1705,58

Tabla 14. Pendientes del sistema de drenaje. (Continuación)

DREN	LONGITUD (m)	COTA INICIAL TERRENO (m)	COTA FINAL TERRENO (m)	DH TERRENO (m)	PENDIENTE (%)	PROFUND. INICIAL TUBERÍA (m)	COTA INIC. EXCAVACION (m)	COTA FIN. EXCAVACION (m)
12	30,00	1710,12	1706,13	3,99	13,300	0,6	1709,52	1705,53
13	30,00	1709,15	1705,13	4,02	13,400	0,6	1708,55	1704,53
14	30,00	1709,67	1704,84	4,83	16,100	0,6	1709,07	1704,24
15	30,00	1708,56	1703,68	4,88	16,267	0,6	1707,96	1703,08
16	30,00	1707,75	1702,88	4,87	16,233	0,6	1707,15	1702,28
17	30,00	1705,67	1700,73	4,94	16,467	0,6	1705,07	1700,13
18	30,00	1704,86	1700,23	4,63	15,433	0,6	1704,26	1699,63
19	30,00	1702,36	1697,75	4,61	15,367	0,6	1701,76	1697,15
Canal Colector	318,26	1707,87	1696,72	11,15	3,503	0,8	1707,07	1695,92

5.14 DIÁMETRO DE TUBERÍAS DE DRENAJE.

Los valores de diámetros calculados para la tubería de drenaje es el siguiente (tabla 15):

Tabla 15. Diámetro de tubería de drenaje para régimen variable

DREN	DIAMETRO (m)	DIAMETRO (")	DIAMETRO TUBERIA (")	LONGITUD (m)
1	0,0178	0,8405	2,5	50
2	0,0156	0,7383	2,5	50
3	0,0156	0,7383	2,5	50
4	0,0132	0,6220	2,5	50
5	0,0127	0,6012	2,5	50
6	0,0121	0,5697	2,5	50
7	0,0121	0,5697	2,5	50
8	0,0116	0,5464	2,5	50
9	0,0084	0,3963	2,5	30
10	0,0080	0,3801	2,5	30
11	0,0079	0,3747	2,5	30
12	0,0079	0,3747	2,5	30
13	0,0075	0,3532	2,5	30
14	0,0071	0,3378	2,5	30
15	0,0069	0,3269	2,5	30
16	0,0067	0,3161	2,5	30
17	0,0065	0,3073	2,5	30
18	0,0064	0,3011	2,5	30
19	0,0062	0,2944	2,5	30

5.15 DIMENSIONAMIENTO DEL CANAL PRINCIPAL DE DRENAJE

Los cálculos para el dimensionamiento del canal se realizaron por medio del software H-Canales. Se obtuvo como resultado un canal abierto sin revestimiento con sección trapezoidal, teniendo en cuenta un caudal de 0.02 m³/seg., un ancho de solera de 0.4 m., un talud de 1:1, rugosidad (n) de 0.1; y pendiente del canal de 0.03 m/m; además presenta un tirante normal de 0.12 m al cual se le agrega 0.60 m. de borde libre para asegurar un descarga libre de los subdrenes y aprovechar esta profundidad como limite a la curva de abatimiento por todo el trayecto del canal. (Figura 20)

Lugar:	FINCA SAN MARTIN	Proyecto:	DRENAJE AGRICOLA		
Tramo:	UNICO	Revestimiento:	NINGUNO		
Datos :					
Caudal (Q)	0.02	m ³ /s			
Ancho de solera (b)	0.4	m			
Talud (Z)	1				
Rugosidad (n)	0.1				
Pendiente (S)	0.03	m/m			
Resultados :					
Tirante normal (y)	0,1173	m	Perímetro (p)	0,7319	m
Area hidráulica (A)	0,0607	m ²	Radio hidráulico (R)	0,0829	m
Espejo de agua (T)	0,6347	m	Velocidad (v)	0,3294	m/s
Número de Froude (F)	0,3401		Energía específica (E)	0,1229	m-Kg/Kg
Tipo de flujo	Subcrítico				

Figura 20. Dimensionamiento del canal principal.

5.16 DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE

Después de identificar el área de afectación mas critica del predio San Martín del municipio de Saladoblanco a través de los estudios agrológicos e hidrodinámicos realizados, se presenta un diseño de drenaje que beneficia un área de 5.59 has., consistente en un sistema de conducción mixta en forma de espina de pescado, empleando para los laterales tubería corrugada de 2.5" de diámetro ubicados a 0.6 m de profundidad, con longitudes que varían de 30 a 50 m, y distancia entre drenes de 15 m en el área crítica y de 30 metros a lo largo del trayecto del canal principal, cubriendo las áreas mas

afectadas por el anegamiento y excesos de humedad; se realizó el diseño de un canal colector de forma trapezoidal como dren principal para evacuar de forma rápida los caudales evacuados por los subdrenes.

Para la ubicación del sistema de drenaje se tuvo en cuenta la variación de los niveles freáticos y la dirección del flujo de agua en el interior del suelo, tomando como referencia lo observado el 30 de Noviembre de 2008 en donde el agua freática se encontró a profundidades casi superficiales en un 47% del lote. (Figura 21)

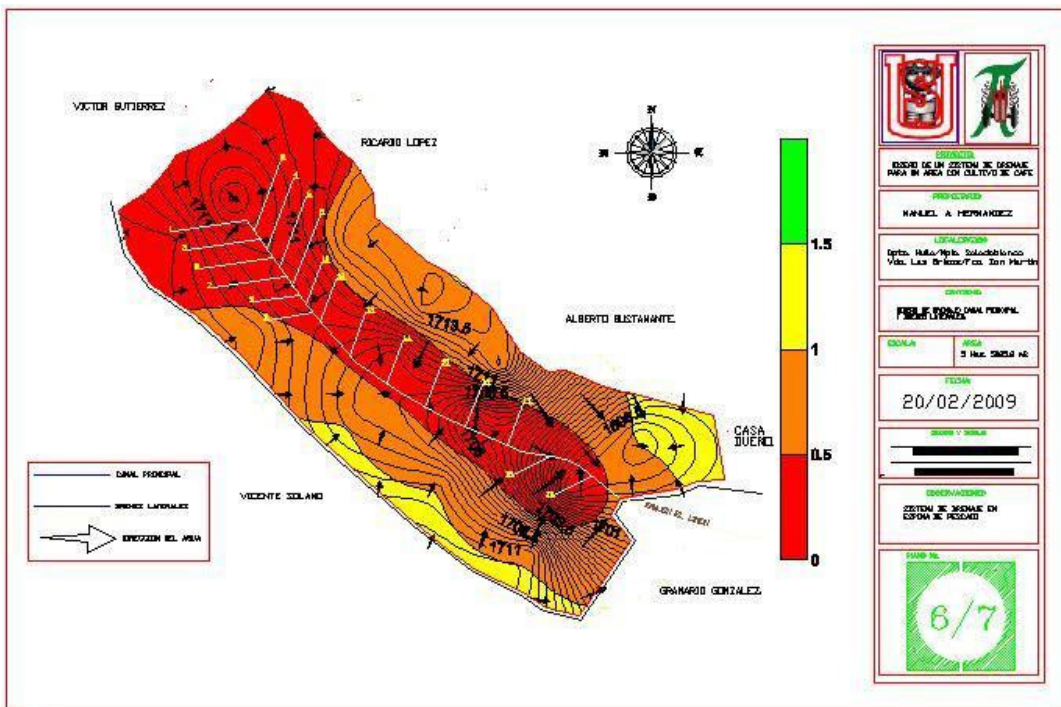


Figura 21. Diseño de drenaje para la Finca San Martín, municipio de Saladoblanco

5.17 SECCIONES DE DRENES Y CANAL PRINCIPAL

Al poseer el suelo textura franco arenosa en los primeros 40 cm de profundidad y una capa gruesa de arcillas hacia los estratos inferiores, condiciones que favorecen la prevención de situaciones adversas que puedan generar volcamiento de taludes o paredes, se realiza el diseño de un canal con sección trapezoidal cuyas dimensiones son 0.2 m de ancho de solera, 0.8 m de profundidad y 0.7 m de ancho superficial.

Para la construcción de los subdrenes se realiza una excavación de 0.6 m de profundidad, se rellena los primeros 0.1 m con gravilla de 1/2" y se ubica la

tubería corrugada en línea recta conservando la pendiente del terreno, para realizar un tapado posterior hasta completar 0.35 m con gravilla. Posteriormente se cubre con suelo de excavación del primer estrato hasta enrasar con el nivel del suelo (Figura 22).

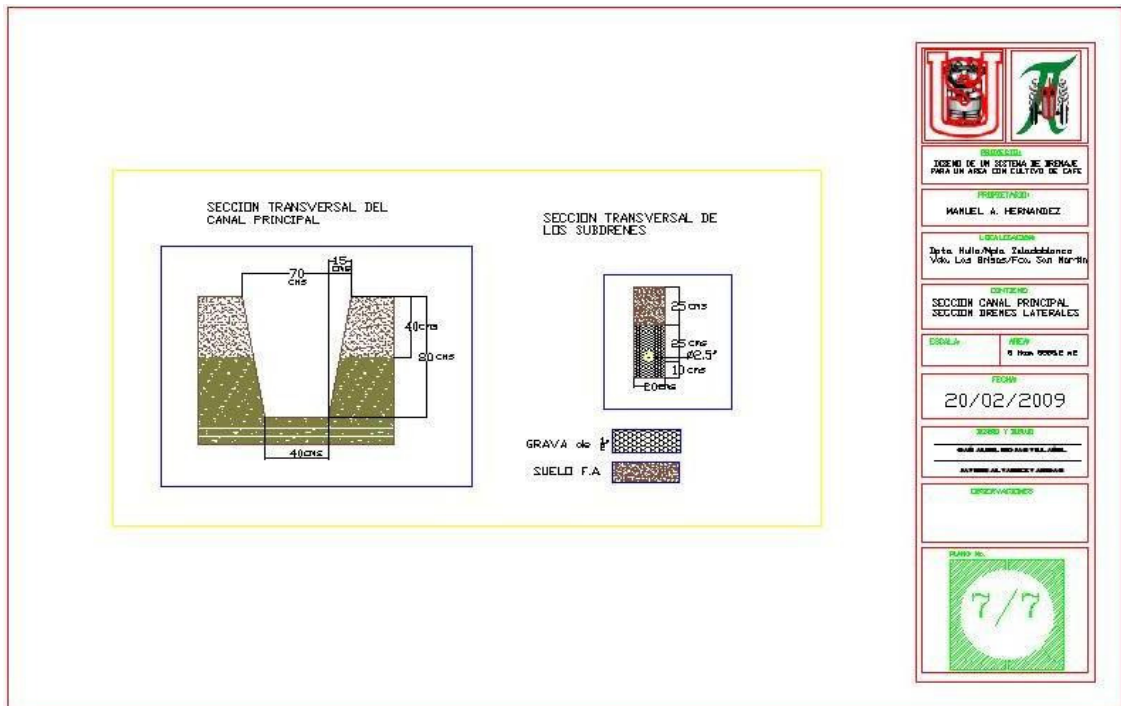


Figura 22. Sección transversal del canal colector y subdrenes del sistema de drenaje de la Finca San Martín, municipio de Saladoblanco

5.18 PRESUPUESTO

El presupuesto general del proyecto para 5.59 has, integra los materiales necesarios para la instalación y puesta en funcionamiento del sistema de drenaje, y consta de 730 m de tubería corrugada para drenaje sin filtro de 2.5"; 50 m³ de gravilla; tapones para la tubería de drenaje, obras civiles como levantamiento topográfico, estudios agrológicos e hidrodinámicos, diseño del sistema de drenaje, trazado, excavación, instalación y tapado de la tubería que compone los subdrenes, excavación del canal principal y asistencia técnica por un costo total de \$15.646.181, IVA incluido.

La ejecución del proyecto en la Finca San Martín tiene una inversión de \$2.798.959 por hectárea, valor que se recuperaría con los rendimientos obtenidos en la producción del cafetal en cinco años (Cuadro 1).

Cuadro 1. Presupuesto Drenaje con tubería corrugada PVC

MATERIALES	DIAMETRO (pulg.)	UNIDAD	LONG. (m)	LONG. ROLLO (m)	CANT.	VALOR UNITARIO \$	VALOR TOTAL \$
TUBERIA CORRUGADA PARA DRENAJE SIN FILTRO	2,5	mL	730	150	5	1.745.850	8.729.250
GRAVA	1/2"	m ³			50	15.000	750.000
SUMA PARCIAL							9.479.250
ACCESORIOS							
TAPONES	2,5	Unidad			19	2.666	50.654
SUMA PARCIAL							50.654
OBRAS CIVILES							
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO	-	Ha	-	-	5,59	80.000	447.200
CONSTRUCCION POZOS	-	-	-	-	15	5.000	75.000
DISEÑO	-	-	-	-	1	300.000	300.000
TRAZADO EXCAVACION Y TAPADO DRENES LATERALES	-	m ³	730	-	87	6.500	565.500
TRAZADO EXCAVACION CANAL PRINCIPAL	-	m ³	318	-	125	8.000	1.000.000
INSTALACION TUBERIA	2,5	MI	730	150	5	60.000	300.000
SUMA PARCIAL							2.687.700
ASISTENCIA TECNICA							
ASESORIA	-	-	-	-	2	100.000	200.000
SUMA PARCIAL							200.000
SUBTOTAL							12.417.604
IVA 16%							1.986.817
A.I.U 10%							1.241.760
TOTAL							15.646.181

5.19 EVALUACION AMBIENTAL DEL PROYECTO DE DRENAJE PARA UN AREA CON CULTIVO DE CAFÉ EN EL MUNICIPIO DE SALADOBLANCO

5.19.1 Delimitación del área de influencia del proyecto (ADlu):

Para la delimitación del Área de Influencia se tiene en cuenta la recomendación de Olaya 1999, de la siguiente manera:

$$ADlu = E \cup F \cup G \cup H \cup J$$

Donde:

ADI = Área De Influencia.

E = Área del proyecto.

F = Área de residencia de los usuarios.

G = Área de centro de consumo y producción.

H = Área de cuencas hidrográficas.

J = Área de ecosistemas estratégicos.

\cup = Unión.

AREA DE INFLUENCIA DETALLADA (ADlz)

- AREA DE INFLUENCIA IMPACTOS POSITIVOS (A)

A1 Generación de empleo Ip1:

Es un área que implica tanto al propietario con su entorno familiar, como a aquellas personas que de forma indirecta se benefician con la implementación de este proyecto. Abarca el área comprendida entre las zonas aledañas a la Finca San Martín y el casco urbano del municipio de Salado blanco donde se comercializa el café y los demás productos generados en la Finca.

A2 Adecuación de tierras Ip2:

El área delimitada para este impacto se reduce al predio donde se va a ejecutar el proyecto directamente, cuya extensión es de 1.3 Has., ya que el resto de la Finca no tiene problemas de encharcamiento por lo que no es necesaria la implementación de adecuación de tierras.

A3 Incremento de vegetación Ip3:

Comprende el área del predio más las zonas a reforestar como medidas de compensación por los impactos ambientales negativos.

A4 Aumento de ingresos Ip4:

El área implica tanto al propietario con su entorno familiar, como a aquellas personas que de forma indirecta se benefician con la implementación de este proyecto. Abarca el área comprendida entre las zonas aledañas a la Finca San Martín y el casco urbano del municipio de Saladoblanco donde se comercializa el café y los demás productos generados en la Finca.

A= A1∪A2∪A3∪A4

En vista a que las áreas A1 y A4, representan la de mayor cobertura, se toma ésta como el área detallada de los impactos positivos generados por el proyecto.

A= El área implica tanto al propietario con su entorno familiar, como a aquellas personas que de forma indirecta se benefician con la implementación de este proyecto. Abarca el área comprendida entre las zonas aledañas a la Finca San Martín y el casco urbano del municipio de Saladoblanco donde se comercializa el café y los demás productos generados en la Finca.

- **AREA DE INFLUENCIA IMPACTOS NEGATIVOS (B)**

B1 Deterioro del paisaje IN1:

El área afectada involucra el predio objetivo del proyecto, por la construcción de los canales drenes y sub drenes además de la posible tala de plantas de café y plátano en la necesidad de adecuar el lote.

B2 Erosión IN2:

El área afectada involucra el predio objetivo del proyecto, por la exposición del suelo a los efectos adversos causados por el agua y el viento además del área de descole del dren principal que descarga en el cauce de la quebrada Las Brisas.

B3 Remoción en masa IN3:

El área afectada esta ubicada en los límites internos del predio ya que por la construcción y/o adecuación de los canales de drenaje se realizara excavaciones que conllevará a la remoción de grandes volúmenes de tierra.

B4 Altos costos de inversión IN4:

Por este impacto el área se ve reducida solamente al predio donde se va a ejecutar el proyecto, ya que involucra los intereses únicamente del propietario.

B= B1∪B2∪B3∪B4

B= El área afectada es muy grande ya que no se sabe precisamente como se verán afectadas las aves migratorias que suelen ubicarse en ese entorno. Pero se puede establecer un rango mínimo comprendido entre el predio objetivo del proyecto y un área de 1 Km. a la redonda.

- AREA DE INFLUENCIA OPORTUNIDADES (C)

C1 Asistencia técnica brindada por el comité de cafeteros del Huila. O1
C2 Cercanía a Pitalito para la comercialización del café. O2
C3 Disponibilidad de tecnología en sistemas de drenaje. O3

C= C1∪C2∪C3

- AREA DE INFLUENCIA AMENAZAS (D)

D1 Altos costos de adecuación de sistemas de drenaje. A1
D2 Fenómeno de la niña. A2
D3 Vertimiento de aguas negras en predios arriba del lote. A3

D= D1∪D2∪D3

ADiz= A∪B∪C∪D

ADiz= Área comprendida desde el predio objetivo del proyecto, márgenes derecha e izquierda de la carretera que conduce el municipio de Saladoblanco.

5.19.1.1 AREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

ADlu= Área comprendida desde el predio objetivo del proyecto, pasando por las márgenes derecha e izquierda de la carretera que comunica al municipio de Saladoblanco, casco urbano del municipio de Saladoblanco, y parte del casco urbano de Pitalito.

5.20 IDENTIFICACION DE IMPACTOS AMBIENTALES

5.20.1 Impactos Ambientales del Proyecto, identificados con el método de la matriz de Leopold reducida

Muestra los impactos seleccionados teniendo en cuenta el grado de afectación y la importancia ambiental que genera cada uno en la zona de influencia. (Cuadros 2 y 3)

Cuadro 2. Matriz de Leopold reducida.

RECURSOS, CARACTERÍSTICAS Y FACTORES AMBIENTALES DEL ÁREA DE INFLUENCIA	OBRAS, ACCIONES Y ACTIVIDADES DEL PROYECTO										RESUMEN	
	MOVIMIENTO DE TIERRA		ACTIVIDADES			CAPACITACION			Numero de interacciones		Mayor valor (+)	Menor valor (-)
	Construcción pozos	Excavación	Registro fotográfico	Levantamiento topográfico	Construcción de canales	Mantenimiento canales de drenaje	Asesorías	Impactos (+)	Impactos (-)	Total		
AGUA	Agua superficial/			-5/8	-3/6			0	4	4	/	8/8
	Aguas subterráneas	-5/8	-2/6	-6/8	-7/8	-2/1	-5/8	1	9	10	1/1	7/8
	Nivel freático	-3/6					-3/6	0	1	1	/	3/6
SUELO	Nutrientes	-3/6	-1/3	-8/8	8/7		-3/6	2	4	6	8/7	8/8
	Suelo	-2/2	-1/1				-2/2	0	3	3	/	2/2
	Arboles	7/4	¼			5/4		6	0	6	7/8	/
FACTORES BIOTICOS	Cobertura vegetal	4/2			8/7	4/2	4/2	5	0	5	8/7	/
	Fauna	2/2		-7/4	-4/6	3/2	-5/8	5	5	10	6/4	7/8
	Tierra	-5/8	-1/1	-9/6		-2/4	-5/8	0	6	6	/	9/8
PAISAJE				-5/8	-3/6			0	2	2	/	8/8
RESUMEN	Impactos (+)	1	0	0	0	2	1					
	Impactos (-)	4	5	0	0	2	0					
	Total	5	5	0	0	4	1					
Valores extremos	Mayor valor (+)	/	/	/	/	4/7	7/8					
	Menor valor (-)	2/6	9/8	/	/	9/8	/					

Cuadro 3. Impactos del proyecto de drenaje en la Finca “San Martín” vereda Las Brisas, municipio de Saladoblanco, preseleccionados según el método de la Matriz de Leopold

Obras, factores ambientales e impactos	Grado de afectación		
	Primer grado	Segundo grado	Tercer grado
Obras o actividades del proyecto			Registro fotográfico
			Transporte
			Levantamiento topográfico
			Asesorías
Factores ambientales del área de influencia del proyecto	Nivel freático	Remoción en masa	Aguas subterráneas
	Suelo	Nutrientes	Deforestación
	Cobertura vegetal		Fauna
	Economía		Paisaje
Impactos ambientales del proyecto	Generación de empleo, adecuación de tierra.		Capacitación
	Incremento de vegetación		Asistencia técnica
	Aumento en ingresos.		
	Deterioro del paisaje, erosión.		
	Remoción en masa, alteración de hábitat.		
	Altos costos de inversión.		
	Lixiviación, pérdidas de nutrientes del suelo.		

Criterios para la preselección de impactos:
^{*} En el se ubican los impactos positivos que tienen de siete a nueve interacciones en total en el cuadro 2, para los impactos negativo se toman aquellos que presentan entre cinco y diez interacciones en el cuadro 2
^{**} Se seleccionaron los que tienen entre cuatro y seis interacciones en el cuadro 2
^{***} Se incluyen aquellos que presentan menos de cuatro interacciones en el cuadro 2.

5.20.2 Impactos ambientales del proyecto, identificados con el método de Redes

Presenta los resultados obtenidos con el método de Redes, donde se muestra que los dos impactos positivos de mayor importancia fueron: generación de empleo y aumento de ingresos; y los cuatro impactos negativos de mayor importancia fueron los siguientes: remoción en masa, deterioro del paisaje, erosión y altos costos de inversión (Cuadros 4 y 5).

Cuadro 4. Impactos seleccionados según el método de Redes

CUADRO 4. IMPACTOS PRESELECCIONADOS SEGÚN EL METODO DE REDES						
Impactos	Grado de generación (G)*	Grado de influencia (I)*	Puntaje Total (T=G+I)*	Orden de importancia *	Impactos preseleccionados **	
Positivos	Generación de empleo	3	2	5	2	✓
	Incremento de la comercialización	3	1	4	3	
	Incremento de la vegetación	3	1	4	3	
	Incremento del conocimiento de la población	3	1	4	3	
Negativos	Aumento de ingresos	3	2	5	2	✓
	Remoción en masa	3	3	6	1	✓
	Deterioro del paisaje	3	2	5	2	✓
	Erosión	3	1	4	2	✓
	Altos costos de inversión	3	2	5	2	✓
	Contaminación Hídrica	2	1	3	3	
	lixiviación	2	1	3	3	
	Deforestación	2	2	4	3	
Emigración de fauna	1	1	2	3		

*Los valores de G, I, T y orden de importancia fueron asignados según los criterios del cuadro 3.
 **Criterios para la preselección de impactos: 1 Orden = 6 2 orden = 5 3 orden = 4 se tomaron solo los de 1 y 2 orden

Cuadro 5. Criterios para aplicar en el método de Redes

Grado de generación (G1)	Grado de influencia (I1)	Puntaje	Orden de importancia
1º generación G = 3	Fuerte = (I=3)	6	1º
	Moderada = (I=2)	2	2º
	Leve = (I=1)	4	3º
2º generación G = 2	Fuerte = (I=3)	5	2º
	Moderada = (I=2)	4	3º
	Leve = (I=1)	3	4º
3º generación G = 1	Fuerte = (I=3)	4	3º
	Moderada = (I=2)	3	4º
	Leve = (I=1)	2	5º

5.20.3 Impactos ambientales del proyecto, identificados con el método de la encuesta

Se identificaron ocho (8) impactos positivos de los cuales fueron preseleccionados cinco (5), los cuales son: Adecuación de tierras, Aumento de ingresos, Generación de empleo, Control de encharcamiento del lote y valorización de la tierra; de igual forma se identificaron siete (7) impactos negativos de los cuales fueron preseleccionados cuatro (4), los cuales son: erosión del suelo, deterioro del paisaje, remoción en masa y altos costos de inversión. (Cuadro 6)

Para la selección de los encuestados se tuvo en cuenta personas que trabajan en épocas de cosecha de café, por consiguiente pueden identificar los impactos causados por la implementación de este proyecto.

Cuadro 6. Impactos ambientales del proyecto, identificados con el método de la encuesta

Impactos Positivos	F.A	%*	Impactos preseleccionados **
Adecuación de tierras	10	67	*
Aumento de ingresos	7	47	*
Generación de empleo	11	73	*
Control de encharcamiento del lote	7	47	*
Mejoramiento de propiedades del suelo	4	27	
Crecimiento de la frontera agrícola	4	27	
valorización de la tierra	7	47	*
Capacitación y nuevas tecnologías	6	40	
Impactos Negativos	F.A	%*	Impactos preseleccionados **
Alteración del hábitat	3	20	
Erosión del suelo	6	40	*
Deterioro del paisaje	9	60	*
Remoción en masa	7	47	*
Altos costos de inversión	7	47	*
Disminución de la fauna subterránea	4	27	
Sobreuso del suelo	3	20	

· Total de encuestados es igual al 100%

** Criterio de preselección: % mayor a 0,45

Numero de encuestados (15)

5.20.4 Jerarquización y orden de importancia de los impactos seleccionados según métodos empleados en el proyecto

Muestra los impactos más relevantes que se seleccionaron después de aplicar los tres métodos (encuesta, matriz de Leopold y Redes). Se tuvo en cuenta los siguientes criterios 1) Todos los impactos que hayan sido preseleccionados por dos o más métodos y 2) Todos los impactos que hayan ocupado el primer, segundo o tercer lugar en cualquiera de los métodos. Por lo tanto los impactos positivos que fueron seleccionados son los siguientes: Generación de empleo, Adecuación de tierras, Aumento de ingresos.

Igualmente los impactos negativos que fueron seleccionados son: deterioro del paisaje, erosión, alteración de hábitat, remoción en masa, altos costos de inversión. (Cuadro 7)

Cuadro 7. Jerarquización y orden de importancia de los impactos seleccionados según métodos empleados en el proyecto

IMPACTOS		Impactos Preseleccionados			Impactos seleccionados
		M. Leopold	M. Redes	M. de la Encuesta	
POSITIVOS	Generación de empleo.	❖	❖	❖	❖
	Adecuación de tierras.	❖		❖	❖
	Incremento de vegetación.	❖			
	Aumento de ingresos.	❖	❖	❖	❖
NEGATIVOS	Deterioro del paisaje.	❖	❖	❖	❖
	Erosión.	❖	❖	❖	❖
	Alteración de hábitat.	❖			
	Remoción en masa.	❖	❖	❖	❖
	Altos costos de inversión.	❖	❖	❖	❖

*Criterio para la selección de impactos: 1) Todos los impactos que hayan sido preseleccionados por dos o más métodos y 2) Todos los impactos que hayan ocupado el primer, segundo o tercer lugar en cualquiera de los métodos.

5.21 COMPARACION DE IMPACTOS Y ALTERNATIVAS O ESCENARIOS AMBIENTALES DEL PROYECTO.

5.21.1 Método Battelle Columbus

Para obtener la evaluación de los componentes de cada categoría ambiental en unidades de impacto ambiental (UIA) se determinaron los valores de la calificación ambiental (CA) de los diferentes escenarios (E1, E2, E3), para cada parámetro, con base en la sustitución en la fórmula de los valores obtenidos se cálculo la sumatoria de unidades ambientales para cada uno de los escenarios alcanzando de esta forma la siguiente calificación:

$$E1 = 575.44, \quad E2 = 521.66, \quad E3 = 925.46$$

Teniendo en cuenta el máximo valor posible (1000) se determinó el orden de viabilidad ambiental de los diferentes escenarios así: en primer orden 1° con proyecto mas plan de manejo (E3), segundo orden 2° sin proyecto (E1) y 3° con proyecto solamente (E2) (Cuadro 9).

Cuadro 8. Evaluación de impactos según el método de calificación ambiental de arboleda. Proyecto: drenaje en la Finca "San Martín", vereda Las Brisas, municipio Saladoblanco.

IMPACTOS AMBIENTALES		Clase @			Presencia (P)			a	Evolución €			Magnitud (m)			b	Duración (D)			Calificación Ambiental (CA)			Importancia Ambiental (IA)												
		E1	E2	E3	E1	E2	E3		E1	E2	E3	E1	E2	E3		E1	E2	E3	E1	E2	E3	E1	E2	E3										
IMPACTOS POSITIVOS	Generación de empleo	+1	+1	+1	0.3	1.0	1.0	7.0	0.3	1.0	1.0	0.4	0.6	0.7	3.0	0.5	0.5	0.5	0.7	5.7	6.4	Mb	M	A										
	Adecuación de tierra	+1	+1	+1	0.1	1.0	1.0	7.0	0.4	1.0	1.0	0.2	0.8	0.8	3.0	0.2	0.8	0.9	0.1	8.0	8.3	Mb	Ma	Ma										
	Aumento de ingresos	+1	+1	+1	0.3	0.8	0.9	7.0	0.5	0.8	1.0	0.4	0.7	0.8	3.0	0.5	0.7	0.8	0.9	4.0	7.2	Mb	B	A										
IMPACTOS NEGATIVOS	Deterioro del paisaje	-1	-1	-1	0.1	0.7	0.3	7.0	0.3	0.4	0.8	0.3	0.7	0.7	3.0	0.3	0.7	0.5	-0.2	-2.8	-1.6	Mb	B	Mb										
	Erosión	-1	-1	-1	0.3	0.9	0.1	7.0	0.4	1.0	0.2	0.5	0.9	0.8	3.0	0.6	0.8	0.6	-1.0	-7.8	-0.3	Mb	A	Mb										
	Remoción en masa	-1	-1	-1	0.1	1.0	0.3	7.0	0.4	0.7	0.5	0.5	0.7	0.5	3.0	0.5	0.6	0.4	-0.3	-5.2	-0.9	Mb	M	Mb										
	Altos costos de inversión	-1	-1	-1	0.0	1.0	1.0	7.0	0.1	1.0	0.8	0.0	0.8	0.6	3.0	0.3	0.8	0.7	0.0	-8.0	-5.5	Mb	A	M										
																					Orden de viabilidad ambiental de los impactos positivos						3	2	1					
																					Orden de viabilidad ambiental de los impactos negativos						1	3	2					
																					orden de viabilidad ambiental						2	3	1					

Cuadro 9. Unidades de Impacto ambiental según el método Battelle Columbus para el proyecto drenaje en la Finca "San Martín", vereda Las Brisas, municipio Salado blanco.

CATEGORIAS MEDIO AMBIENTALES	COMPONENTES (IMPACTOS AMBIENTALES)	PARAMETROS	VALORES ORIGINALES PARA ESCENARIOS O ALTERNATIVAS						CALIDAD AMBIENTAL PARA ESCENARIOS O ALTERNATIVAS (CA)			PESO (UIP)	UNIDADES DE IMPACTO AMBIENTAL PARA ESCENARIOS O ALTERNATIVAS (UIA= CA*UIP)		
			Unid.	E1	E2	E3	E1	E2	E3	E1	E2		E3		
Ambiental (500)	Erosión (160)	erosión	m3/Ha	3	10	2	0,85	0	0,92	150	127,5	0	138		
	Remoción en masa (200)	Desplazamiento de fauna	m3/Ha	5	30	10	0,92	0	0,78	200	184	0	186		
	Deterioro del paisaje (150)	Flora	%	80	50	90	0,92	0,72	0,95	150	138	108	142,5		
Social (200)	Generación de empleo (200)	Personas	Personas/Ha-año	5	12	15	0,12	0,92	0,98	200	24	184	196		
Económica (300)	Aumento de ingresos (120)	Utilidad	\$/Ha-año	1,2 mill	2 mill	25 mill	0,2	0,92	1	120	24	110,4	120		
	Altos costos de inversión (100)	Inversión	\$/Ha-año	0,7 mill	2 mill	25 mill	0,12	0,98	0,96	100	12	98	96		
	Adecuación de tierras (48)	Área adecuada	%área	0	70	70	0	0,95	0,95	48	0	45,6	45,6		
	Adecuación de tierras (32)	Valorización	\$/Ha	1mill	12mill	2 mill	0,38	0,92	0,98	32	12,16	29,44	31,36		
					Total					1000	575,44	521,86	925,46		
					Orden de viabilidad ambiental						2!	3!	1!		

5.22 DESCRIPCIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

Los impactos positivos previstos con el desarrollo de las obras de drenaje son los siguientes:

Generación de empleo (Ip1)

La generación de empleo se produce por la necesidad de mano de obra en la construcción, instalación y operación del proyecto de drenaje, en el cultivo de la Finca “San Martín”; con este impacto positivo se ve beneficiado habitantes de la zona aledaña al predio que tengan conocimiento y/o experiencia sobre estas actividades.

Adecuación de tierras (Ip2)

El impacto ambiental es generado por la necesidad de implementar mejoras a las características del suelo para la producción agrícola, mediante la instalación de sistemas de tuberías de drenaje en el predio del señor Manuel Hernández, en la vereda Las Brisas municipio de Saladoblanco.

El impacto se produce durante la ejecución del proyecto en donde se ve afectado en forma directa el recurso suelo por la ubicación de sistemas de drenaje que conllevan a una mejor capacidad de producción lo que proporciona beneficios tanto económicos como agroecológicos al propietario del predio y su entorno familiar.

Aumento de ingresos (Ip3)

Con la implementación del sistema de drenaje los habitantes de la Finca San Martín, Vereda Las Brisas, municipio de Saladoblanco se van a ver beneficiados directamente de este, debido al aumento de la producción de café en el predio gracias a la disminución del nivel freático por el sistema de drenaje; con esto los ingresos del propietario de la Finca aumentan a la par con la producción, llevando al mercado productos de mejor calidad y en mayor cantidad “plátano y café”, además de los posibles cultivos transitorios que ahí se puedan establecer.

Los impactos negativos previstos con el desarrollo de las obras de drenaje son los siguientes:

Deterioro del paisaje (IN1)

A través de la implementación y montaje del sistema de drenaje para el predio, se realizara excavaciones y remoción de tierra que afectará directamente el entorno paisajístico, conllevando a la migración de especies

nativas como aves y pequeños mamíferos a otros lugares dañándose así en cierto grado el equilibrio natural allí existente. Con las actividades de excavación se invierte el suelo y le causa daño a la microflora y micro fauna allí presente, se tratara en todo lo posible reforestar el área alrededor del predio donde se establecerá el proyecto, con el fin de corregir y compensar el deterioro causado.

Erosión (IN2)

Mediante los procedimientos de excavación y en algunos sitios en la nivelación de terreno, el suelo se vera sometido a la erosión tanto hídrica como eólica.

En las excavaciones habrá volteo del suelo, alterándose la estructura del este y dañándose el equilibrio de la microfauna y flora allí existente; como ya se ha dicho este impacto tiene su mayor grado de afectación en época de invierno y por la fuerza de los vientos; se procurara realizar estas actividades en periodos de verano y baja influencia de vientos.

Remoción en masa (IN3)

Mediante los procedimientos de excavación y en algunos sitios en la nivelación de terreno, el suelo se vera sometido a la erosión tanto hídrica como eólica.

En las excavaciones habrá volteo del suelo, alterándose la estructura del este y dañándose el equilibrio de la microfauna y flora allí existente.

Altos costos de inversión (IN4)

Para la implementación del sistema de drenaje se requiere de diferentes materiales como tubería corrugada para drenaje de 2,5", un gran volumen de grava para soporte de tubería de drenaje, además de mano de obra calificada y no calificada que incrementan los costos de inversión de este proyecto.

5.23 DESCRIPCIÓN DE OPORTUNIDADES Y AMENAZAS

Las oportunidades previstas con el proyecto de drenaje son las siguientes:

- Asistencia técnica brindada por el Comité de cafeteros del Huila (O1).

Debido a que el terreno beneficiado por el proyecto tiene como principal cultivo el café, y otros transitorios como el plátano, es una gran oportunidad tener apoyo del Comité de Cafeteros, gracias a que con su asistencia técnica el cultivo puede llegar a ser mucho más productivo.

- Cercanía a Pitalito para la comercialización del café. O2

La comercialización de los productos obtenidos en los procesos de la Finca es el principal objetivo desde el punto de vista económico, es por esto que el tener una ciudad cercana donde se pueda vender los productos de forma rápida y a buen precio se toma como una gran oportunidad.

- Disponibilidad de tecnología en sistemas de drenaje (O3)

Mediante la implementación de nuevas tecnologías de adecuación de tierras podemos disponer de terrenos que anteriormente no brindaban una rentabilidad económica viable para la siembra de cualquier cultivo; contar con nuevas formas de mejorar las condiciones edáficas se logra una mayor productividad y rentabilidad de los predios adecuados.

Las amenazas previstas con el proyecto de drenaje son las siguientes:

- Altos costos de adecuación de sistemas de drenaje (A1)

Debido a la necesidad de suplir algunas condiciones necesarias para el agricultor, se observo que el drenar tierras que poseen niveles freáticos muy altos era una necesidad primordial para el buen desarrollo del cultivo, debido a esto se realizan sistemas de drenaje a través de canales, lo que conlleva a una inversión significativa de capital.

- Fenómeno de la niña (A2)

El componente climático es un factor muy importante en la ejecución de proyectos agropecuarios, y más aun, en zonas cuyas condiciones pueden variar por los diferentes fenómenos naturales. Caso específico es el fenómeno "ENOS" o fenómeno del niño o de la niña según la variabilidad de precipitaciones sobre un área determinada. En este caso, afecta directamente el adecuado desarrollo del cultivo de café y plátano ya que en épocas de invierno, se presenta humedad excesiva en los suelos lo que aumenta la presencia del problema de clorosis.

- Vertimiento de aguas negras en los predios arriba del lote (A3)

El vertimiento de aguas negras provenientes de los predios vecinos, pueden afectar notablemente el adecuado funcionamiento del sistema de drenaje, ya que los caudales calculados para el dimensionamiento de los drenes puede ser alterado, lo que se reflejaría en un posible deterioro de la sección del canal disminuyendo su eficiencia.

5.24 PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

Se describe los objetivos del plan de manejo ambiental y la implicación que tiene cada uno de ellos en los diferentes impactos, amenazas y/o oportunidades generados en el sistema de drenaje en la Finca San Martín, municipio de Saladoblanco (Cuadro 10).

Cuadro 10. Objetivos del plan de manejo ambiental del proyecto de drenaje en la Finca "San Martín", vereda Las Brisas, municipio Saladoblanco.

OBJETIVOS		IPi que se maximizan	INj que se minimizan	Oportunidades que se maximizan	Amenazas que se minimizan
Obj.	Enunciado				
O1	Minimizar la erosión y remoción en masa.		IN1, IN2, IN3		
O2	Maximizar la calidad de los suelos y la generación de empleo en la producción agrícola para aprovechar los mercados y optimizar el rendimiento económico del cultivo.	IP1, IP2, IP3	IN2, IN4	O2	A1
O3	Minimizar los procesos de lixiviación y pérdida de nutrientes de los suelos.	IP2	IN2	O3	
O4	Maximizar la conservación del entorno paisajístico y habitats naturales.		IN1		
O5	Maximizar la generación de empleo en la zona.	IP1, IP3		O1, O2	
O6	Maximizar el aprovechamiento de tecnología para sistemas de drenaje existentes, y la disponibilidad de asistencia técnica brindada por el comité de cafeteros del Huila.	IP1, IP2	IN1, IN2, IN3	O1, O2, O3	A2, A3
O7	Minimizar los efectos causados por el exceso de agua en el suelo.	IP1, IP2	IN2		A2, A3
O8	Minimizar los costos de inversión en la instalación del sistema de drenaje.			O3	A1

5.25 ESQUEMA BASICO DE PROGRAMAS, PROYECTOS Y MEDIDAS

Describe las medidas relacionadas para maximizar los impactos positivos y oportunidades, igualmente las medidas para minimizar los impactos negativos y amenazas causados con el proyecto de drenaje en la Finca San Martín, municipio de Salado blanco (Cuadros 11, 12, 13,14 y 15).

Cuadro 11. Lista de medidas para maximizar impactos ambientales positivos.

IMPACTO AMBIENTAL POSITIVO		MEDIDAS	
Código (IPi)	Nombre	Código (Ma)	Nombre
IP1	GENERACIÓN DE EMPLEO	M1	Excavación para la construcción de sistema de drenaje
		M2	Siembra de plantas de café y plátano
		M3	Recolección de productos de la Finca
IP2	ADECUACIÓN DE TIERRA	M4	Análisis de suelos para conocer la aptitud del suelo
		M5	Levantamiento topográfico (altimetría y planimetría) para realización del diseño.
		M6	Implementación de labranza mínima
		M7	Implementación de tecnología de drenaje
IP3	AUMENTO DE INGRESOS	M8	Capacitación sobre uso adecuado del suelo
		M9	Venta de la producción a la cooperativa
		M10	Transformación de la materia prima
		M6	Mantener la producción a través de las buenas practica agrícolas
		M11	Capacitación para la creación de microempresa

Cuadro 12. Lista de medidas para minimizar impactos ambientales negativos.

IMPACTO AMBIENTAL NEGATIVO		MEDIDAS	
Código (INJ)	Nombre	Código (Ma)	Nombre
IN1	DETERIORO DEL PAISAJE	M12	Siembra de árboles forestales en el perímetro del predio.
		M13	Taller sobre manejo de residuos sólidos de la cosecha
		M13	Capacitación sobre tratamiento de aguas servidas
		M14	Implementación de un sistema adecuado de drenaje.
IN2	EROSIÓN	M12	Aumento de la cobertura vegetal.
		M15	Construcción de canales con las dimensiones adecuadas para drenar los excesos de agua del lote.
		M16	Siembra de árboles que actúen como barreras vivas cortavientos.
		M17	Protección de zonas erosionadas con arvenses nobles.
IN3	REMOCION EN MASA	M14	Adecuación de un sistema de drenaje eficiente diseñado con estudios técnicos.
IN4	ALTOS COSTOS DE INVERSIÓN	M18	Apoyo económico con programas de entidades gubernamentales (AIS, cadenas productivas del departamento del Huila
		M19	Implementación de materiales de bajo costo
		M20	Construcción de un sistema de drenaje alternativo más económico.

Cuadro 13. Lista de medidas para maximizar el aprovechamiento de oportunidades ambientales.

OPORTUNIDAD AMBIENTAL		MEDIDAS	
Código (Opm)	Nombre	Código (Ma)	Nombre
OP1	ASISTENCIA TÉCNICA BRINDADA POR EL COMITÉ DE CAFETEROS DEL HUILA	M21	Taller de agricultura Orgánica para los Caficultores de la zona. Duración 50 horas
		M22	Taller comercialización de café y plátano
		M23	Taller manejo integrado de plagas y enfermedades de los cultivos
		M24	Capacitación a cerca del manejo de los subproductos de la cosecha
		M25	Curso sobre manejo de registros de producción y comercialización de productos de la Finca.
OP2	CERCANÍA A PITALITO PARA LA COMERCIALIZACIÓN DEL CAFÉ	M26	Asesoría para la formación de grupos asociativos de productores de café.
		M27	Capacitación en el manejo adecuado del café pergamino seco para la venta en la cooperativa.
OP3	DISPONIBILIDAD DE TECNOLOGÍA EN DRENAJE	M28	Adecuación de un sistema de drenaje que satisfaga las necesidades propias del productor para mejorar las condiciones del lote.
		M29	Construcción de canales de drenaje
		M30	Capacitación en mantenimiento de canales.

Cuadro 14. Lista de medidas para minimizar consecuencias de amenazas ambientales.

AMENAZA AMBIENTAL		MEDIDAS	
Código (An)	Nombre	Código (Ma)	Nombre
A1	ALTOS COSTOS DE ADECUACION DE SISTEMA DE DRENAJE	M31	Conducción de aguas superficiales o subterráneas por tubería corrugada y canales
		M32	Aumento al doble de los espacios entre los subdrenes
		M33	Adaptación de otros tipos de tubería lisa o guadua
		M34	Intercepción entre subdrenes con canales.
A2	FENÓMENO DE LA NIÑA	M35	Instalación de un sistema de drenaje para la evacuación de excesos de agua.
A3	VERTIMIENTO DE AGUAS NEGRAS EN LOS PREDIOS ARRIBA DEL LOTE	M36	Construcción de cunetas para la canalización de los desagües del predio vecino hacia el dren principal.

Cuadro 15. Esquema de programas, proyectos y medidas del plan de manejo ambiental.

PROGRAMA	PROYECTO	MEDIDAS (MA)	Impactos positivos que se maximizan	Impactos negativos que se minimizan	Oportunidades que se maximizan	Amenazas que se minimizan
Adecuación del predio	PROYECTO DE MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL RECURSO SUELO	M1-M3-M4-M5-M7-M8-M10-M11-M13-M14-M17-M18-M26-M29-M31-M32-M33	IP1-IP2-IP3			
Económico	PROYECTO DE MANTENIMIENTO DE SISTEMA DE DRENAJE	M1-M2-M3-M4-M5-M7-M8-M10-M11-M13-M14-M15-M16-M18-M19-M20-M21-M22-M23-M24-M26-M29-M30-M32-M33-M35-M36	IP2		O3	
	PROYECTO DE INCREMENTO EN LA COBERTURA VEGETAL		IP2-IP4-IP3	IN1-IN3-IN4	O1-O2	
FORESTAL ECOLÓGICO	PROYECTO DE MEJORA EN SISTEMA DE COMUNICACIÓN Y TRANSPORTE	M15-M16-M18-M19-M20-M21-M22-M23-M24-M26-M29-M30	IP1-IP2		O2	A3
	PROYECTO DE TRATAMIENTO DE AGUAS DE DESCOLE RESIDUALES DOMESTICAS	M1-M3-M6-M10-M11-M13-M16-M17-M22-M24-M26-M27-M29-M30-M31-M34-M35	IP3	IN4-IN2		

5.26 DISEÑOS ALTERNATIVOS DE DRENAJE

Se proponen dos posibles alternativas al sistema de drenaje convencional, un diseño con ductos laterales de drenaje en guadua y otro con grava, para lo cual se incluyen los costos y su evaluación comparativa, los cuales son descritos a continuación:

5.26.1 Diseño de drenaje con guadua. Como alternativa de drenaje los autores proponen la aplicación de un sistema similar al diseño principal, realizando unos cambios en los materiales que se emplean; es así que, en lugar de utilizar tubería corrugada, se recomienda el uso de guadua curada como material conductor del agua. El procedimiento consiste en tomar tramos cortos de guadua (aproximadamente 3 m) a los que utilizando una varilla de hierro de 1/2" se les perfora los entrenudos dándole así la forma de tubo. Posteriormente se perfora ya sea con serrucho, machete o taladro, para obtener las ranuras por las que ingresa el agua de exceso. La ubicación de las guaduas perforadas se hace a lo largo de los canales laterales tapándolas posteriormente con gravilla de 1/2" en una capa de 35 cm. de altura, y con material de excavación hasta enrasar con la superficie del terreno (Figura 23).

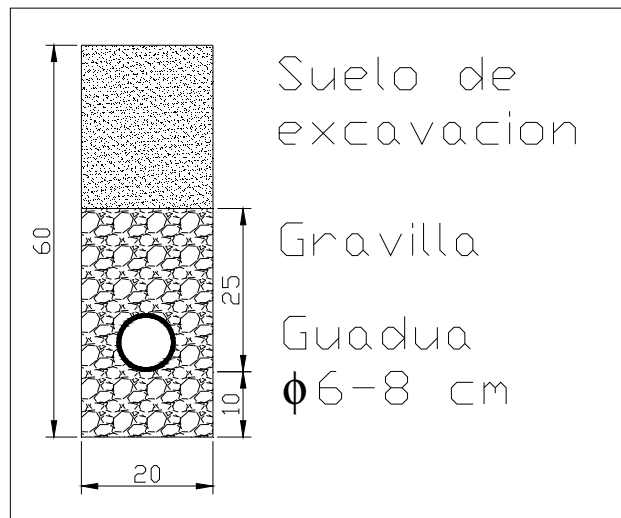


Figura 23. Esquema de drenaje con guadua

Los componentes de los costos asociados a la alternativa de drenaje propuesta son los mismos considerados en el diseño convencional, con la diferencia en el tipo de material, ya que en esta propuesta de diseño se utilizará la guadua como ducto de drenaje.

El presupuesto para la implementación del sistema de drenaje con guadua, alcanza un valor total de \$ 5'226.102 distribuido en los materiales necesarios para la adecuación del sistema de conducción como la varilla de hierro y los tramos de guadua, igualmente involucra otros aspectos concernientes a mano de obra calificada y no calificada para la ejecución de obras civiles. El área total de la Finca San Martín, municipio de Saladoblanco es de 5.59 has, por lo que la inversión es de \$936.578 por hectárea, inversión que se proyecta recuperar con la utilidad de la producción obtenida en el cultivo de café a dos (2) años (Cuadro 16).

Cuadro 16. Presupuesto Sistema de Drenaje con Guadua.

MATERIALES	DIAMETRO (pulg.)	UNIDAD	LONGITUD (m)	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
GUADUA (SECCIONES DE 3 m.)	3"	UNIDAD	3	250	\$ 2.000	\$ 500.000
VARILLA DE HIERRO	1/2"	UNIDAD	2	1	\$ 10.000	\$10.000
GRAVA	1/2"	m ³		50	\$ 15.000	\$ 750.000
SUMA PARCIAL						\$ 1.260.000
OBRAS CIVILES						
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO	-	Ha	-	5,59	\$ 80.000	\$ 447.200
CONSTRUCCION POZOS	-	UNIDAD	-	15	\$ 5.000	\$75.000
DISEÑO	-	UNIDAD	-	1	\$ 300.000	\$ 300.000
TRAZADO EXCAVACION Y TAPADO DRENES LATERALES	-	m ³	730	87	\$ 6.500	\$ 565.500
TRAZADO EXCAVACION CANAL PRINCIPAL	-	m ³	318	125	\$ 8.000	\$ 1.000.000
INSTALACION GUADUA	3"	ML	730	5	\$ 60.000	\$ 300.000
SUMA PARCIAL						\$ 2.687.700
ASISTENCIA TECNICA						
ASESORIA	-	-	-	2	\$100.000	\$200.000
SUMA PARCIAL						\$200.000
SUBTOTAL						\$4.147.700
IVA 16%						\$663.632
A.I.U 10%						\$414.770
TOTAL						\$ 5.226.102

5.26.2 Diseño de drenaje con grava. Es un diseño con las mismas características del anterior, con la diferencia de que no se emplea guadua como medio conductor, sino que se deja solamente la cama de grava como lecho filtrante cubierta con un material que la proteja de arenas y partículas de suelo que puedan tapar los espacios entre las piedras, lo que disminuiría considerablemente su eficiencia.

Se recomienda cubrir la grava con un geotextil, además de enrasar con mezcla de arena gruesa y suelo de excavación; inversión que se proyecta recuperar con la utilidad de la producción obtenida en el cultivo de café a dos (2) años (Figura 24).

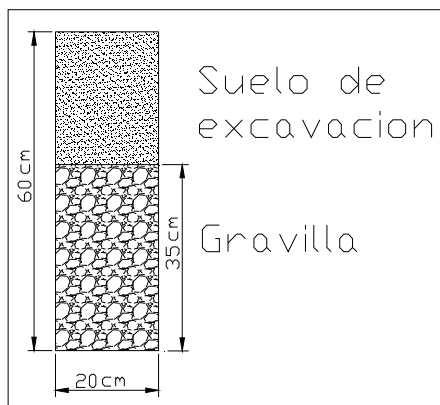


Figura 24. Esquema de Drenaje con Grava

El presupuesto para el diseño alternativo con grava para 5.59 has, integra materiales como 50 m³ de grava de ½" de diámetro; levantamiento topográfico, diseño del sistema de drenaje, trazado, excavación, instalación y tapado de la gravilla que compone los subdrenes, excavación del canal principal y asistencia técnica; para un costo total de \$4.268.502, IVA incluido; lo cual indica que la implementación del proyecto en la Finca San Martín tiene un costo de \$763.596 por ha (Cuadro 17).

Cuadro 17. Presupuesto Sistema de Drenaje con Grava.

MATERIALES	UNIDAD	LONGITUD (m)	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
GRAVA ½"	m ³		50	\$ 15.000	\$ 750.000
ARENA GRUESA	m ³		10	\$ 5.000	\$ 50.000
SUMA PARCIAL					\$ 800.000
OBRAS CIVILES					
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO	Ha	-	5,59	\$ 80.000	\$ 447.200
CONSTRUCCION POZOS	UNIDAD	-	15	\$ 5.000	\$ 75.000
DISEÑO	UNIDAD	-	1	\$300.000	\$ 300.000
TRAZADO EXCAVACION Y TAPADO DRENES LATERALES	m ³	730	87	\$ 6.500	\$ 565.500
TRAZADO EXCAVACION CANAL PRINCIPAL	m ³	318	125	\$ 8.000	\$ 1.000.000
SUMA PARCIAL					\$2.387.700
ASISTENCIA TECNICA					
ASESORIA	-	-	2	\$100.000	\$ 200.000
SUMA PARCIAL					\$ 200.000
SUBTOTAL					\$ 3.387.700
IVA 16%					\$ 542.032
A.I.U 10%					\$ 338.770
TOTAL					\$4.268.502

5.27 VIABILIDAD ECONOMICA

Los diseños de drenaje propuestos como solución al problema de anegamiento del lote de café de la Finca San Martín en el municipio de Saladoblanco, se realizaron aplicando los conocimientos y técnicas ingenieriles para la adecuación de tierras afectadas por exceso de humedad; no obstante, se presentan diferencias significativas en el presupuesto debido a la calidad y duración de los materiales empleados para la construcción de los subdrenes, ya que el canal principal se incluye en los tres diseños planteados; es por esto que se realiza un cuadro comparativo para determinar la viabilidad económica de cada propuesta (Tabla 16).

Tabla 16. Viabilidad económica de las alternativas de drenaje

DISEÑO PRINCIPAL	ALTERNATIVA	
TUBERIA DE DRENAJE	GUADUA Y GRAVA	GRAVA
<p>Integra la ejecución del proyecto empleando materiales de óptima calidad para la conducción de aguas por los drenes; la tubería corrugada para drenaje agrícola ofrece periodos largos de duración y eficiencias de funcionamiento cercanas al 80% en relación a otro tipo de material empleado, es por esto que el costo de inversión asciende a \$15'646.181, sin embargo es una inversión que se proyecta recuperar a mediano plazo (5 años), ya que el costo es de \$2'798.960/ha.</p>	<p>Es mas económica debido a la utilización de materiales de fácil consecución en la zona como lo es la Guadua para la conducción del agua, sin embargo tiene el inconveniente de la corta vida útil del material por su origen orgánico, lo que afectaría el sistema de drenaje al taparse el ducto de evacuación. Además el área disponible para el ingreso del agua es mucho menor a la disponible con el sistema de tubería para drenaje; no obstante es una solución de mayor viabilidad en la zona afectada por su menor inversión, siendo su costo de \$5'226.102, es decir en \$934.900/ha, proyectada a recuperarse en 2 años.</p>	<p>Es la mas viable por su inversión \$4'268.502, ya que se emplea como material de lecho filtrante gravilla de 1/2" de diámetro, lo que garantiza un espacio poroso mayor para la evacuación de los excesos de humedad en el predio, sin embargo, este costo se incrementaría al incluir el valor de un geotextil para el cubrimiento de la grava, lo que evitaría el sellamiento de los espacios porosos. La inversión se recuperaría a corto plazo (2 años) es decir de \$763600/ha.</p>

6. CONCLUSIONES

- Para la Finca San Martín que comprende un área de 5.59 has, se diseñó un sistema de drenaje mixto, con forma de espina de pescado que consiste en un canal colector en tierra con sección transversal trapezoidal, con profundidad promedio de 0.8 m. y longitud de 318,26 m., y 19 subdrenes de 2.5" de diámetro enterrados a una profundidad de 0.6 m con longitudes de 50 y 30 m, distanciados 15 m en la zona crítica y 30 m en la parte oriental del lote.
- La conformación del relieve cóncavo del terreno facilita la evacuación de los flujos hídricos de exceso hacia el colector central, las excavaciones tanto de los subdrenes como del canal principal, conservan la pendiente del terreno facilitando así el drenaje libre del sistema.
- En el horizonte superior del suelo se presentan texturas gruesas a medias, mientras que en el horizonte inferior las texturas son finas con marcados problemas de aireación y conductividad hidráulica que restringen el movimiento de agua.
- Es evidente la presencia de nivel freático alto en la Finca San Martín, municipio de Saladoblanco, específicamente en el sector central y oriental del área, cubriendo un 47% del área, siendo este sector el más crítico.
- El costo total del sistema de drenaje para la Finca San Martín es de \$15.646.181, es decir \$2.798.959 por hectárea.
- La implementación del sistema de drenaje genera impactos ambientales positivos y negativos concluyéndose que los impactos positivos más importantes son: generación de empleo, adecuación de tierras y aumento de ingresos; a su vez los impactos negativos son deterioro del paisaje, erosión, remoción en masa y altos costos de inversión.
- De las tres alternativas viables para el sistema de drenaje en la Finca San Martín (dren corrugado PVC, guadua y grava), la mas viable económicamente es la alternativa con drenes de grava con un costo \$2.675.1768/ha.

RECOMENDACIONES

Los autores del proyecto ponen en consideración las siguientes recomendaciones:

1. Realizar un adecuado mantenimiento preventivo y correctivo del sistema de drenaje para lograr un máximo periodo de duración.
2. En la producción de café y plátano, se producen residuos. Los cuales al realizar un montaje específico para su manejo adecuado en pro del cultivo posterior contribuirá a la conservación del ambiente, que a su vez la Finca podrá recibir certificaciones ambientales aumentando la calidad del producto por el no uso de agroquímicos.
3. Fomentar en la comunidad de la zona, los conceptos de uso racional y conservación del agua por su valor como recurso, ya que su disponibilidad y calidad depende del manejo y protección de los proyecto de conservación de recursos hídricos.
4. Poner en práctica la implementación del Plan de Manejo Ambiental para que de esta manera haya un desarrollo sostenible y sustentable tanto ambiental como social en la zona.
5. Optar por el diseño que más se acomode a los recursos económicos del propietario del terreno.
6. En cuanto a los resultados de análisis químico de suelo, para llevar los valores a un rango adecuado se sugiere:
 - A los 20 meses de la siembra aplicar por planta 200 g de Caliza Dolomítica.
 - A los 24 meses de la siembra aplicar 620 Kg. /ha de 25-4-24.
 - A los 30 mese de siembra aplicar 550 Kg. /ha de una mezcla de urea KCl en relación 1:1.
 - A los 36 meses de la siembra aplicar 620 Kg. /ha de 25-4-24.

INDICE ALFABETICO

A	
Alternativas de drenaje no convencionales	27
Análisis e interpretación de información – isobatas, isohípsas	35
Área de influencia del proyecto	58
C	
Cálculo de caudales a evacuar por el sistema de drenaje	49
Cálculo de la escorrentía	34
Cálculo de recargas	34
Cálculo de recargas	47
Capacidad de campo	33
Capacidad de Infiltración del suelo	47
Caudal de escorrentía	47
Color	32
Color del suelo	42
Comparación de impactos y alternativas o escenarios ambientales del proyecto	64
Componentes de un sistema de drenaje subterráneo	22
Conceptos básicos de drenaje agrícola	21
Conceptos básicos de impacto y evaluación de impacto ambiental	30
Conductividad eléctrica del suelo y el agua freática	44
Conductividad hidráulica	25
Conductividad hidráulica	46
Criterio de drenaje para zonas de ladera	27
D	
Delimitación del área de influencia del proyecto	56
Densidad aparente	33
Densidad real	33
Descripción de impactos ambientales	66
Descripción de oportunidades y amenazas	67
Determinación del espaciamiento entre drenes	49
Diámetro de tuberías de drenaje	51
Dimensionamiento del canal principal de drenaje	52
Diseño de drenaje con grava	74
Diseño de drenaje con guadua	73
Diseño del Sistema de Drenaje	52
Diseños alternativos de drenaje	73
Drenaje con fajinas vivas	28
Drenaje mediante el empleo de especies vegetales que realizan el efecto de bombeo	28
Drenaje Subterráneo	21
Drenaje Superficial	21

Drenajes de grava	29
E	
Esquema básico de programas, proyectos y medidas	70
Estratigrafía	41
Evaluación ambiental del proyecto de drenaje para un área con cultivo de café en el municipio de Saladoblanco	56
Experiencias de drenaje en el sector cafetero	27
F	
Factores que influyen el nivel freático	22
Filtros vivos	27
I	
Identificación de Impactos Ambientales	59
Identificación y reconocimiento de campo	32
Impactos ambientales del proyecto, identificados con el método de la encuesta	62
Impactos ambientales del proyecto, identificados con el método de la Matriz de Leopold Reducida	59
Impactos ambientales del proyecto, identificados con el método de Redes	61
Infiltración	24
Infiltración	34
Infiltrómetro de anillo simple	24
J	
Jerarquización y orden de importancia de los impactos seleccionados según métodos empleados en el proyecto	63
L	
Lluvia crítica	34
Localización	38
M	
Mapa de isobatas	40
Mapa de isohípsas	41
Método Battelle Columbus	64
Método de la encuesta	36
Método de la matriz de leopold	37
Método de Redes	37
Método del pozo barrenado	25
Metodología	32
Metodología para la comparación de escenarios ambientales y determinación de la viabilidad ambiental del proyecto	37

Metodología para la identificación y ponderación de impactos ambientales del proyecto	36
P	
Pendientes del sistema de drenaje	50
pH	43
Plan de manejo ambiental	69
Porosidad total	33
Pozos de observación y lecturas de nivel freático	39
Presupuesto	54
Propiedades físicas del suelo	32
Propiedades físicas del suelo	42
Propiedades químicas del suelo	34
Propiedades químicas del suelo	43
Pruebas de campo y mediciones (topográfica, agrológicos, hidrodinámicas)	34
Pruebas de laboratorio	42
Punto de marchitez permanente	33
R	
Recolección de información de clima, suelo, hidrológica, cultivos	32
Resultados y discusión	38
Resultados y evaluación	37
S	
Secciones de drenes y canal principal	53
Sistema de drenes enterrados	23
Sistema de drenes abiertos	23
T	
Textura	33
Tipos de drenaje	22
V	
Viabilidad económica	76

BIBLIOGRAFIA

- COX, Cristóbal. Determinación de la conductividad hidráulica en la zona no saturada con el Infiltrómetro de anillo. Universidad de Chile. 2006.
- FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. (FEDERACAFÉ). Centro Nacional de Investigaciones de Café. (CENICAFÉ). 1975. Manual de conservación de suelos de ladera. Chinchiná. Cenicafé.
- FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS. El café de Colombia, el árbol y su entorno, el Suelo para el cultivo. Disponible en <http://www.cafedecolombia.com.co/caficultura/elcafe.html>
- FUENTES E., Juan Pablo. El Suelo: un sistema vivo. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile. Santiago. 2005.
- GARCÍA-SINOVAS, D., Regalado, C., MUÑOZ-CARPENA, R. y ÁLVAREZ-BENEDÍ, J. Comparación de los permeámetros de Guelph y Philip-Dunne para la estimación de la conductividad hidráulica saturada del suelo. Instituto Canario de Investigaciones Agrarias, Tenerife. 2002.
- GOICOCHEA R., J. Flujo de agua subterránea hacia los drenes. 2005.
- HOYOS, Camilo. Software Sistema de Información Ambiental, Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena. 2008
- JIMENEZ S., José Alfredo. Diseño de riego y drenaje para un escenario deportivo. Tesis de grado, ingeniería agrícola. Universidad Surcolombiana, Neiva 2006.
- MALAGON, Dimas y MONTENEGRO, Hugo. Propiedades físicas de los suelos. IGAC. Subdivisión Agrícola, Bogotá D.C. 1990.
- MONTEALEGRE, Fernando y TORRENTE, Armando. Hidrología II: Características Hidrológicas de una cuenca, evaporación y transpiración, estadística aplicada a la hidrología. Neiva, Universidad Surcolombiana, 1998.
- OLAYA, Alfredo. Impacto ambiental en proyectos de riego y drenaje. Algunas directrices conceptuales y metodológicas. Entornos No 11. Neiva, Universidad Surcolombiana 1999.
- OVALLES V., Francisco. El color del suelo: definiciones e interpretaciones. 2003

- PIZARRO, Fernando, Drenaje agrícola y recuperación de suelos salinos, Editora Agrícola Española, S.A. Madrid, 1978.
- QUIROZ M., T.; HINCAPIÉ G., E. Pérdidas de suelo por erosión en sistemas de producción de café con cultivos intercalados. Cenicafé. 2007.
- RIVERA P. José H., Control de cárcavas remontantes en zonas de ladera mediante tratamientos Biológicos. CENICAFE, Avances técnicos 256. 1998.
- ROJAS R. Drenaje Superficial. CIDIAT. 1984
- Manual de ordenación de cuencas Hidrográficas. Estabilización de laderas con sistemas Biotécnicos de Drenaje. Disponible en www.fao.org
- <http://webdelprofesor.ula.ve/nucleotrujillo/rtrezza/LluviasExtremas.pdf>
- http://www.agronet.gov.co/www/docs_si2/20061024153344_Caracteristicas%20del%20suelo%20propiedades%20fisico-quimicos.pdfj
- <http://www.fao.org/DOCREP/006/AD0815s/AD018s05.htm>
- <http://www.cafedecolombia.com.co/caficultura/elcafe.html>

ANEXOS

Anexo A. Georeferenciación y profundidad de los pozos de Observación

No. Pozo	E	N	H	Profundidad (m)
1	714947,856	779127,165	1696,672	1,15
2	714898,749	779091,465	1697,987	1,21
3	714876,770	779050,284	1703,836	1,00
4	714817,414	779096,362	1704,723	1,25
5	714838,661	779140,362	1703,088	1,05
6	714855,282	779171,516	1712,942	1,03
7	714803,455	779212,190	1715,105	1,01
8	714784,160	779182,476	1709,817	1,11
9	714758,674	779142,892	1709,486	1,06
10	714692,291	779193,119	1713,264	1,00
11	714718,390	779225,376	1709,577	1,30
12	714755,208	779256,588	1714,785	1,04
13	714714,754	779318,625	1710,055	1,08
14	714675,884	779283,540	1708,856	1,16
15	714640,668	779258,493	1713,023	1,15

Anexo B. Valores de lecturas de niveles freáticos

Pozo No.	E	N	H	sep-01	sep-08	sep-15	sep-22	sep-29	oct-06	oct-13	oct-20	oct-27	nov-03	nov-10	nov-17	nov-23	nov-30
1	714947,856	779127,165	1697,672	1,15	1,130	1,12	1,120	1,100	1,090	1,090	1,080	1,070	1,08	1,07	1,07	1,06	1,07
2	714898,749	779091,465	1696,987	1,18	1,09	1,06	0,780	0,52	0,22	0,13	0,09	0,06	0,04	0,02	0	0	0
3	714876,770	779050,284	1712,136	1	1,00	0,99	0,990	0,99	0,99	0,98	0,98	0,97	0,98	0,96	0,95	0,94	0,94
4	714817,414	779096,362	1711,323	1,25	1,23	1,16	1,150	1,09	1,08	1,06	1,03	1,01	1,01	0,99	0,98	0,98	0,96
5	714838,661	779140,362	1704,750	0,99	0,94	0,93	0,680	0,55	0,23	0,15	0,07	0,03	0	0,01	0	0	0
6	714855,282	779171,516	1714,594	1,03	1,01	1,00	1,000	0,99	0,99	1,1	0,98	0,98	0,97	0,95	0,94	0,93	0,91
7	714803,455	779212,190	1715,440	1,01	1,01	0,98	0,980	0,98	0,97	0,98	0,96	0,95	0,95	0,92	0,9	0,89	0,91
8	714784,160	779182,476	1708,817	1,05	0,96	0,93	0,660	0,47	0,31	0,16	0,1	0,05	0,03	0,02	0	0	0
9	714758,674	779142,892	1709,886	1,06	1,05	1,05	1,040	0,98	0,96	0,94	0,93	0,93	0,91	0,89	0,87	0,87	0,95
10	714692,291	779193,119	1713,264	1	1,00	0,98	0,980	0,97	0,97	0,98	0,96	0,95	0,95	0,94	0,91	0,89	0,89
11	714718,390	779225,376	1709,877	1,03	0,98	0,94	0,620	0,43	0,27	0,12	0,05	0,02	0,02	0,01	0	0	0
12	714755,208	779256,588	1714,785	1,04	1,03	1,03	1,000	0,99	0,99	0,97	0,95	0,93	0,92	0,9	0,89	0,87	0,87
13	714714,754	779318,625	1711,557	0,99	0,93	0,92	0,590	0,5	0,35	0,17	0,09	0,05	0,04	0,03	0	0	0
14	714675,884	779283,540	1708,826	0,95	0,92	0,89	0,630	0,46	0,37	0,14	0,11	0,07	0,06	0,04	0	0	0
15	714640,668	779258,493	1713,023	0,99	0,96	0,92	0,650	0,46	0,41	0,18	0,14	0,06	0,05	0,02	0	0	0

Anexo C. Datos para la graficación de las Isohípsas

Pozo No.	E	N	H	sep-01	sep-08	sep-15	sep-22	sep-29	oct-06	oct-13	oct-20	oct-27	nov-03	nov-10	nov-17	nov-23	nov-30
1	714947,9	779127,2	1697,7	1696,5	1696,5	1696,6	1696,6	1696,6	1696,6	1696,6	1696,6	1696,6	1696,6	1696,6	1696,6	1696,6	1696,6
2	714898,7	779091,5	1697,0	1695,8	1695,9	1696,2	1696,5	1696,5	1696,8	1696,9	1696,9	1696,9	1696,9	1697,0	1697,0	1697,0	1697,0
3	714876,8	779050,3	1712,1	1711,1	1711,1	1711,1	1711,1	1711,1	1711,1	1711,2	1711,2	1711,2	1711,2	1711,2	1711,2	1711,2	1711,2
4	714817,4	779096,4	1711,3	1710,1	1710,2	1710,2	1710,2	1710,2	1710,2	1710,3	1710,3	1710,3	1710,3	1710,3	1710,3	1710,3	1710,4
5	714838,7	779140,4	1704,8	1703,8	1703,8	1704,1	1704,2	1704,2	1704,5	1704,6	1704,7	1704,7	1704,8	1704,7	1704,8	1704,8	1704,8
6	714855,3	779171,5	1714,6	1713,6	1713,6	1713,6	1713,6	1713,6	1713,6	1713,5	1713,6	1713,6	1713,6	1713,6	1713,7	1713,7	1713,7
7	714803,5	779212,2	1715,4	1714,4	1714,5	1714,5	1714,5	1714,5	1714,5	1714,5	1714,5	1714,5	1714,5	1714,5	1714,5	1714,6	1714,5
8	714784,2	779182,5	1708,8	1707,8	1707,9	1708,2	1708,3	1708,3	1708,5	1708,7	1708,7	1708,8	1708,8	1708,8	1708,8	1708,8	1708,8
9	714758,7	779142,9	1709,9	1708,8	1708,8	1708,8	1708,8	1708,9	1708,9	1708,9	1709,0	1709,0	1709,0	1709,0	1709,0	1709,0	1708,9
10	714692,3	779193,1	1713,3	1712,3	1712,3	1712,3	1712,3	1712,3	1712,3	1712,3	1712,3	1712,3	1712,3	1712,3	1712,4	1712,4	1712,4
11	714718,4	779225,4	1709,9	1708,8	1708,9	1709,3	1709,4	1709,4	1709,6	1709,8	1709,8	1709,9	1709,9	1709,9	1709,9	1709,9	1709,9
12	714755,2	779256,6	1714,8	1713,7	1713,8	1713,8	1713,8	1713,8	1713,8	1713,8	1713,8	1713,9	1713,9	1713,9	1713,9	1713,9	1713,9
13	714714,8	779318,6	1711,6	1710,6	1710,6	1711,0	1711,1	1711,1	1711,2	1711,4	1711,5	1711,5	1711,5	1711,5	1711,6	1711,6	1711,6
14	714675,9	779283,5	1708,8	1707,9	1707,9	1708,2	1708,4	1708,4	1708,5	1708,7	1708,7	1708,8	1708,8	1708,8	1708,8	1708,8	1708,8
15	714640,7	779258,5	1713,0	1712,0	1712,1	1712,4	1712,5	1712,5	1712,6	1712,8	1712,9	1713,0	1713,0	1713,0	1713,0	1713,0	1713,0

Anexo D. Colores del suelo en los diferentes pozos de observación.

Prof. Pozo cm.		Pozo 1 115			Pozo 2 121			Pozo 3 100		
Horizonte	No. Horiz.	prof. Horiz.	Código Color	Color	prof. Horiz.	Código Color	color	prof. Horiz.	Código Color	color
	1	23	5YR 2.5/2	Marrón rojizo oscuro	26	5YR 2.5/2	Marrón rojizo oscuro	19	7.5YR 3/2	Marrón oscuro
	2	17	10YR 5/6	Marrón amarillento	22	10YR 5/6	Marrón amarillento	40	5Y 5/1	gris oscuro
	3	24	10YR 6/4	Marrón amarillento ligero	45	10YR 6/4	Marrón amarillento ligero	23	10YR 6/3	Marrón claro
	4	38	7.5YR 5/8	Marrón fuerte	28	10YR 7/8	amarillo	18	10YR 8/6	amarillo
	5	13	7.5YR 7/2	gris rosado						
Prof. Pozo cm.		Pozo 4 125			Pozo 5 102			Pozo 6 101		
Horizonte	No. Horiz.	prof. Horiz.	Código Color	color	prof. Horiz.	Código Color	color	prof. Horiz.	Código Color	color
	1	19	7.5YR 3/2	Marrón oscuro	34	5Y 2.5/2	negro	37	7.5YR 3/4	Marrón oscuro
	2	12	10YR 3/2	Marrón gris muy oscuro	33	10YR 4/3	Marrón oscuro	32	10YR 6/3	Marrón claro
	3	16	2.5Y 5/0	gris	35	2.5Y 5/4	Marrón aceituna ligero	32	10YR 6/8	amarillo parduzco
	4	28	5Y 5/3	aceituna						
	5	32	2.5Y 6/8	amarillo aceituna						
6	18	7.5YR 5/8	Marrón fuerte							
Prof. Pozo cm.		Pozo 7 101			Pozo 8 111			Pozo 9 106		
Horizonte	No. Horiz.	prof. Horiz.	Código Color	color	prof. Horiz.	Código Color	color	prof. Horiz.	Código Color	color
	1	38	7.5YR 3/2	Marrón	32	7.5YR 3/2	Marrón oscuro	37	7.5YR 3/2	Marrón oscuro
	2	30	10YR 6/3	Marrón claro	37	10YR 6/3	Marrón claro	38	10YR 6/3	Marrón claro
	3	33	10YR 6/8	amarillo parduzco	29	10YR 6/8	amarillo parduzco	31	10YR 6/8	amarillo parduzco
4				13	10YR 8/6	amarillo				
Prof. Pozo cm.		Pozo 10 100			Pozo 11 130			Pozo 12 104		
Horizonte	No. Horiz.	prof. Horiz.	Código Color	color	prof. Horiz.	Código Color	color	prof. Horiz.	Código Color	color
	1	36	7.5YR 3/2	Marrón oscuro	30	5YR 2.5/2	Marrón rojizo oscuro	20	5YR 2.5/2	Marrón rojizo oscuro
	2	37	10YR 6/3	Marrón claro	24	10YR 5/6	Marrón amarillento	17	10YR 5/6	Marrón amarillento
	3	27	10YR 6/8	amarillo parduzco	28	10YR 6/4	Marrón amarillento ligero	23	10YR 6/4	Marrón amarillento ligero
	4				32	7.5YR 5/8	Marrón fuerte	28	10YR 7/8	amarillo
5				16	7.5YR 7/2	gris rosado	16	7.5YR 7/2	gris rosado	
Prof. Pozo cm.		Pozo 13 108			Pozo 14 116			Pozo 15 115		
Horizonte	No. Horiz.	prof. Horiz.	Código Color	color	prof. Horiz.	Código Color	color	prof. Horiz.	Código Color	color
	1	25	7.5YR 3/2	Marrón oscuro	33	5YR 2.5/2	Marrón rojizo oscuro	29	7.5YR 3/2	Marrón oscuro
	2	21	5Y 5/1	gris oscuro	35	10YR 5/6	Marrón amarillento	34	10YR 6/3	Marrón claro
	3	36	10YR 6/3	Marrón claro	28	10YR 6/4	Marrón amarillento ligero	35	10YR 8/6	amarillo
4	26	10YR 8/6	amarillo	20	7.5YR 5/8	Marrón fuerte	17	10YR 8/6	amarillo	

Anexo E. Análisis de suelos

FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA
Centro Nacional de Investigaciones de Café PEDRO URIBE MEJIA
 Comité Deptal. de Cafeteros del Huila

Departamento : 41 HUILA	Finca : 0 SAN MARTIN-LAS BRAIS	No Dren : 5140
Municipio : 660 SALADOBLANCO	Propietario: MANUEL A. HERNANDEZ	No Laboratorio : 6167
Seccional : 80 TIBANA	Referencia : LOTE 1 CAFE	Fecha Recepción: 2008.05.23
Distrito : 60 SALADOBLANCO	Cafetal en : Crecimiento (4808 arb/ha)	Primer Reporte :
Vereda : 0	Edad : 18 meses	Fecha Reporte : 2008.06.17

REPORTE E INTERPRETACION DE ANALISIS DE SUELOS PARA CAFE

Determinación	Resultados	Métodos	Rango Adecuado
pH	4,6	Potenciométrico en agua 1:1	5,0 - 5,5
Materia Orgánica	6,1 %	Walkley-Black colorimétrico	8,0 - 14,0
Fósforo	18 ppm.	Bray II colorimétrico	6 - 14
Potasio	0,28 me/100 g.	Acetato de Amonio-Absorción Atómica	0,30 - 0,40
Calcio	1,3 me/100 g.	Acetato de Amonio-Absorción Atómica	1,6 - 2,4
Magnesio	0,5 me/100 g.	Acetato de Amonio-Absorción Atómica	0,6 - 0,8
Aluminio	1,4 me/100 g.	Yuan - Absorción Atómica	0,0 - 1,1
Sat. Aluminio	41,2 %	Cálculo	0,0 - 60,0
Textura	Franco-Arcilloso	Al tacto	

SUGERENCIAS PARA FERTILIZACIONES Y ENMIENDAS

Para llevar estos resultados al RANGO ADECUADO, se sugieren las siguientes alternativas:

- A los 18 meses de la siembra aplicar 40 g. de una mezcla Urea-BAF en la relación 3:1:2 por planta.
- A los 20 meses de la siembra aplicar por planta 200 g de Caliza Dolomítica.

Ojalá las siguientes fertilizaciones se efectúen 2 meses antes de travesaños y/o cosechas.

A los 24 meses de la siembra:

- 700 Kg/ha de 17-6-18-2 (Completo) y 80 Kg/ha de Urea;
- ó 620 Kg/ha de 25-4-24;
- ó 330 Kg/ha de Urea, 90 Kg/ha de Superfosfato Triple y 200 Kg/ha de KCl;
- ó 290 Kg/ha de Urea, 100 Kg/ha de BAF y 200 Kg/ha de KCl.

NOTA: Aplicar 560 Kg/ha si en las dos últimas alternativas hace una mezcla de las tres fuentes en relación 3:1:2 respectivamente.

A los 30 meses de la siembra:

- 550 Kg/ha de una mezcla de Urea - KCl en relación 1:1.

A los 36 meses de la siembra:

- 700 Kg/ha de 17-6-18-2 (Completo) y 80 Kg/ha de Urea;
- ó 620 Kg/ha de 25-4-24;
- ó 330 Kg/ha de Urea, 90 Kg/ha de Superfosfato Triple y 200 Kg/ha de KCl;
- ó 290 Kg/ha de Urea, 100 Kg/ha de BAF y 200 Kg/ha de KCl.

NOTA: Aplicar 560 Kg/ha si en las dos últimas alternativas hace una mezcla de las tres fuentes en relación 3:1:2 respectivamente.

COMENTARIOS:

- NO SOBREPASAR la dosis de 100 g. de Urea ó 200 g. de sus mezclas por árbol por aplicación.
- Consulte las "CONSIDERACIONES PARA EL ÉXITO DE LA FERTILIZACIÓN DE CAFETALES" (Revisión de Junio de 1993).
- Si no fué entregada, solicítela al Comité de Cafeteros o a Tecnisafé.
- LAS SUGERENCIAS PUEDE MODIFICARLAS EL TÉCNICO SEGUN CONDICIONES DEL AGRICULTOR, DE LA REGION O DEL CAFETAL.

Anexo F. Formato para toma de datos prueba de infiltración y conductividad hidráulica.

Fecha	Georeferenciación	Tiempo (minutos)	Conductividad hidráulica (cm)	Infiltración (cm)
	Número de pozo	1		
Descripción del lugar		3		
	Norte	5		
		10		
	Este	15		
		20		
	Altura	30		
		45		

Anexo G. Cálculo de la lluvia Crítica

i	$a_i < p_i < b_i$	N_i	M_i	$F_i = N_i / S N_i$	F_i'	$6 = 1 - F_i'$	$7 = 1 / F_i'$	$8 = 7 / 12$	$9 = 12 / 7$
1	0	9	240	0,0375	1,0000	0,0000	1,0000	0,0833	12,0000
2	0-5	1	239	0,0042	0,9958	0,0042	1,0042	0,0837	11,9500
3	5,1-10	5	234	0,0208	0,9750	0,0250	1,0256	0,0855	11,7000
4	10,1-15	13	221	0,0542	0,9208	0,0792	1,0860	0,0905	11,0500
5	15,1-20	40	181	0,1667	0,7542	0,2458	1,3260	0,1105	9,0500
6	20,1-25	36	145	0,1500	0,6042	0,3958	1,6552	0,1379	7,2500
7	25,1-30	34	111	0,1417	0,4625	0,5375	2,1622	0,1802	5,5500
8	30,1-35	22	89	0,0917	0,3708	0,6292	2,6966	0,2247	4,4500
9	35,1-40	30	59	0,1250	0,2458	0,7542	4,0678	0,3390	2,9500
10	40,1-45	12	47	0,0500	0,1958	0,8042	5,1064	0,4255	2,3500
11	45,1-50	8	39	0,0333	0,1625	0,8375	6,1538	0,5128	1,9500
12	50,1-55	9	30	0,0375	0,1250	0,8750	8,0000	0,6667	1,5000
13	55,1-60	5	25	0,0208	0,1042	0,8958	9,6000	0,8000	1,2500
14	60,1-65	4	21	0,0167	0,0875	0,9125	11,4286	0,9524	1,0500
15	65,1-70	2	19	0,0083	0,0792	0,9208	12,6316	1,0526	0,9500
16	70,1-75	2	17	0,0083	0,0708	0,9292	14,1176	1,1765	0,8500
17	75,1-80	3	14	0,0125	0,0583	0,9417	17,1429	1,4286	0,7000
18	80,1-85	0	14	0,0000	0,0583	0,9417	17,1429	1,4286	0,7000
19	85,1-90	2	12	0,0083	0,0500	0,9500	20,0000	1,6667	0,6000
20	90,1-95	0	12	0,0000	0,0500	0,9500	20,0000	1,6667	0,6000
21	95,1-100	2	10	0,0083	0,0417	0,9583	24,0000	2,0000	0,5000
22	100,1-105	0	10	0,0000	0,0417	0,9583	24,0000	2,0000	0,5000
23	105,1-110	0	10	0,0000	0,0417	0,9583	24,0000	2,0000	0,5000
24	110,1-115	0	10	0,0000	0,0417	0,9583	24,0000	2,0000	0,5000
25	115,1-120	0	10	0,0000	0,0417	0,9583	24,0000	2,0000	0,5000
26	120,1-125	0	10	0,0000	0,0417	0,9583	24,0000	2,0000	0,5000
27	125,1-130	0	10	0,0000	0,0417	0,9583	24,0000	2,0000	0,5000
28	130,1-135	1	9	0,0042	0,0375	0,9625	26,6667	2,2222	0,4500
TOTAL		240							

Anexo H. Tiempo (hr.) para que el suelo recupere con 8, 10 y 15% de aireación después de saturado, para diferentes clases texturales.

TEXTURA	t₈	t₁₀	t₁₅
Arena	1,3	2,0	4,1
Arena fina	2,0	3,0	6,9
Franco arenoso	6,3	10,8	29,8
Franco	11,2	20,2	61,3
Franco limoso	19,3	36,7	122,2
Franco arcilloso arenoso	10,2	18,4	55,0
Franco arcilloso	9,5	16,9	49,9
Franco arcilloso limoso	18,4	34,9	115,4
Franco arenoso	4,4	7,3	19,0
Arcillo limoso	16,0	29,9	96,3
Arcilloso	31,9	63,6	230,8
Banco	9,8	17,6	52,2
Bajío	12,7	23,2	72,0

Fuente: Rojas, R. 1984

Anexo I. Coeficiente de cultivo Cc utilizado en el cálculo del tiempo total de exceso de agua tt.

CULTIVO	Cc
Alfalfa	36,25
Algodón	13,93
Trébol	54,05
Cebolla	9,80
Garbanzo	24,77
Frijoles negros	3,74
Café	13,94
Trébol ladino	38,31
Maíz	12,90
Girasol	12,26
Pasto brachiaria	125,52
Soya	33,02
Sorgo	12,51
Tabaco	5,93
Papa	10,32
Tomate	8,00
Zanahoria	11,48
Arveja	11,35

Fuente: Rojas R. 1984

Anexo J. Numero de curva (NC) para los complejos suelo-cobertura en cuencas en condición de humedad media.

Uso del suelo o Cubierta	Tratamiento o práctica	Condición hidrológica	Grupo de suelo Hidrológico			
			A	B	C	D
Barbecho	Surco recto	Mala	77	86	91	94
Cultivos en surcos	Surco recto	Mala	72	81	88	91
	Surco recto	Buena	67	78	85	89
	En contorno	Mala	70	79	84	88
	En contorno	Buena	65	75	82	86
	En contorno y terraceado	Mala	66	74	80	82
	En contorno y terraceado	Buena	62	71	78	81
Granos pequeños	Surco recto	Mala	65	76	84	88
	Surco recto	Buena	63	75	83	87
	En contorno	Mala	63	74	82	85
	En contorno	Buena	61	73	81	84
	En contorno y terraceado	Mala	61	72	79	82
	En contorno y terraceado	Buena	59	70	78	81
Leguminosas de siembra densa o praderas de rotación	Surco recto	Mala	66	77	85	89
	Surco recto	Buena	58	72	81	85
	En contorno	Mala	64	75	83	85
	En contorno	Buena	55	69	78	83
	En contorno y terraceado	Mala	63	73	80	83
	En contorno y terraceado	Buena	51	67	76	80
Praderas o pastizales		Mala	68	79	86	89
		Aceptable	49	69	79	84
		Buena	39	61	74	80
	En contorno	Mala	47	67	81	88
	En contorno	Aceptable	25	59	75	83
	En contorno	Buena	6	35	70	79
Praderas (permanente)		Buena	30	58	71	78
Bosques (en predios agrícolas)		Mala	45	66	77	83
		Aceptable	36	60	73	79
		Buena	25	55	70	77
Parques, patios			59	74	82	86
Caminos de tierra			72	82	87	89
Caminos de superficie dura			74	84	90	92

Fuente: Rojas R. 1984

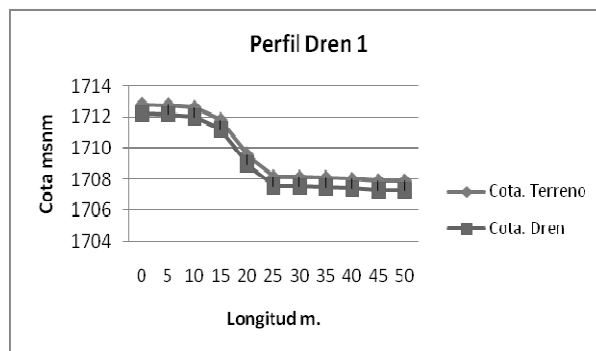
Anexo K. Grupos de suelos según su potencial de escurrimiento, para el cálculo del número de curva (CN).

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

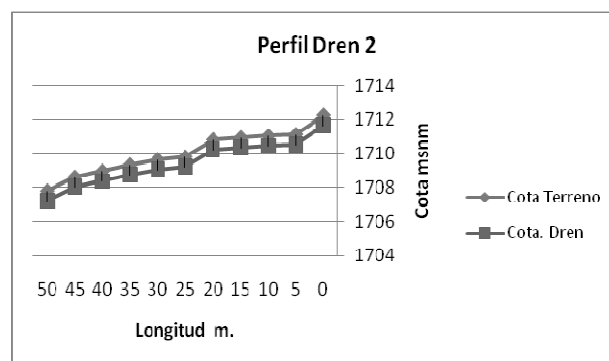
Fuente: Rojas R. 1984

Anexo L. Perfiles de los drenes laterales del sistema de drenaje

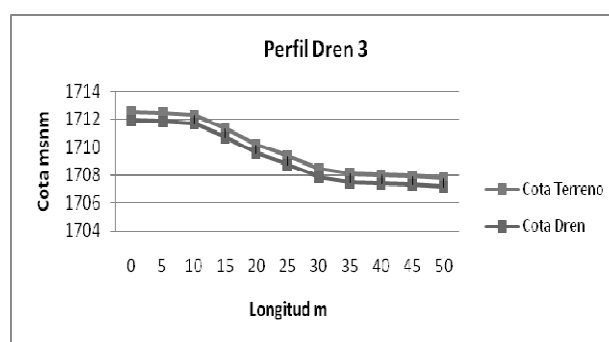
PERFIL DREN 1		
LONG (m)	COTA TERRENO (m)	COTA DREN (m)
0	1712,81	1712,21
5	1712,77	1712,17
10	1712,60	1712,00
15	1711,79	1711,19
20	1709,57	1708,97
25	1708,14	1707,54
30	1708,11	1707,51
35	1708,09	1707,49
40	1707,98	1707,38
45	1707,89	1707,29
50	1707,87	1707,27



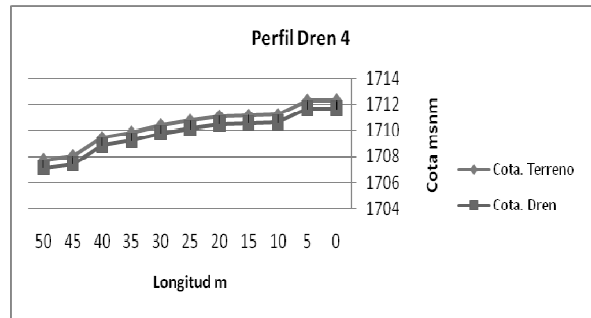
PERFIL DREN 2		
LONG (m)	COTA TERRENO (m)	COTA DREN (m)
0	1712,24	1711,64
5	1711,12	1710,52
10	1711,03	1710,43
15	1710,93	1710,33
20	1710,81	1710,21
25	1709,80	1709,20
30	1709,64	1709,04
35	1709,33	1708,73
40	1708,96	1708,36
45	1708,62	1708,02
50	1707,80	1707,20



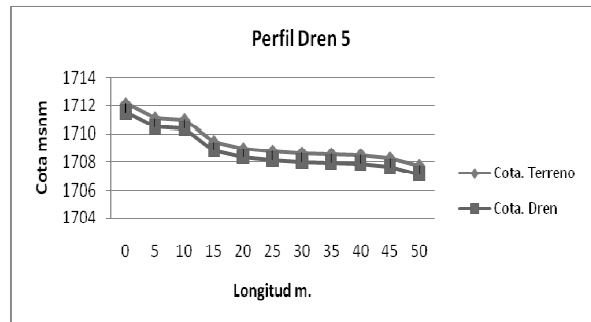
PERFIL DREN 3		
LONG (m)	COTA TERRENO (m)	COTA DREN (m)
0	1712,50	1711,90
5	1712,44	1711,84
10	1712,27	1711,67
15	1711,28	1710,68
20	1710,18	1709,58
25	1709,35	1708,75
30	1708,43	1707,83
35	1708,08	1707,48
40	1707,96	1707,36
45	1707,88	1707,28
50	1707,75	1707,15



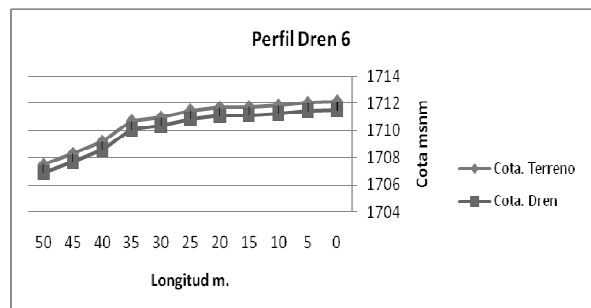
PERFIL DREN 4		
LONG (m)	COTA TERRENO (m)	COTA DREN (m)
0	1712,25	1711,65
5	1712,23	1711,63
10	1711,19	1710,59
15	1711,14	1710,54
20	1711,08	1710,48
25	1710,73	1710,13
30	1710,37	1709,77
35	1709,82	1709,22
40	1709,44	1708,84
45	1708,01	1707,41
50	1707,73	1707,13



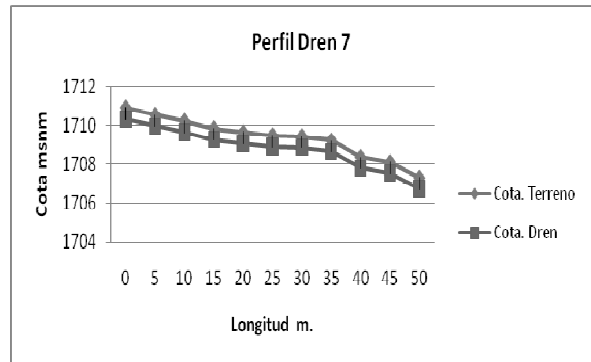
PERFIL DREN 5		
LONG (m)	COTA TERRENO (m)	COTA DREN (m)
0	1712,12	1711,52
5	1711,08	1710,48
10	1710,97	1710,37
15	1709,43	1708,83
20	1708,93	1708,33
25	1708,76	1708,16
30	1708,63	1708,03
35	1708,56	1707,96
40	1708,49	1707,89
45	1708,23	1707,63
50	1707,71	1707,11



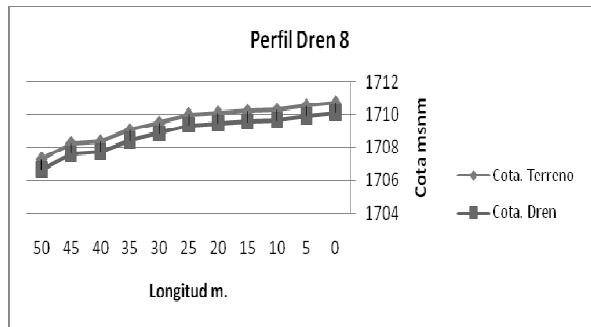
PERFIL DREN 6		
LONG (m)	COTA TERRENO (m)	COTA DREN (m)
0	1712,11	1711,51
5	1712,01	1711,41
10	1711,83	1711,23
15	1711,72	1711,12
20	1711,67	1711,07
25	1711,45	1710,85
30	1710,95	1710,35
35	1710,68	1710,08
40	1709,19	1708,59
45	1708,29	1707,69
50	1707,50	1706,90



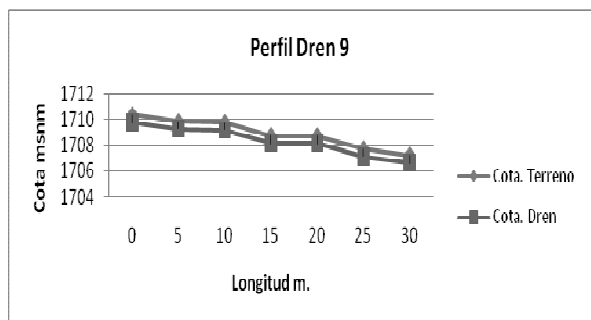
PERFIL DREN 7		
LONG (m)	COTA TERRENO (m)	COTA DREN (m)
0	1710,91	1710,31
5	1710,54	1709,94
10	1710,23	1709,63
15	1709,85	1709,25
20	1709,64	1709,04
25	1709,49	1708,89
30	1709,44	1708,84
35	1709,23	1708,63
40	1708,38	1707,78
45	1708,12	1707,52
50	1707,31	1706,71



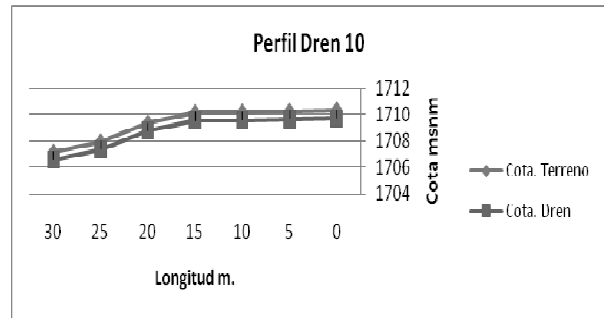
PERFIL DREN 8		
LONG (m)	COTA TERRENO (m)	COTA DREN (m)
0	1710,72	1710,12
5	1710,54	1709,94
10	1710,25	1709,65
15	1710,18	1709,58
20	1710,09	1709,49
25	1709,98	1709,38
30	1709,48	1708,88
35	1709,04	1708,44
40	1708,34	1707,74
45	1708,24	1707,64
50	1707,27	1706,67



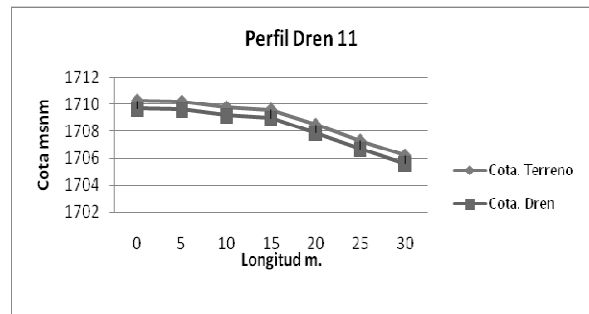
PERFIL DREN 9		
LONG (m)	COTA TERRENO (m)	COTA DREN (m)
0	1710,38	1709,78
5	1709,87	1709,27
10	1709,79	1709,19
15	1708,75	1708,15
20	1708,74	1708,14
25	1707,71	1707,11
30	1707,22	1706,62



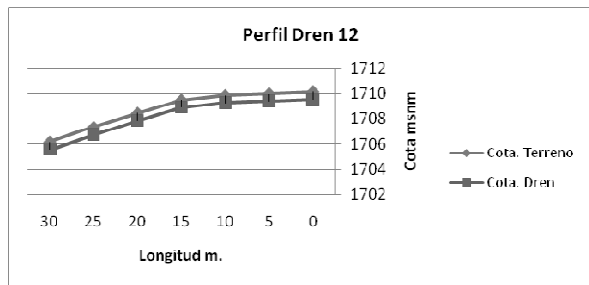
PERFIL DREN 10		
LONG (m)	COTA TERRENO (m)	COTA DREN (m)
0	1710,35	1709,75
5	1710,26	1709,66
10	1710,21	1709,61
15	1710,16	1709,56
20	1709,38	1708,78
25	1707,97	1707,37
30	1707,19	1706,59



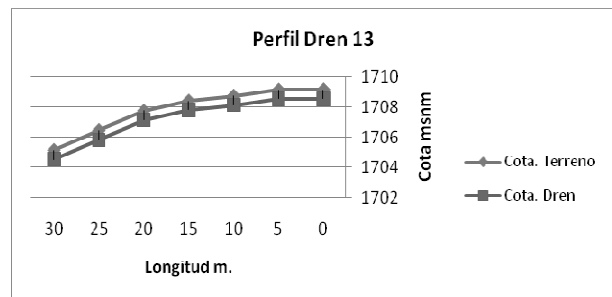
PERFIL DREN 11		
LONG (m)	COTA TERRENO (m)	COTA DREN (m)
0	1710,25	1709,65
5	1710,16	1709,56
10	1709,74	1709,14
15	1709,57	1708,97
20	1708,45	1707,85
25	1707,27	1706,67
30	1706,18	1705,58



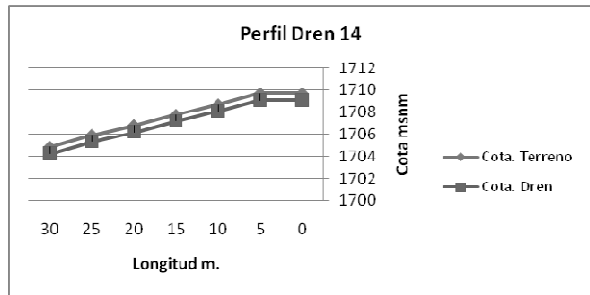
PERFIL DREN 12		
LONG (m)	COTA TERRENO (m)	COTA DREN (m)
0	1710,12	1709,52
5	1709,97	1709,37
10	1709,83	1709,23
15	1709,47	1708,87
20	1708,41	1707,81
25	1707,32	1706,72
30	1706,13	1705,53



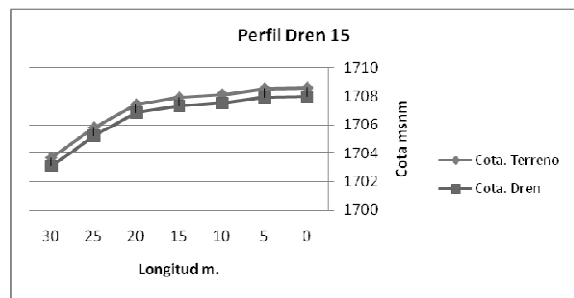
PERFIL DREN 13		
LONG (m)	COTA TERRENO (m)	COTA DREN (m)
0	1709,15	1708,55
5	1709,13	1708,53
10	1708,73	1708,13
15	1708,40	1707,80
20	1707,72	1707,12
25	1706,43	1705,83
30	1705,13	1704,53



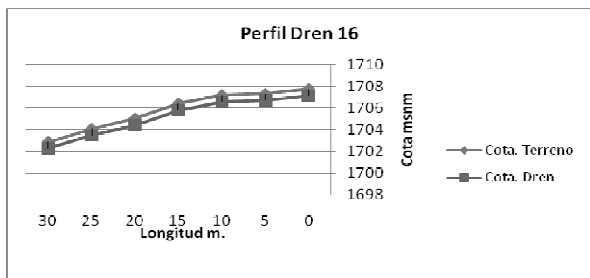
PERFIL DREN 14		
LONG (m)	COTA TERRENO (m)	COTA DREN (m)
0	1709,67	1709,07
5	1709,66	1709,06
10	1708,67	1708,07
15	1707,75	1707,15
20	1706,78	1706,18
25	1705,93	1705,33
30	1704,84	1704,24



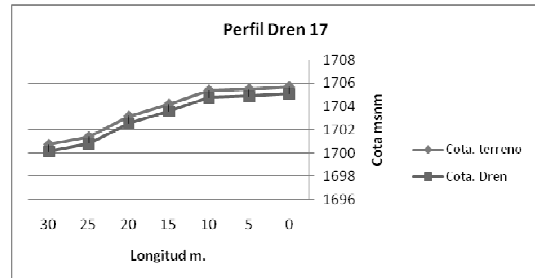
PERFIL DREN 15		
LONG (m)	COTA TERRENO (m)	COTA DREN (m)
0	1708,56	1707,96
5	1708,51	1707,91
10	1708,12	1707,52
15	1707,91	1707,31
20	1707,42	1706,82
25	1705,80	1705,20
30	1703,68	1703,08



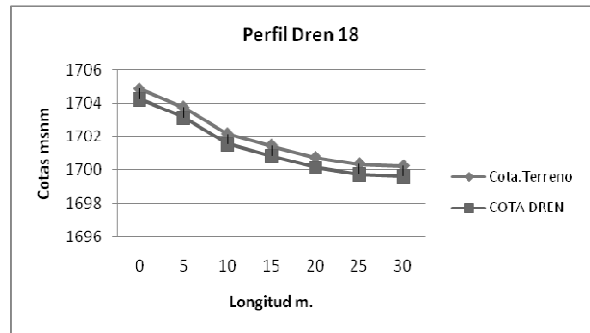
PERFIL DREN 16		
LONG (m)	COTA TERRENO (m)	COTA DREN (m)
0	1707,75	1707,15
5	1707,30	1706,70
10	1707,18	1706,58
15	1706,41	1705,81
20	1705,04	1704,44
25	1704,08	1703,48
30	1702,88	1702,28



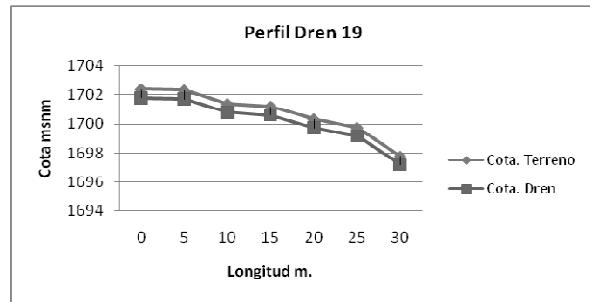
PERFIL DREN 17		
LONG (m)	COTA TERRENO (m)	COTA DREN (m)
0	1705,67	1705,07
5	1705,47	1704,87
10	1705,36	1704,76
15	1704,18	1703,58
20	1703,15	1702,55
25	1701,41	1700,81
30	1700,73	1700,13



PERFIL DREN 18		
LONG (m) (m)	COTA TERRENO (m)	COTA DREN (m)
0	1704,86	1704,26
5	1703,75	1703,15
10	1702,16	1701,56
15	1701,46	1700,86
20	1700,74	1700,14
25	1700,36	1699,76
30	1700,23	1699,63



PERFIL DREN 19		
LONG (m)	COTA TERRENO (m)	COTA DREN (m)
0	1702,36	1701,76
5	1702,28	1701,68
10	1701,37	1700,77
15	1701,19	1700,59
20	1700,31	1699,71
25	1699,74	1699,14
30	1697,75	1697,15

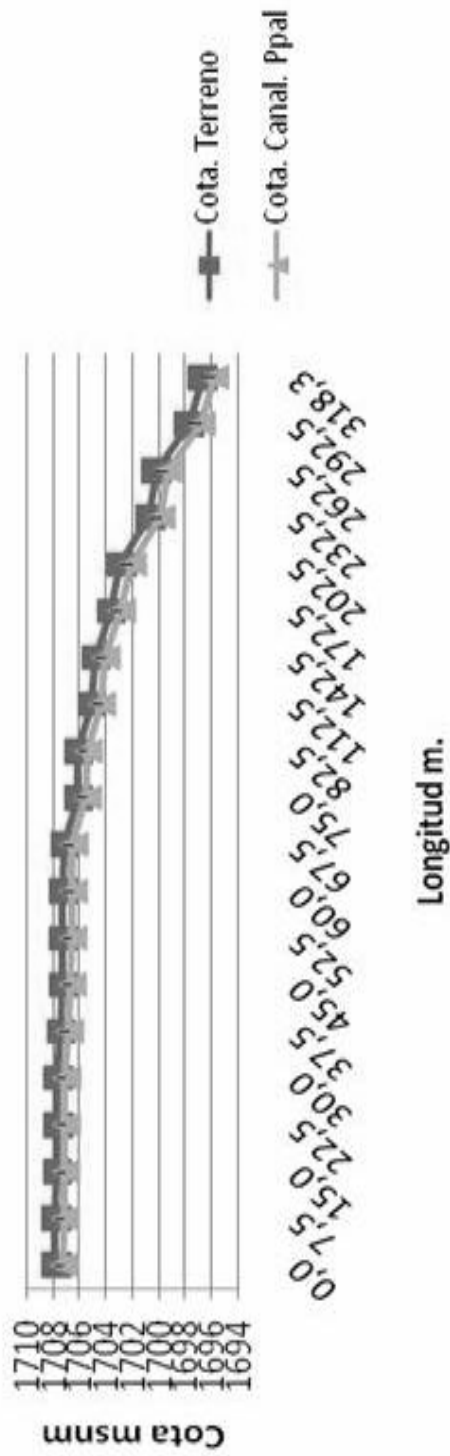


Anexo M. Perfil de trazado del canal colector.

PERFIL DREN CANAL PRINCIPAL		
LONG (m)	COTA TERRENO (m)	COTA DREN (m)
0	1707,87	1707,27
7,5	1707,8	1707,19
15	1707,75	1707,14
22,5	1707,73	1707,11
30	1707,71	1707,08
37,5	1707,5	1706,86
45	1707,31	1706,67
52,5	1707,27	1706,62
60	1707,22	1706,56
67,5	1707,19	1706,52

PERFIL DREN CANAL PRINCIPAL		
LONG (m)	COTA TERRENO (m)	COTA DREN (m)
75	1706,18	1705,5
82,5	1706,13	1705,45
112,5	1705,13	1704,42
142,5	1704,84	1704,1
172,5	1703,68	1702,91
202,5	1702,88	1702,08
232,5	1700,73	1699,9
262,5	1700,23	1699,37
292,5	1697,75	1696,86
318,26	1696,72	1695,83

Perfil Canal Principal



Anexo N. Formato de encuesta para la identificación de impactos ambientales

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA - PROGRAMA DE INGENIERIA AGRÍCOLA
FORMATO DE ENCUESTA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES EN EL PROYECTO “DISEÑO Y EVALUACION AMBIENTAL DE UN SISTEMA DE DRENAJE PARA UN AREA CON CULTIVO DE CAFÉ EN EL MUNICIPIO DE SALADOBLANCO”

NOMBRE _____ CARGO _____
 ENTIDAD _____ LUGAR _____

1. ¿Cuales son los principales beneficios o impactos positivos, económicos, sociales o ecológicos que podrían producirse con la ejecución del proyecto?		2. ¿Cuales proyectos, actividades o medidas recomienda para mantener o mejorar cada uno de los anteriores beneficios?	
a		a	
b		b	
c		c	
d		d	
3. ¿Cuales son los principales impactos negativos o consecuencias desfavorables, económicos sociales o ecológicos que podrían producirse en la ejecución del proyecto?		4. ¿Cuales proyectos, actividades o medidas recomienda para prevenir, corregir, compensar o mitigar cada uno de los anteriores impactos Negativos?	
a		a	
b		b	
c		c	
d		d	

Formato de encuesta propuesta por Alfredo Olaya Amaya. Neiva: USCO, 1999

Anexo O. Listado de encuestados en la Vereda Las Brisas, Municipio Saladoblanco.

NOMBRE	OCUPACION	CEDULA
Manuel Hernández P.	Propietario	12`271.257
Burbano Silva R.	Agricultor	4`710.457
Lorenzo Rivera A.	Agricultor	4`719.126
Noé Meneses	Agricultor	4`937.521
Jesús Aníbal Muñoz	Agricultor	4`937.626
Federico Rojas R.	Agricultor	4`937.783
Eduardo Hernández V.	Agricultor	12`272.499
Jesús Alexander Luna	Agricultor	12`278.276
Wilson Riascos Erazo	Agricultor	12`278.872
Ernesto Arias Rincón	Agricultor	13`220.326
Alcides Arias López	Agricultor	17`615.476
José Rodrigo Calderón	Agricultor	18`102.880
Carlos Yesid Meneses	Agricultor	83`028.005
Carlos Julio Peña	Agricultor	83`028.456
Luís Carlos Silva	Agricultor	83`029.131

Anexo P. Registro fotográfico



Perfil Pozo 1.



Perfil Pozo 2.



Perfil Pozo 3.



Perfil Pozo 4.



Perfil Pozo 5.



Perfil Pozo 6.



Perfil Pozo 7.



Perfil Pozo 8.



Perfil Pozo 9.



Perfil Pozo 10.



Perfil Pozo 11.



Perfil Pozo 12.



Perfil Pozo 13.



Perfil Pozo 14.



Perfil Pozo 15.



Vista panorámica del área afectada en la Finca San Martín, municipio Saladoblanco



Estado del café caturra en el área afectada (agosto 25 de 2008).



Estado actual del sistema de drenaje en el predio afectado de la Finca San Martín, municipio de Salado blanco (agosto 25 de 2008).

Anexo Q. Valores de precipitación multianual (1989 – 2008)

ID E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES

SISTEMA DE INFORMACION NACIONAL AMBIENTA VALORES MAXIMOS MENSUALES DE PRECIPITACION EN 24 HORAS (mms)

FECHA DE PROCESO 02/10/2008 ESTACION: 2101006 MEDIANIA
 LATITUD 0202 N DEPTO. HUILA FECHA-INSTALACION 1963-AGO
 LONGITUD 7811 W MUNICIPIO ISNOS FECHA-SUSPENSION
 ELEVACION 1750 m.s.n.m. REGIONAL 04 HUILA-CAQUET CORRIENTE GRANATES

AÑO	EST	ENT	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	ANUAL
1989	2	1	29	61	62	24	54	54	40	80	15	28	72	11	80
1990	2	1	13	18	13	56	26	39	24	38	25	24	26	13	56
1991	2	1	8	25	55	38	21	32	53	35	51	90	52	25	90
1992	2	1	16	18	22	25	29	32	20	32	16	13	53	25	53
1993	2	1	20	25	32	33	44	24	30	19	23	19	42	29	44
1994	1	1	32	25	37	57	37	49	30	21	36	25	45	50	57
1995	2	1	21	28	22	25	30	50	40	37	23	46	30	35	50
1996	1	1	20	70	16	22	30	38	25	20	27	31	30	33	70
1997	2	1	49	28	27	35	35	37	25	16	15	29	37	20	49
1998	2	1	17	62	59	40	18	31	32	17	15	42	37	20	62
1999	2	1	64	32	25	45	50	36	19	36	51	42	40	45	64
2000	2	1	24	25	51	25	80	38	31	18	19	20	45	48	80
2001	2	1	18	28	0	0	58	28	22	25	35	20	31	40	58
2002	2	1	4	30	18	100	27	27	23	20	38	46	21	30	100
2003	1	1	19	27	20	28	32	10	30	20	18	33	28	18	33
2004	1	1	36	21	27	42	30	18	23	20	90	13	30	20	90
2005	1	1	45	37	96	35	58	28	12	41	20	73	38	28	96
2006	1	1	20	134	67	40	15	18	18	15	38	40	30	30	134
2007	1	1	10	22	28	38	40	90	37	8	15	40	47	16	90
2008	1	1	7	18	20	23	22	0	0	0	0	0	0	0	23
MEDIOS			23,6	36,7	34,9	36,6	36,8	34,0	26,5	25,9	28,0	33,7	36,7	26,8	68,5
MAXIMO			64,0	134,0	96,0	100,0	80,0	90,0	53,0	80,0	80,0	90,0	73,0	50,0	134,0
MINIMO			4,0	18,0	0,0	0,0	15,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	23,0

Anexo R. Valores de precipitación diaria en el año crítico (1989)

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES												
SISTEMA DE INFORMACION NACIONAL AMBIENTAL												
VALORES MAXIMOS DIARIOS DE PRECIPITACION EN 24 HORAS (mm/s)												
ESTACION: 2101006 MEDIANA												
DEPTO: HUILA												
MUNICIPIO: ISNOS												
CORRIENTE: GRANATES												
FECHA-INSTALACION 1963-AGO												
FECHA-SUSPENSION												
DIA	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTI	OCTUB	NOVME	DICIE
TIPO EST ENTIDAD REGIONAL	04	04	04	04	04	04	04	04	04	04	04	04
IDEAM	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01
HUILA-CAQUET	HUILA-CAQUET	HUILA-CAQUET	HUILA-CAQUET	HUILA-CAQUET	HUILA-CAQUET	HUILA-CAQUET	HUILA-CAQUET	HUILA-CAQUET	HUILA-CAQUET	HUILA-CAQUET	HUILA-CAQUET	HUILA-CAQUET
1	0,00	2,00	0,00	4,20	0,00	0,00	0,90	8,70	0,00	0,00	7,80	0,80
2	0,70	4,70	6,20	0,00	9,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	0,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	1,80	0,50	0,90
4	0,00	8,00	0,00	3,00	2,10	4,70	5,30	0,00	1,80	0,00	0,00	0,00
5	3,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,90	0,00	0,00	11,40	0,00
6	0,00	0,00	2,80	0,00	5,70	0,00	3,10	0,00	0,00	2,20	0,00	2,40
7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,00	0,00
8	1,70	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,80	0,00	1,30	0,00	5,50	0,00
9	0,00	5,70	4,20	2,80	9,30	8,80	0,00	8,90	0,00	0,00	0,00	0,00
10	0,00	0,00	4,80	0,00	0,00	0,00	0,00	9,50	0,00	2,70	0,00	0,50
11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,70
12	2,40	0,00	0,00	0,00	1,80	0,00	0,00	0,60	2,80	0,00	8,90	0,00
13	0,00	3,70	0,00	3,50	0,00	6,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,80	0,00
14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,40	0,00	1,40
15	0,00	6,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,70	7,80	0,00	0,00	6,90	0,00
16	3,70	2,80	0,00	5,00	2,20	6,40	0,00	9,40	0,00	0,00	0,00	0,00
17	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00	3,50	0,70	7,10	0,00	2,50	0,00	0,00
18	0,00	4,00	9,00	0,00	12,50	0,00	0,00	0,00	2,80	0,00	0,00	0,00
19	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,90	0,00	0,60	9,00	2,40
20	0,00	5,50	0,00	0,00	0,70	5,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,70	0,00
21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,40	0,00	0,90	0,00	5,10	0,00
22	1,40	3,00	4,20	1,80	0,00	0,00	3,50	0,00	0,00	1,90	3,50	0,00
23	5,30	4,30	0,00	0,00	1,90	0,00	0,00	0,60	0,00	0,00	0,00	0,00
24	2,60	0,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,70	13,80	0,00	0,00	0,00	0,80
25	0,00	0,00	9,00	1,90	4,70	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,30	0,00
26	0,00	6,40	0,00	0,00	0,00	7,30	0,00	0,50	1,60	5,10	0,00	0,00
27	0,00	0,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00	0,00	0,80	0,00	3,40	1,10
28	4,60	1,90	7,20	0,00	0,50	0,00	3,50	2,50	0,00	0,80	0,00	0,00
29	0,00	0,00	0,00	1,80	0,00	8,00	1,20	0,00	3,10	5,00	0,00	0,00
30	0,00	8,60	0,00	0,00	0,00	0,90	0,00	0,00	0,00	0,00	3,20	0,00
31	0,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL	29,00	61,00	62,00	24,00	54,00	54,00	40,00	80,00	15,00	28,00	72,00	11,00
No DE DIAS LLUVIA	12,00	14,00	11,00	8,00	12,00	10,00	13,00	14,00	8,00	10,00	14,00	9,00
MAX EN 24 Hs	5,30	8,00	9,00	5,00	12,50	8,60	6,70	13,80	3,10	5,40	11,40	2,40