

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMIA

ESTUDIO Y DISEÑO DE ESTRUCTURAS HIDRAULICAS  
PARA EL MEJORAMIENTO DE LA UNIDAD DE  
RIEGO EL RANCHO - JICARÓ



GUATEMALA, AGOSTO DE 1982.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central  
Sección de Tesis

DL  
01  
T(699)

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

**RECTOR**

**DR. EDUARDO MEYER MALDONADO**

**JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA**

<b>DECANO:</b>	<b>Dr. Antonio Sandoval Sagastume</b>
<b>VOCAL PRIMERO:</b>	<b>Ing. Oscar René Leiva Ruano</b>
<b>VOCAL SEGUNDO:</b>	<b>Ing. Gustavo Méndez Gómez</b>
<b>VOCAL TERCERO:</b>	<b>Ing. Fernando Vargas N.</b>
<b>VOCAL CUARTO:</b>	<b>Prof. Leonel Enriquez Durán</b>
<b>VOCAL QUINTO:</b>	<b>P.A. Roberto Morales Morales</b>
<b>SECRETARIO:</b>	<b>Ing. Carlos R. Fernández P.</b>

**TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN**

**GENERAL PRIVADO**

<b>DECANO:</b>	<b>Dr. Antonio Sandoval Sagastume</b>
<b>EXAMINADOR:</b>	<b>Ing. Fredy Hernández Ola</b>
<b>EXAMINADOR:</b>	<b>Ing. Gustavo Méndez</b>
<b>EXAMINADOR:</b>	<b>Ing. Carlos Echeverría</b>
<b>SECRETARIO:</b>	<b>Ing. Carlos Salcedo</b>



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1945

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia .....
Asunto .....
.....

17 de agosto de 1982.

Doctor  
Antonio A. Sandoval  
Decano  
Facultad de Agronomía  
Presente.

Señor Decano:

Atentamente comunico a usted que cumpliendo la designación que me hiciera la Decanatura, he procedido a asesorar el trabajo de Tesis del estudiante LUCIO ANTONIO TOBAR ROMERO Titulado:

"ESTUDIO Y DISEÑO DE ESTRUCTURAS HIDRAULICAS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA UNIDAD DE RIEGO EL RANCHO-JICARO"

Considerando que el presente trabajo es satisfactorio en su contenido técnico-científico y además una contribución para el desarrollo de las estructuras hidráulicas utilizadas en riego, me permito recomendarlo para su aprobación.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. Msc.  Víctor Cabrera

VC/amdef.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia .....
Asunto .....
.....

Guatemala, 17 de agosto de 1982.

Doctor  
Antonio A. Sandoval S.  
Decano, Facultad de Agronomía  
Presente

Señor Decano:

En atención al nombramiento recibido de esa Decanatura me permito informar a usted que he asesorado el trabajo de tesis del estudiante Lucio Tobar, titulado: "ESTUDIO Y DISEÑO DE ESTRUCTURAS HIDRAULICAS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA UNIDAD DE RIEGO EL RANCHO-JICARO".

Considero que dicho trabajo cumple con los requisitos para ser presentado como tesis para optar al título de Ingeniero Agrónomo y constituye además un aporte para el desarrollo de la agricultura en Guatemala.

Atentamente,



Ing. Agr. MSc. César Cisneros

Guatemala, agosto de 1982

HONORABLE JUNTA DIRECTIVA  
HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

De conformidad a lo que establece la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de tesis titulado:

“ESTUDIO Y DISEÑO DE ESTRUCTURAS HIDRAULICAS PARA  
EL MEJORAMIENTO DE LA UNIDAD DE RIEGO EL RANCHO-JICARO”

Presentándolo como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en el grado Académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas.

Respetuosamente,

Lucio Antonio Tobar Romero

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Lucio Antonio Tobar Romero', is written over the typed name. The signature is stylized and somewhat cursive.

## ACTO QUE DEDICO

A: DIOS

A: mis Padres

Lucio Tobar Mejia  
Evangelina Romero de Tobar

A: mi Esposa

Lilibeth Valentin de Tobar

## TESIS QUE DEDICO

A mis compañeros y Amigos,

en especial a:

Ana María Diéguez de Fouillet

Eugenia Gramajo

Armando Gálvez C.

Mario E. Portillo A.

Oscar L. Quiñónez

Edwin Sanabria V.

Jorge Sánchez G.

## RECONOCIMIENTO

Agradezco al Ing. Agr. MSc. Víctor Cabrera y al Ing. Agr. MSc. César A. Cisneros, ...  
por la asesoría y revisión del presente trabajo de tesis.



## CONTENIDO

	Página
Indice de Cuadros y Figuras	
Indice de Apéndice	
Resumen	
I.        Introducción	1
II.       Planteamiento del problema	2
III.      Objetivos	3
3.1   Generales	3
3.2   Específicos	3
IV.      Revisión Bibliográfica	4
V.       Generalidades del Area de Estudio	7
5.1   Localización	7
5.2   Clima	7
5.3   Suelos	7
5.4   Topografía	9
5.5   Vegetación	9
5.6   Vialidad	9
5.7   Aspectos Socioeconómicos	9
5.8   Disponibilidad y Calidad de Agua	10
5.9   Demanda de Riego	11
5.10  Inventario General de la Unidad de Riego	13
VI.      Metodología	14
6.1   Estudios Hidrológicos	14
6.1.1  Azolvamientos	16
a.  Azolvamiento del Río Motagua	16
b.  Azolvamiento de Canales	16
b.1  Tamaño de las Partículas	20
b.2  Peso Específico de las Partículas	21
b.3  Concentración de Partículas en Suspensión	22
b.4  Configuraciones del Fondo	23
6.1.2  Aforos	25
a.  Aforo en Compuerta de Caja Exagonal	25
b.  Aforo en Tubería de Descarga	25
c.  Aforo a Principio de Canal Primario	25
d.  Aforo de Canal Primario	25
e.  Aforo de Canales Secundarios	25
f.  Aforo en Aplicaciones Parcelarias	26

## CONTENIDO

Página

6.2	Análisis del Funcionamiento de las Principales Obras Físicas Existentes	26
6.2.1	Captación	26
6.2.2	Caja Exagonal	28
6.2.3	Tubería de Salida	28
6.2.4	Conducción	28
6.3	Propuesta de Estructuras Necesarias	30
6.3.1	Captación	30
6.3.2	Caja de Sedimentación	35
6.3.3	Tubería de Salida	35
6.3.4	Conducción	38
6.4	Análisis Económico	40
6.4.1	Costo de Estructuras Necesarias	40
6.4.2	Costo Anual de Mantenimiento Actual	42
6.4.3	Comparación entre el Costo del Mejoramiento y el Costo del Mantenimiento Actual	43
VII.	Conclusiones y Recomendaciones	45
7.1	Conclusiones	45
7.2	Recomendaciones	46
VIII.	Apéndice	47
IX.	Bibliografía	65

## INDICE DE CUADROS Y FIGURAS

	Página
<b>Cuadros</b>	
1. Características químicas del agua	11
2. Demandas mensuales de agua, año 1981	12
3. Resumen de caudales extremos y caudal promedio 1979-80	15
4. Resumen de caudales, volumen en escorrentia 1979-80	16
5. Sección de azolvamiento de canal primario	17
6. Sección de azolvamiento de canal secundario No. 1	18
7. Peso específico de las partículas del azolve	22
8. Concentración de sedimentos en suspensión	22
9. Concentración de sedimentos expresados en PPM	23
10. Costos de inversión de la captación	40
11. Costos de inversión de la caja de sedimentación	41
12. Costos de inversión de las cajas de registro	41
13. Costos de inversión de protección de canal de conducción	42
14. Costo anual de mantenimiento	43
 <b>Figuras</b>	
1. Localización de la unidad de riego El Rancho-Jícaro	8
2. Volumen de azolve de canal primario	19
3. Volumen de azolve de canal secundario No. 1	19
4. Configuración de fondo de canal, estación 0+000 a 0+800	24
5. Configuración de fondo de canal, estación 1+500 a 2+000	24
6. Configuración de fondo de canal, estación 2+000 a 6+000	24
7. Configuración de fondo de canal, estación 0+800 a 1+500	24
8. Esquema de la captación actual	27
9. Esquema de toberas de captación actual	29
10. Esquema de caja exagonal	29
11. Diseño de la captación	31
12. Planta de la captación	33
13. Perfil de la captación	34
14. Diseño de caja de sedimentación	36
15. Corte A-A, B-B y C-C de la caja de sedimentación	37
16. Diseño de caja de registro	39
17. Protección de canal de conducción primario	39

## INDICE DE APENDICE

Página

### FIGURAS

1.	Diagrama de clasificación de aguas de riego	48
2.	Red de riego	49
3.	Areas de riego	50

### CUADROS

1.	Características químicas del agua muestrada	51
2.	Demandas mensuales de agua, mes de enero, 1981	52
3.	Demandas mensuales de agua, mes de febrero, 1981	52
4.	Demandas mensuales de agua, mes de marzo, 1981	53
5.	Demandas mensuales de agua, mes de abril, 1981	53
6.	Demandas mensuales de agua, mes de mayo,	54
7.	Demandas mensuales de agua, mes de junio, 1981	54
8.	Demandas mensuales de agua, mes de julio, 1981	55
9.	Demandas mensuales de agua, mes de agosto, 1981	55
10.	Demandas mensuales de agua, mes de septiembre, 1981	56
11.	Demandas mensuales de agua, mes de octubre, 1981	56
12.	Demandas mensuales de agua, mes de noviembre 1981	57
13.	Demandas mensuales de agua, mes de diciembre, 1981	57
14.	Tamaño de las partículas, canal primario, estación 0+000	58
15.	Tamaño de las partículas, canal primario, estación 1+000	58
16.	Tamaño de las partículas, canal primario, estación 2+000	59
17.	Tamaño de las partículas, canal primario, estación 3+000	59
18.	Tamaño de las partículas, canal primario, estación 4+000	60
19.	Tamaño de las partículas, canal secundario No. 1	60

### ANEXOS

Descripción de canales secundarios No. 1, 2, 3, 4, 5 y 6	61-63
Simbología	64

## R E S U M E N

Con el objeto de mejorar el funcionamiento de la Unidad de riego El Rancho-Jícaro, Departamento de El Progreso, se hizo un estudio para encontrar la solución a los principales problemas que afectan la operación del proyecto.

Se encontró que el principal problema lo constituyen los grandes volúmenes de azolve ( $2790.53 \text{ m}^3$ ) que anualmente se introducen en la conducción, limitándose así la sección del canal de riego. Esta situación se debe al mal diseño de algunas estructuras hidráulicas existentes, tales como la captación y la caja de sedimentación, y a la carencia de cajas de registro en la tubería de descarga y falta de protección contra la erosión de los taludes de los canales. Además la actual obra de captación no deriva el caudal de  $1.5 \text{ m}^3/\text{seg.}$  que es el caudal para el cual fue diseñado el sistema. En consecuencia, los volúmenes de agua aportados por el actual sistema no alcanzan para cubrir el área total de riego que es de 1100has.

En el presente estudio se proponen, para la solución de los problemas mencionados, la construcción de estructuras necesarias para eliminar la gran cantidad de azolve que se introduce a los canales y aumentar el caudal necesario para la cobertura de las 1100has. que comprenden el área de riego.

El costo de inversión de las nuevas estructuras propuestas asciende a Q93,013.64, comprendiendo estas una obra de captación, una caja de sedimentación, cajas de registro en la tubería de descarga y gaviones de malla para protección de la conducción.

Según el análisis económico efectuado, se determinó que a pesar de que el costo de la inversión es elevado, esta se recuperará en el plazo de 2 años y 7 meses, tomando en cuenta que el costo anual del mantenimiento de las obras actuales es de Q56,958.44.

Se recomienda que la construcción de las nuevas obras se realice lo antes posible para proporcionar los volúmenes de agua necesarios y minimizar los costos del mantenimiento actual.

## I. INTRODUCCION

El incremento sustancial de la productividad agrícola que requiere el país, exige un mejoramiento proporcional de la relación entre los cultivos y el factor agua por medio del riego. Se infiere que para el futuro cobrará cada vez mayor significado el recurso hidráulico para la agricultura y por ende es necesaria su planificación para su mejor aprovechamiento.

La construcción de obras de riego a través de las dependencias del estado se iniciaron en el año de 1960, con el propósito de resolver aquellos problemas agrícolas que, con carácter urgente, necesitaban de la atención estatal, especialmente en aquellas zonas donde el agua es escasa y el desarrollo agrícola era posible únicamente con la introducción de riego.

El sistema de riego Rancho-Jícaro fué puesto en operación en enero de 1971 a un costo total de obra de Q,674,000.00, poniendo bajo riego una superficie de 895 hectáreas de tierra, no cubriendo las 1100 hectáreas para las cuales fué diseñado. Después de 10 años de operación del sistema, puede decirse que los resultados esperados se han cumplido en forma parcial en cuanto al área a beneficiarse que en la actualidad es de 650 has. físicas.

En el presente estudio se plantean soluciones a efecto de mejorar esta unidad de riego a través de la complementación de la infraestructura existente, con lo cual se proporcionarán los volúmenes de agua necesarios para satisfacer la demanda de riego.

## II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En forma general puede decirse que los sistemas de riego estatales se encuentran parcialmente utilizados en la actualidad, por lo que es del mayor interés nacional lograr lo antes posible su pleno aprovechamiento.

En el caso del sistema de riego El Rancho-Jícara, al igual que la mayoría de los sistemas similares de riego en el país, se puede concluir al momento que se está trabajando con una eficiencia muy baja en relación a la potencialidad que sustenta, situación que puede atribuirse a problemas de diseño y a las dificultades en la operación y conservación del mismo. El mal diseño actualmente afecta la cantidad de agua necesaria para la cobertura de riego, pues no se riega ni el 60o/o de la superficie calculada. El caudal medio actual es de  $0.662 \text{ m}^3/\text{seg.}$  y el canal está diseñado para llevar un caudal de  $1.5 \text{ m}^3/\text{seg.}$ , o sea que se deja de transportar  $0.838 \text{ m}^3/\text{seg.}$  que representa el 56o/o del caudal de diseño. Esto se debe a la gran cantidad de sedimentos que se depositan en el canal reduciendo su capacidad.

La derivación está formada por un sistema de toberas recolectoras ubicadas en el lecho del río. La poca profundidad del río, comparada con la profundidad de la boca de las toberas, causa problemas de azolves en la entrada, reduciendo la capacidad de captación y favoreciendo el arrastre de azolves al sistema de conducción.

Es necesario solventar los problemas mencionados para mejorar la eficiencia desde el punto de captación hasta la red de riego, para lograr un caudal disponible de  $1.5 \text{ m}^3/\text{seg.}$

### **III. OBJETIVOS**

#### **3.1 GENERALES**

- a. Contribuir al mejoramiento de la operación de la unidad de riego El Rancho-Jícaro.

#### **3.2 ESPECIFICOS**

- a. Diseñar estructuras necesarias para disminuir en gran medida los volúmenes de sedimentos que se dan en la actualidad, determinando el costo de las mismas.
- b. Entregar los volúmenes de agua requeridos por los usuarios, satisfaciendo así la demanda de los cultivos.



#### IV. REVISION BIBLIOGRAFICA

Alfaro (1975) dice que la división de Recursos Hidráulicos ha llevado a cabo la investigación de proyectos en forma desarrollada, sin la colaboración y consulta de otras instituciones afines, resultando unidades de riego que tienen que ser operadas con muchos problemas, heredados de estudios insuficientes.

El Seminario Internacional Sobre Planificación Integrada de Proyectos de Irrigación celebrado en Berlín (1970), enfatizó que se debe tomar muy en cuenta en el desarrollo de infraestructuras de riego los objetivos que se persiguen, los problemas que se pretenden resolver, los recursos disponibles, las posibles alternativas a tomarse en cuenta para la mejor adopción.

Robles Espinoza y Espinoza De Leon (1972), toman en cuenta que las condiciones de cada país han obligado a adoptar, en cada caso diferentes políticas de planeación, tendientes a lograr el mejor aprovechamiento en nuevos proyectos de riego.

A criterio de Chup Lim (1974), se han obtenido pocos beneficios de grandes inversiones hechas en proyectos de riego, incidiendo en su mayor parte a la desintegración de actividades de ingeniería con las prácticas agrícolas.

Cleve H. Milligan (1975), considera que para una buena operación y un mantenimiento económico de un proyecto de riego, es necesario tener estructuras funcionales y bien diseñadas. Estas se diseñarán de manera que en la realidad, funcionen continuamente en la forma proyectada por el diseñador.

El Seminario Internacional Sobre el Manejo y Uso del Agua en los Distritos de Riego (1972), consideró que en áreas beneficiadas por proyectos de riego emprendidos por el estado, se llegue a una estructura adecuada mediante un diseño adaptable a las condiciones del lugar.

Wiener (1976), afirma que los resultados obtenidos con los distritos de riego establecidos en los países menos desarrollados, han sido desalentadores. En algunos casos se han tenido producciones agrícolas notables por iniciativa empresarial por agricultores, en países desarrollados. Pero la mayor parte de los proyectos diseñados en los países en vía de desarrollo para beneficiar a los pequeños agricultores, han tenido menos éxito y en muchos casos han fracasado por completo en todos los aspectos, incluyendo la construcción y calidad de las obras hidráulicas.

Takamiya (1974), al referirse a la operación de un proyecto, dice que ésta no debe conceptuarse como un manejo de agua con una técnica unilateral, sino como un conjunto de las técnicas de cultivo, y por lo tanto, se requiere una concordancia entre la infraestructura física para el mejoramiento agrícola, y conjuntamente con estas técnicas, la aplicación del manejo adecuado del agua.

Sagardoy (1972), considera que la operación y el mantenimiento durante el aprovechamiento frustra las esperanzas del agricultor antes de alcanzar un pleno desarrollo. En la mayoría de países este enfoque ha quedado obsoleto, por la conciencia que se hace en la agricultura del regadío, resolviéndose mediante la integración total de los aspectos de ingeniería con los agrícolas, sociales y económicos.

Wiener (1976), se refiere al desarrollo eficiente del riego como parte de una transforma-

ción de la sociedad rural. Dice además que la ingeniería seguirá teniendo un papel fundamental en el futuro, pero que debe considerar en la planeación los cambios sociales, económicos y culturales de sus habitantes.

Según el Proyecto Hidrometeorológico Centroamericano (1976), el transporte de sedimentos por las corrientes de agua se efectúa en forma muy diversa. La composición de los sedimentos y las condiciones de las corrientes hacen que estos puedan resbalar, rodar o saltar por el lecho del río, o que sean barridos del fondo y se mantengan en suspensión en el agua. Las diferentes formas de arrastre de sedimentos se dan por lo general simultáneamente en las corrientes naturales, por lo que no existe una clara línea de demarcación entre ellas. Sin embargo, a los efectos de su análisis, los sedimentos suelen dividirse en dos categorías: material que es transportado en suspensión por efecto de la turbulencia o sedimento suspendido, y material arrastrado por el fondo o sedimento arrastrado.

Según García Sánchez (1981), la forma de medir el tamaño de las partículas puede ser de dos maneras:

- Midiendo directamente si son cantos rodados o guijarros.
- Haciendo un análisis granulométrico en caso de que sean gravas o arenas.

Asegura también que, debido a que la forma de las partículas es variable, su tamaño dependerá de la dimensión medida o del método que se utilice para obtener la medida característica. El tamaño de las partículas recibe diferentes nombres:

NOMBRE	TAMAÑO		
Canto Rodado	4000 a	250	mm
Guijarros	250 a	64	mm
Gravas	64 a	2	mm
Arenas	2 a	0.062	mm
Limo	62 a	4	<i>mm</i>
Arcilla	4 a	0.24	<i>mm</i>

Según el Proyecto Hidrometeorológico Centroamericano (1976), los sedimentos en suspensión, mantenidos por la turbulencia de la corriente del agua, se mueven a una velocidad más o menos igual a la de la corriente, en tanto que los sedimentos arrastrados se mueven a velocidades inferiores. En los canales de riego o en ríos, los sedimentos son transportados en suspensión por el fluido, manteniéndose en suspensión debido a las fuerzas ascendentes provocadas por la turbulencia; en este caso, la turbulencia es mayor que la fuerza tendiente a asentar las partículas, o sea que en condiciones de equilibrio el flujo ascendente debe ser igual al flujo descendente del sedimentos. Como la turbulencia está en función de la velocidad del flujo, la solución normal es disminuir la velocidad, para que las partículas en suspensión descendan hacia el fondo. En las pendientes donde la velocidad es mayor, la velocidad de decantación disminuye; en este caso la sedimentación es independiente de la profundidad.

Israelsen y Hansen (1979), consideran que en los planes o proyectos de riego se ha

de tener muy en cuenta el efecto de la acumulación y arrastre de sólidos sobre la conservación de las estructuras de riego, de modo que se deben de tomar precauciones para minimizar la cantidad de sedimentos.

El Proyecto. Hidrometeorológico Centroamericano (1976), afirma que las consideraciones de diseño para la construcción de cajas de sedimentación dependen de los factores económicos, debido a que entre mayores sean las dimensiones de la caja de sedimentación, mayor será la capacidad de acumulación. Además existen una serie de criterios para el diseño de cajas de sedimentación:

- Se deben diseñar en base a la velocidad de pasada del flujo, tratando de hacer remansos de agua dentro de la caja.
- En la estructura de entrada no se recomienda el uso de caídas altas, debido a que se producen atrapamientos de aire.
- La entrada y salida del agua deben ser opuestas para que la distribución del sedimento sea uniforme en toda la caja.
- Los tanques no deben ser más profundos que lo requerido para prevenir la erosión y permitir el acceso de máquinas limpiadoras.

## V. GENERALIDADES DEL AREA DE ESTUDIO

Los datos generales del área de estudio reportados por Méndez (1979), Tobar Romero (1981), y el Segundo Programa de Riego y Drenaje (1981), se discuten a continuación:

### 5.1 LOCALIZACION

La unidad de riego El Rancho-Jícara se encuentra ubicada en los municipios de San Agustín, Acasaguastlán y El Jícara, del departamento de El Progreso. La zona de riego se extiende a 17 Kms. de largo sobre las tierras de la margen derecha del río Motagua y entre este río y el cerro conocido como "Mal País".

Está limitada al norte por el río Motagua, al sur por un área montañosa del departamento de Jalapa; al poniente por la aldea El Rancho y al oriente por la aldea Lo de China. Geográficamente corresponde aproximadamente a la intersección de las siguientes coordenadas: 14°54'55" latitud norte y 90°0'00" longitud oeste. (Ver figura No. 1).

### 5.2 CLIMA

El área de la unidad de riego se caracteriza por predominio de un clima cálido-seco. Los elementos que definen el clima local pueden resumirse en los siguientes:

- a. Altitud: Las tierras que son objeto de riego se encuentran a una altitud aproximada de 260m. sobre el nivel del mar.
- b. Lluvias: La precipitación pluvial es escasa y mal distribuida, como resultado de la influencia que ejercen las condiciones orográficas, ya que los vientos provenientes del Mar Caribe conducen las nubes a las partes montañosas donde se encuentra la precipitación. La distribución de las lluvias durante el año permite distinguir dos estaciones. El verano es cálido seco, el período de lluvias con una precipitación pluvial media de 700 milímetros anuales distribuidos en los meses de junio, julio, agosto y septiembre.
- c. Temperatura: La temperatura es bastante estable a lo largo de el año, variando entre un mínimo de 24.5°C. a un máximo de 29.7°C.; el promedio anual es de 27.0°C.
- d. Humedad Relativa: La humedad relativa promedio es de 64o/o.
- e. Vientos: Los dominantes en el área provienen del Mar Caribe y llegan a través del cañón del río Motagua a velocidades de 5m/seg.

### 5.3 SUELOS

Los suelos regionales son aluviales, depositados por el río Motagua. En general se trata de suelos de textura media, profundos de excelente drenaje, reacción moderadamente alcalina (pH de 7.5 a 7.95) y contenido de materia orgánica que varía de mediano a alto (2.28 a 4.37o/o). Tiene un horizonte "A" de textura media con capacidad de retención de humedad moderada, y un horizonte "B" de textura gruesa y baja capacidad de retención de humedad.

LOCALIZACION DE LA UNIDAD DE RIEGO  
EL RANCHO-JICARO

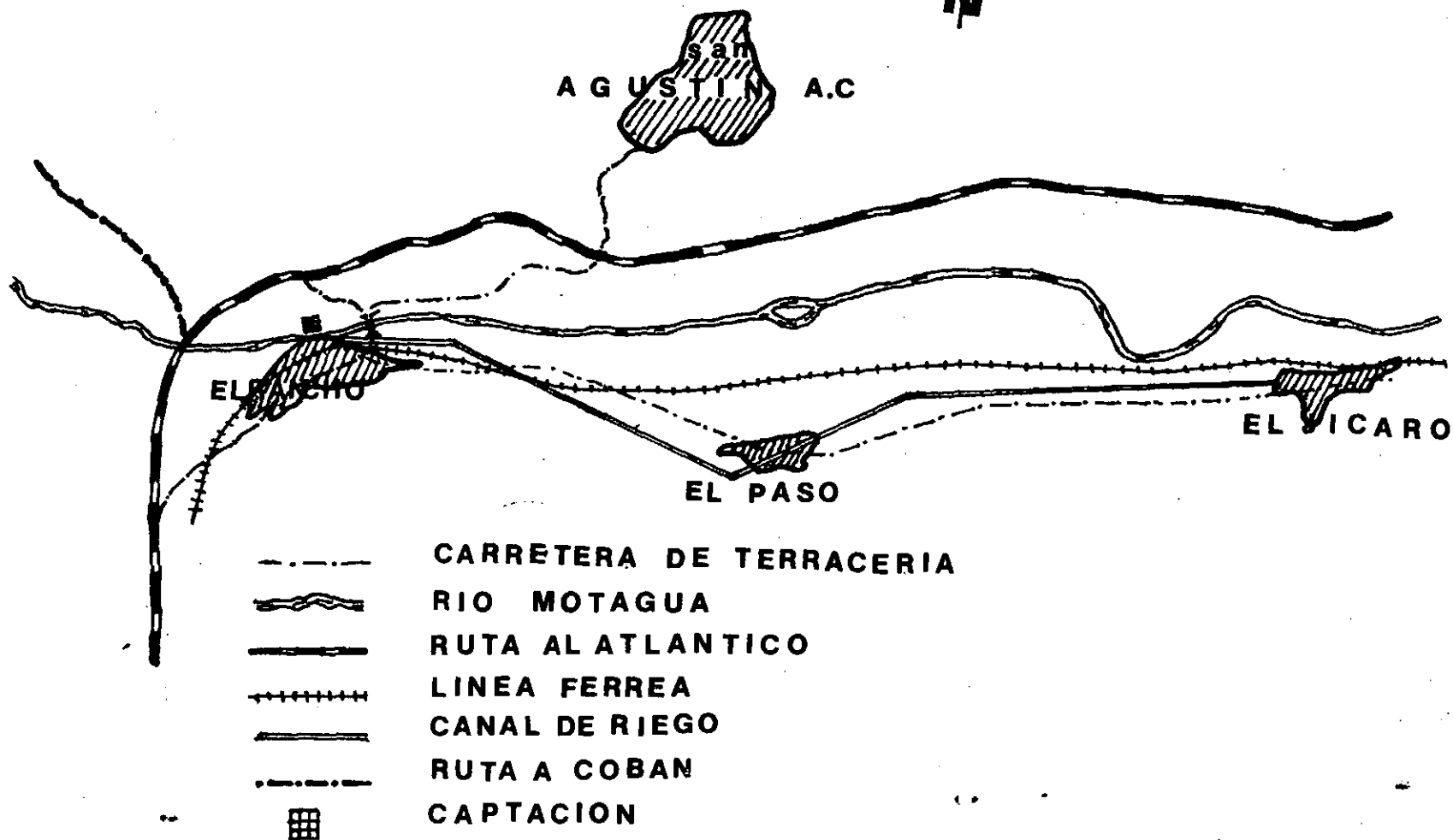


FIGURA N. 1

DIBUJO: L. TOBAR R.

En referencia a problemas de erosión y salinidad, durante los diez años de operación no se ha observado en las tierras efectos negativos, atribuibles a la erosión hídrica; tampoco se ha detectado problemas de salinidad, ya que el buen drenaje interno de los suelos y la conservación de la napa freática a niveles inferiores a los 4 m. los ha evitado.

De acuerdo al estudio efectuado por la División de Suelos, DIRENARE, del Ministerio de Agricultura, la clasificación de suelos del área de riego es la siguiente:

CLASE AGROLOGICA I:	668	Hectáreas
CLASE AGROLOGICA II:	485	Hectáreas
CLASE AGROLOGICA III:	65	Hectáreas
	<hr/>	
	1218	

#### 5.4 TOPOGRAFIA

La topografía del terreno es en general ligeramente ondulada y tiene un declive de 1-3o/o hacia el río Motagua. Se observa poca o ninguna erosión de los suelos y el riego es posible sin mayores problemas.

#### 5.5 VEGETACION

La vegetación predominante en la zona es la característica de los bosques tropicales muy secos, de acuerdo a la clasificación de Holdridge y Masson. Los relictos existentes indican que en el pasado predominaron en la región las maderas duras. Sin embargo, la explotación irracional de los bosques dió paso a una vegetación consistente en arbustos espinosos y de otros tipos resistentes a la sequía, que hoy contribuyen al panorama característico de la zona.

#### 5.6 VIALIDAD

El proyecto empieza en la aldea El Rancho, siendo accesible por la Ruta al Atlántico, a la altura del kilómetro 85 de la (C.A-9) en donde se bifurca la Ruta (C.N-49) hacia el Depto. de Alta Verapaz; además se comunica con Zacapa por carretera de terracería considerada como carretera de 3er. orden.

#### 5.7 ASPECTOS SOCIOECONOMICOS

La población asentada y/o que depende económicamente de la explotación de las fincas que conforman el área del proyecto, asciende hasta el año 1981, a un total de 691 habitantes. De la relación del total de habitantes y de la superficie del área del proyecto, resulta una densidad demográfica de 65 habitantes por kilómetro cuadrado.

La población económicamente activa del área se sitúa en 230 personas que representan el 38.9o/o del total de habitantes. La población dependiente estaría conformada por el 61.1o/o del total de

la población, sin embargo debe aclararse que hay un porcentaje de habitantes menores de 10 y mayores de 64 años, que coadyuvan en las tareas del proceso productivo en la medida de sus capacidades; de ahí que, en rigor, la población totalmente dependiente sería menor al 61.10/o del total de habitantes.

Respecto a la especial importancia que tiene la agricultura en el marco general de las actividades económicas, la explotación agrícola en el área absorbe el 87o/o de la población económicamente activa, mientras que el 13o/o restante se dedica a los servicios. Dentro de los servicios, el comercio constituye una de las actividades más relevantes, pues involucra el 3o/o de la población económicamente activa.

En el área del proyecto existen 137 fincas que comprenden una superficie total de 916.7 Has. Las 137 fincas están conformadas por 210 parcelas, lo que da un promedio de 1.5 parcelas por finca. La superficie susceptible de explotación agrícola es de 780 Has., equivalente al 85,10/o de la extensión total de las fincas, o sea que el 14.9o/o (136.7 Has) de la superficie está conformada por tierras no cultivables. De la superficie cultivable, 529.8 Has. que representan el 57.8o/o del proyecto, es cultivable mediante servicios de regadío, haciéndose la salvedad de que 104.7 Has de las mismas no son atendidas directamente por la Unidad de Riego, sino que se irrigan a través de sistemas de bombeo operados a título individual por los propios agricultores desde el canal principal.

En el área figuran únicamente dos formas de tenencia de la tierra y se refieren al régimen de propiedad privada y al de arrendamiento, observándose gran predominio del primero. Desde el punto de vista de la tenencia de la tierra, predominan las pequeñas y medianas explotaciones.

En el área del proyecto se practican bajo riego y en forma prioritaria los cultivos de tabaco y maíz, siendo de escasa relevancia el chile, tomate, melón, sandía y limón. La producción agrícola es eminentemente comercial ya que, con excepción del maíz, el cien por ciento del volumen productivo de todos los cultivos se destina a la venta. La producción de maíz es canalizada para la venta y autoconsumo.

## 5.8 DISPONIBILIDAD Y CALIDAD DE AGUA

A la altura de la derivación, el río Motagua presenta una disponibilidad de agua de  $51\text{m}^3/\text{seg}$  como promedio mensual. En la época de estiaje, de enero a abril, tiene el río un caudal promedio anual de  $7\text{m}^3/\text{seg}$ . El caudal necesario para cubrir los requerimientos del Proyecto es de  $1.5\text{m}^3/\text{seg}$ .

Del análisis de muestras de agua del río Motagua tomadas a la altura de la actual captación, se determinó la calidad del agua y sus características químicas. (Ver cuadro No. 1).

CUADRO No. 1.

CARACTERISTICAS QUIMICAS DEL AGUA MUESTRADA			
PH	7.98		
C.E. $\times 10^{-6}$ a 25°C	287.50		
Sólidos en Suspensión (ppm)	327.50		
Cationes	(meq/lts)	Aniones	(meq/lts)
Ca <sup>++</sup>	1.60	CO <sub>3</sub>	0.00
Mg <sup>++</sup>	3.80	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	4.70
Na <sup>+</sup>	0.54	Cl <sup>-</sup>	0.16
K <sup>+</sup>	0.15	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	0.37
SUMA	6.09	SUMA	5.32
o/o Sodio soluble	8.87	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> residual	0.00
RAS	0.33	Clase C <sub>2</sub> S <sub>1</sub>	

La clasificación química del agua se hizo por el método del Manual 60 del USDA (2), para establecer su calidad con fines de riego. Este método toma en cuenta la relación de absorción de sodio (RAS) y la conductividad eléctrica. Para efectuar la clasificación del agua se usó el diagrama de clasificación de aguas de riego por su conductividad eléctrica (CE) y su relación de absorción de sodio (RAS). (Ver apéndice: figura No. 1 y cuadro No. 1).

$$RAS = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{2}}} \dots\dots\dots(1)$$

RAS = 0.33

CE  $\times 10^6$  a 25° C. = 287.50 micromhos/cm

De acuerdo a su relación de absorción de sodio y a su conductividad eléctrica, el agua pertenece a la clase C<sub>2</sub> S<sub>1</sub>, siendo considerada adecuada para riego según las normas de Riverside.

5.9 DEMANDA DE RIEGO

En la unidad de riego El Rancho-Jícaro, la distribución actual del agua se lleva a cabo a través de una demanda libre.

Los gastos requeridos por mes en el año 1981 (ver cuadro No. 2) se calcularon mediante la siguiente ecuación:



$$G = \frac{Vt}{Dr \times Hr \times Ts} \dots\dots\dots (2)$$

Donde: G = gastos en m<sup>3</sup>/seg.  
 Vt = volumen total  
 Dr. = días de riego  
 Hr = Horas  
 Ts = tiempo en segundos

Las demandas totales por mes y cultivo se obtuvieron a partir de las necesidades de riego, representadas por las láminas brutas transformadas a m<sup>3</sup> por hectárea (ver apéndice: demandas mensuales de agua).

CUADRO No. 2

DEMANDAS MENSUALES AÑO 1981		
MESES	SUPERFICIE CULTIVADA EN HECTAREAS	GASTOS EN M <sup>3</sup> /Seg.
Enero	690	0.50
Febrero	845	0.99
Marzo	920	1.40
Abril	810	1.30
Mayo	595	1.00
Junio	570	0.98
Julio	590	0.94
Agosto	725	0.77
Septiembre	925	1.08
Octubre	825	1.13
Noviembre	825	1.06
Diciembre	825	0.91

En el cuadro No. 2 se puede observar que las mayores demandas corresponden a los meses de marzo con un gasto requerido de 1.4 m<sup>3</sup>/seg., al mes de abril con 1.3 m<sup>3</sup>/seg, a octubre con 1.13 m<sup>3</sup> por segundo y a septiembre con un gasto de 1.08 m<sup>3</sup>/seg. La menor demanda corresponde a enero con 0.5 m<sup>3</sup>/seg. de gasto.

## 5.10 INVENTARIO GENERAL DE LA UNIDAD DE RIEGO

Las obras existentes para el servicio de riego se detallan de la manera siguiente:

- 1 Estructura de Captación:
  - 1 batería de toberas
  - 1 túnel recolector de toberas
- 1 Caja Exagonal
- 1 Tubería de Descarga
- 1 Canal de Conducción Primario
- 6 Canales Secundarios
  
- 54 Obras de Protección:
  - 24 muros de protección en la red de distribución y conducción
  - 2 muros para protección de toberas
  - 2 vertedores de excesos
  - 2 desfogues de emergencia
  - 3 desfogues finales
  - 13 caídas
  - 8 rápidas
  
- 2 Obras de Medición:
  - 2 aforadores tipo Ballofet
  
- 278 Obras de Operación:
  - 148 tomagranjas
  - 106 diques de retención
  - 20 cajas partidoras
  - 4 compuertas de guillotina con volantes
  
- 33 Obras de Cruce:
  - 19 sifones
  - 14 tuberías
- 45 Obras de Paso:
  - 20 puentes para paso de vehículos
  - 25 puentes para peatones
  
- 9 Obras de Drenaje:
  - 9 alcantarillas

## VI METODOLOGIA

### 6.1 ESTUDIOS HIDROLOGICOS

La cuenca del río Motagua recoge en su cauce el agua de varios ríos, quebradas y quebradas de invierno. Dentro del Departamento de El Progreso, las aportaciones de agua al Motagua antes del punto de captación del proyecto de riego, son los ríos de Morazán, Los Plátanos, Las Cañas, Río Grande de Sanarate, Río Jalapa. La quebrada de Las Ovejas fluye por encima de uno de los sifones del canal de riego, lo mismo que la quebrada de Las Pilas, la de El Paso de los Jalapas y la quebrada de El Jícaro.

Las corrientes se dividen en perennes, que son las que transportan agua en su cauce todo el tiempo, e intermitentes las cuales se secan en verano.

Entre las corrientes perennes, afluentes del Motagua en el Departamento de El Progreso, están: Río Morazán, Río Los Plátanos, Río Las Cañas, Río Grande de Sanarate, Río Jalapa, Quebrada de Las Ovejas.

Entre las corrientes intermitentes en el área del proyecto de riego se encuentran: Quebrada de Las Pilas, Quebrada de El Paso de Los Jalapas, Quebrada de El Jícaro.

En época de invierno, el escurrimiento superficial en el área de riego es de grandes volúmenes de agua que son transportados hacia el río Motagua a través de drenajes que cruzan sobre el canal de riego.

El Boletín Hidrológico No. 11 del INSIVUMEH, Año Hidrológico 1979-1980 (6), nos proporciona datos de 10 años de registro sobre caudales medios en  $M^3/seg.$  del río Motagua en la estación Puente de Orellana, la cual está situada a 200 m del punto de captación de la unidad de riego El Rancho (ver cuadros No. 3 y No. 4).

CUADRO No. 3

CLAVE: 12-06-1H		AREA (KMS): 5802.88 Km <sup>2</sup>		LATITUD: 15G 55M 07S					
CUENCA: Motagua		ELEVACION CERO: 264.64 MSNM		LONGITUD: 90G 00M 07S					
VERTIENTE: Atlántico		REGISTRO AÑOS: 10		MUNICIPIO: Sn Agustín Ac.					
				DEPARTAMENTO: El Progreso					
CAUDALES EXTREMOS DE TODO EL REGISTRO				LOCALIZACION: Pte. Orellana, El Rancho					
MAXIMO: 3642.1				OBSERVACIONES: Inicio 1o. Mayo de 1969					
MINIMO: 0.04									
RESUMEN DE CAUDALES									
CAUDALES EXTREMOS					CAUDAL PROMEDIO				
MAXIMO INSTANTANEO				MINIMO DIARIO		1979 - 1980		TODO EL REGISTRO	
Mes	Día	Altura M	M <sup>3</sup> /Seg	Día	M <sup>3</sup> /Seg	M <sup>3</sup> /Seg	Lt/Seg/Km <sup>2</sup>	M <sup>3</sup> /Seg	Lt/Seg/Km <sup>2</sup>
May.	11	0.42	92.10	28	3.94	17.20	2.96	9.54	6.36
Jun.	15	0.50	114.00	1	12.30	55.00	9.48	69.80	18.50
Jul.	9	1.55	844.00	19	46.80	130.00	22.40	86.60	14.90
Ago.	21	1.54	832.00	17	47.60	176.00	30.30	108.00	18.50
Sept.	14	2.80	3642.10	9	201.00	868.00	150.00	235.00	40.50
Oct.	1	1.30	575.00	31	69.30	224.00	38.60	13.50	23.20
Nov.	3	0.27	59.60	30	22.90	38.80	6.69	35.60	4.58
Dic.	15	0.08	31.30	28	16.30	21.90	3.77	17.30	2.98
Ene.	1	-0.08	16.30	28	11.40	12.70	2.19	13.40	17.20
Feb.	2	-0.15	11.70	21	7.29	9.08	0.88	10.20	3.32
Mar.	1	-0.22	8.14	23	5.60	6.66	1.15	7.76	1.34
Abr.	9	0.14	12.30	29	5.43	7.15	1.23	8.41	1.45
Anual	14	2.80	3642.10	28	3.94	130.00	22.40	65.00	11.20

CUADRO No. 4

RESUMEN DE CAUDALES				
VOLUMEN EN ESCORRENTIA				
MILLONES M <sup>3</sup>			EN MM	
MES	1979-1980	PROMEDIO TODO EL REG.	1979 - 1980	PROMEDIO TODO EL REG.
May.	46.0685	64.8221	7.9	11.2
Jun.	142.5600	180.9160	24.6	31.2
Jul.	348.1920	231.6190	60.0	40.0
Ago.	471.3980	289.7600	81.2	50.0
Sep.	2249.8600	611.2890	387.7	105.4
Oct.	599.9620	361.9290	103.4	62.4
Nov.	100.5700	92.3951	17.3	15.9
Dic.	58.6570	46.3628	10.1	8.0
Ene.	34.0157	35.9181	5.9	6.2
Feb.	12.6786	24.8300	2.2	4.3
Mar.	17.8381	21.9119	3.1	3.8
Abr.	18.5328	22.9451	3.2	3.9
Anual	4100.3300	2221.1900	706.6	382.8

Según los datos de los cuadros No. 3 y 4, el Motagua mantiene un caudal promedio anual de  $65\text{m}^3/\text{seg.}$ , con un caudal máximo instantáneo promedio de  $235\text{m}^3/\text{seg.}$  en el mes de septiembre, y un caudal mínimo promedio de  $7.76\text{m}^3/\text{seg.}$  en el mes de marzo.

#### 6.1.1 AZOLVAMIENTOS

##### a. Azolvamiento del Río Motagua

Los sedimentos conducidos por el río Motagua en la estación Puente Orellana, situada a 200 mts. del punto de captación de la unidad de riego, son de  $282\text{ ton./año} \times \text{Km}^2$ , según el Boletín Hidrometeorológico Centroamericano (1976).

Tomando en cuenta que la cuenca hasta la Estación Puente de Orellana es de  $5802.88\text{ Km}^2$ , representa una cantidad de  $1,636,412.1\text{ ton.}$  por año de sedimentos, los cuales son transportados por las corrientes y depositados en el cauce del río.

##### b. Azolvamiento de Canales

El principal problema del sistema de riego Rancho-Jicaro son los azolves, que son producidos por dos factores:

- El lecho del río Motagua en el punto de captación es muy plano y su fondo arenoso,

de poca pendiente en la corriente, lo que ocasiona una mínima carga hidráulica sobre la boca de las toberas de captación, causando problemas de azolves en la entrada de las toberas, puesto que las estructuras de derivación están hechas más bajas que el lecho del río.

— En determinados lugares el canal pasa bajo taludes o cortes muy elevados que sirven en época de invierno de borda para proteger al canal de las crecidas del río. Dichos taludes están conformados de materiales sumamente deleznales, y esto, sumado a su fuerte pendiente, produce en época lluviosa una gran erosión.

Por estas razones los azolves se sedimentan en la conducción y distribución del agua en los canales, ocasionando reducción de la sección del canal, arrastrándose gran cantidad de azolves a lo largo del canal.

Para determinar el grado de reducción de la sección de los canales con problemas de azolve, se tomaron medidas de los volúmenes de azolvamiento en los canales afectados (ver cuadros No. 5 y No. 6 y figuras No. 2 y No. 3).

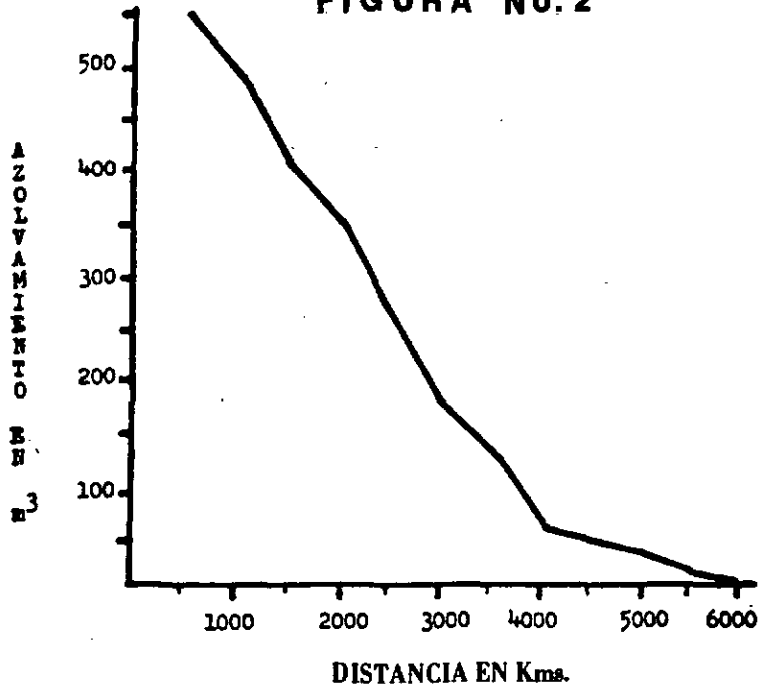
CUADRO No. 5

CANAL DE CONDUCCION PRIMARIO					
ESTACION	ALTURA DE CANAL (mts)	SECCION DE AZOLVAMIENTO DE CANAL TRAPEZOIDAL ACUMULADO: MAYO 1981 - MAYO 1982			
		ALTURA DE AZOLVE (mts)	BASE 1 DE CANAL (mts)	BASE 2 DE CANAL (mts)	VOLUMEN DE AZOLVAM. m <sup>3</sup>
0+500	1.50	0.78	0.80	2.00	546.0
1+000	1.50	0.70	0.80	1.90	472.5
1+500	1.50	0.60	0.80	1.85	397.5
2+000	1.50	0.55	0.80	1.80	357.5
2+500	1.50	0.44	0.80	1.70	275.0
3+000	1.50	0.30	0.80	1.65	183.7
3+500	1.50	0.20	0.80	1.60	120.0
4+000	1.50	0.10	0.80	1.58	59.5
4+500	1.50	0.08	0.80	1.55	47.0
5+000	1.50	0.08	0.80	1.00	36.0
5+500	1.50	0.03	0.80	1.00	13.0
6+000	1.50	0.00	0.80	0.80	0.0

CUADRO No. 6

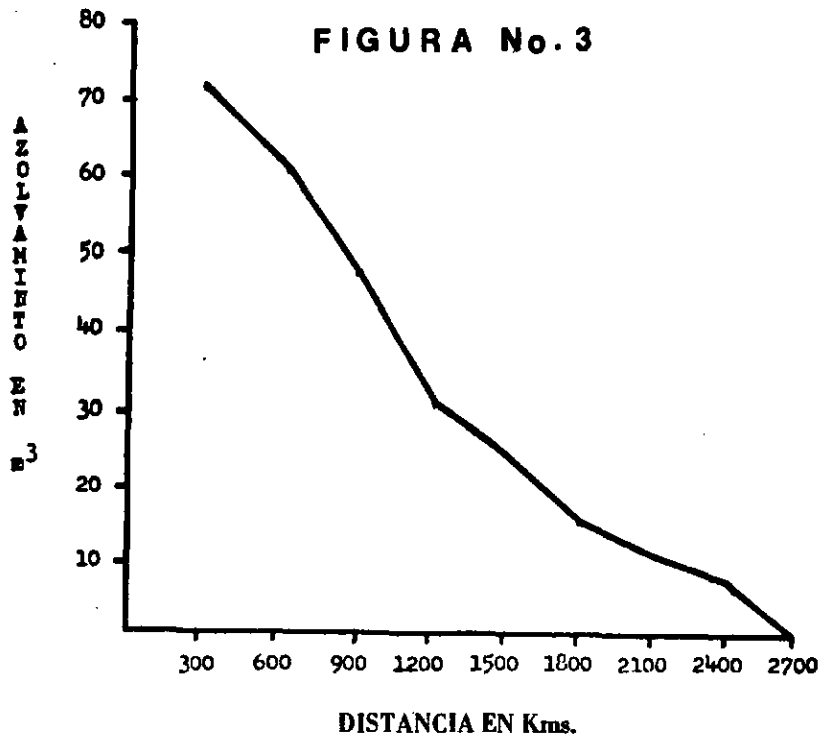
CANAL DE CONDUCCION SECUNDARION No.1					
ESTACION	ALTURA DE CANAL (mts)	SECCION DE AZOLVAMIENTO DE CANAL TRAPEZOIDAL ACUMULADO: MAYO 1981 - MAYO 1982			
		ALTURA DE AZOLVE (mts)	BASE 1 DE CANAL (mts)	BASE 2 DE CANAL (mts)	VOLUMEN DE AZOLVAM. m <sup>3</sup>
0+300	0.70	0.35	0.50	0.90	73.50
0+600	0.70	0.32	0.50	0.83	63.84
0+900	0.70	0.25	0.50	0.79	48.38
1+200	0.70	0.18	0.50	0.70	32.40
1+500	0.70	0.15	0.50	0.67	26.33
1+800	0.70	0.10	0.50	0.62	16.80
2+100	0.70	0.08	0.50	0.60	13.20
2+400	0.70	0.05	0.50	0.55	7.88
2+700	0.70	0.00	0.50	0.50	0.00

**FIGURA No. 2**



**VOLUMEN DE AZOLVE EL m<sup>3</sup>/Km DE CANAL  
(CANAL PRIMARIO)**

**FIGURA No. 3**



**VOLUMEN DE AZOLVE EN m<sup>3</sup>/Km DE CANAL  
(CANAL SECUNDARIO No. 1)**



Para determinar los volúmenes de azolve de los canales trapezoidales primario y secundario No.1, se tomaron medidas de las alturas del azolve y las bases de la sección azolvada. Esta medida se hizo a cada 500 m. en el canal primario, y a cada 300 m. en el secundario No.1. Para calcular la cantidad total de azolve en cada tramo de canal medido, se usó la fórmula de:

$$V = \frac{b_1 + b_2}{2} \times h \times L \dots\dots\dots (3)$$

De donde:

- V = volumen de azolve en m<sup>3</sup>
- b<sub>1</sub> = base 1 de canal azolvado
- b<sub>2</sub> = base 2 de canal azolvado
- h = altura de azolve
- L = largo de tramo azolvado

En base a los resultados obtenidos en el cuadro No. 5, el mayor volumen de azolve del canal primario (546.0 m<sup>3</sup>) se encuentra acumulado en el tramo comprendido entre la estación 0+000 y la estación 0+500, mientras que la menor acumulación se encuentra distribuida entre las estaciones 5+000 y 5+500 con un volumen de azolve de 13m<sup>3</sup>. De la estación 6+000 en adelante ya no existe acumulación de sedimentos.

En el cuadro No. 6 se puede apreciar la distribución de azolvamiento dentro del canal secundario No.1. El mayor volumen de azolve de este canal se encuentra acumulado en el tramo comprendido entre la estación 0+000 y la estación 0+300, con un volumen de 73.50m<sup>3</sup>, en tanto que la menor acumulación (7.88m<sup>3</sup>) se distribuye en el tramo comprendido entre las estaciones 2+100 y 2+400, observándose que de la estación 2+700 en adelante ya no existen problemas de azolvamiento.

De los resultados obtenidos en los cuadros No. 5 y No. 6, se concluye que el volumen total de azolvamiento acumulado del año 1981 a 1982 es de 2790.53 m<sup>3</sup>.

En las figuras No. 2 y No. 3 se representa la acumulación de azolve en m<sup>3</sup> por distancia en kms., de los canales primario y secundario No. 1 respectivamente, de acuerdo a los datos obtenidos en los cuadros No. 5 y No. 6; también se observa que el volumen de azolvamiento es mayor al inicio de ambos canales, notándose que a medida que aumenta la distancia del punto de captación, disminuye la cantidad de azolve en los mismos.

#### b.1 Tamaño de las Partículas

La determinación del tamaño de las partículas de sedimentos transportados a través del canal de riego se hizo en base al método de diámetro de criba. El método se basa en el tamaño de la abertura de la malla por la cual puede pasar la partícula, y consiste en pasar las muestras por orificios de diferentes mallas utilizando la medida de "Mesh" que equivale al número de orificios

por pulgada lineal (25.4 mm), también utilizando la medida "Micron" (0.001 mm) que representa el espaciamiento entre orificios.

De la muestra de sedimentos obtenida al inicio del canal primario en la estación 0+000, se pudo notar que el 90o/o del volumen lo ocupan partículas que oscilan entre los 5 a 2 mm de diámetro (gravas). La muestra recolectada en la estación 1+000 del mismo canal contiene un 90o/o de partículas de 2 a 1 mm (arenas). En la muestra obtenida en la estación 2+000 del canal primario la composición granulométrica es uniforme, conformándola partículas de 2 a 0.3 mm (arenas). Las muestras de la estación 3+000 del canal principal contienen un 90o/o de partículas consideradas como limos (0.5 a 0.07 mm). La última muestra obtenida del canal primario, en la estación 4+000, contiene únicamente limos y arcillas (0.5 a 0.07 mm). En la muestra obtenida en la estación 3+000 del canal secundario No.1, se pudo encontrar únicamente partículas de 1 a 0.07 mm (limos y arcillas). (Ver apéndice, cuadros No. 14, 15, 16, 17, 18 y 19).

De los resultados obtenidos de las muestras de sedimentos tamizados, se concluye que las partículas de mayor tamaño se depositan al inicio de la conducción, mientras que las de menor tamaño se encuentran más alejadas del punto de captación.

#### b.2 Peso Específico de las Partículas

El peso específico de las partículas se expresa a través de la relación de dividir el peso entre el volumen de la partícula:

$$\gamma = \frac{W}{V} \dots\dots\dots(4)$$

Donde:

$\gamma$  = peso específico

W = peso

V = volumen

Se pesaron varias muestras de azolves extraídas del canal de riego para determinar el peso específico de las partículas. (Ver cuadro No. 7).

CUADRO No. 7

PESO ESPECIFICO DE LAS PARTICULAS DE AZOLVE					
MUESTRA No.	ESTACION	VOLUMEN MUESTRA (ml)	PESO DE PROBETA (g)	PESO DE PROBETA +SEDIMENTO (g)	PESO ESPECIFICO Kg/m <sup>3</sup>
1	0+000	60	115.00	207.3	1538.3
2	1+167	60	116.00	187.1	1185.0
3	1+878	60	115.50	175.0	991.6
4	2+553	60	116.98	170.8	897.0
5	3+102.38	60	115.80	170.0	903.3

b.3 Concentración de Partículas en Suspensión

La cantidad de partículas contenidas en un líquido se expresa mediante su concentración, separando el material sólido que existe dentro del líquido por medio de filtros.

Para el cálculo de la concentración de partículas en suspensión se filtraron 5 muestras de aguas obtenidas del canal de riego. Los valores encontrados en el laboratorio de suelos de la unidad de riego de El Rancho se expresan en los cuadros No. 8 y 9.

CUADRO No. 8

CONCENTRACION DE SEDIMENTOS EN SUSPENSION						
MUESTRA No.	VOLUMEN MUESTRA (ml)	PESO CRISOL + SEDIMENTO (g)	PESO CRISOL (g)	PESO SEDIMENTO (g)	CONCENTRACION g/l	CRISOL
1	497	36.3135	35.2678	1.0457	2.1040	A
2	497	38.9611	37.1638	1.7973	3.6163	B
3	497	36.9285	35.2670	1.6615	3.5281	A
4	497	37.3546	37.1638	0.1908	1.0381	B
5	497	38.9251	37.1638	1.7613	3.6783	B

CUADRO No. 9

CONCENTRACION DE SEDIMENTOS EXPRESADOS EN PPM		
MUESTRA No.	CONCENTRACION g/l	PPM
1	2.1040	210.40
2	3.6163	361.63
3	3.5281	352.81
4	1.0381	103.81
5	3.6783	367.83

La concentración de sedimentos en suspensión conducidos por las aguas de riego en la conducción se observa en el cuadro No. 8 y el No. 9, representándose concentraciones de 103.81 PPM como mínimo y 367.83 PPM como máximo. Si se toma como referencia la concentración de partículas en suspensión expresadas en gramos por litro de agua, significa que en 1500 litros por segundo conducidos por el canal primario existen 5280 gramos de partículas en suspensión por segundo.

#### b.4 Configuraciones del Fondo

Para la determinación de la configuración del fondo de los canales azolvados (ver figuras No. 4, 5, 6 y 7), se hicieron observaciones de la apariencia que presenta la sedimentación en el fondo. Para esto se cerraron las compuertas de la captación, impidiendo la entrada de agua a la red de riego.

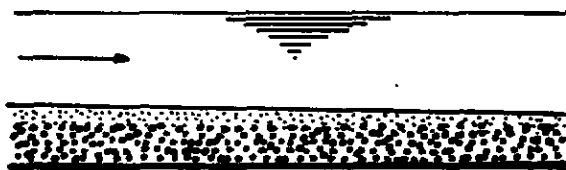
Se notó que en el tramo del inicio del canal primario (estación 0+000 a la 0+800) existe un fondo plano sin arrastre. Esta configuración se debe a la poca pendiente del canal en su inicio, y a que las partículas que se depositan en este tramo son de mayor peso y tamaño, no permitiendo arrastre.

De la estación 0+800 a la estación 1+500 del canal primario se observan ondas estacionarias en el fondo, formadas por sedimentos de arenas finas, que son características de los lugares donde la pendiente es mínima, y se producen por la retención del flujo.

La condición de transición del sedimento en el fondo, es la configuración que resulta de soltar la retención del flujo, borrándose así la formación de dunas. Esta apariencia del sedimento se observa en el tramo de la estación 1+500 a la 2+000 del canal primario.

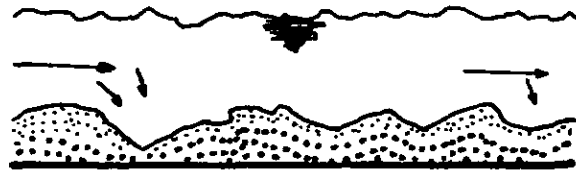
De la estación 2+000 del canal primario en adelante predomina la acumulación de limos y la pendiente aumenta produciendo un cambio en el flujo de tirante uniforme a turbulento, por lo que la configuración del fondo se presenta en forma de rizos. Esta misma configuración del fondo se produce en el canal secundario No. 1.

## CONFIGURACIONES DEL FONDO DEL CANAL DE RIEGO



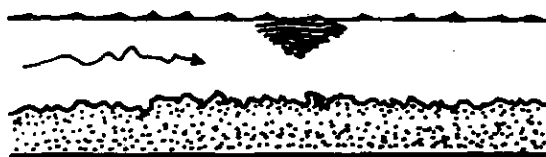
Fondo plano, no hay  
arrastre

FIGURA No. 4



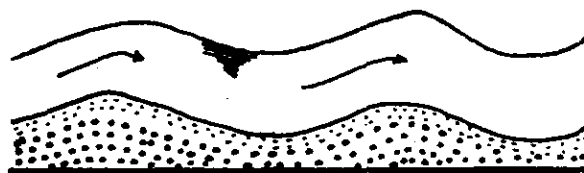
Condición de transición,  
se borran las dunas

FIGURA No. 5



Configuración típica  
con rizados

FIGURA No. 6



Ondas estacionarias

FIGURA No. 7

## 6.1.2 AFOROS

La determinación de aforamientos se realizó en época en que la demanda era poca o ninguna, aprovechando tenerse un caudal tal, que representara la capacidad total de agua en la conducción, para conocer las deficiencias de la captación y su capacidad máxima. El aforamiento fue realizado con un molinete de copas o "molinete de Gurley", trabajándose a una profundidad del 20o/o y 45o/o, con una variación de tres tiempos para obtener datos más exactos del aforo.

### a. Aforamiento en Compuerta de Caja Exagonal

La caja exagonal es el primer punto después de la batería de toberas y está formada de dos secciones cuadradas, similares una de la otra, de 1.10 m. de base por 1.10 m. de altura, en la cual se obtuvo un caudal de 662 lts./seg.

### b. Aforo en Tubería de Descarga

El propósito de esta lectura fue determinar el caudal al inicio y al final del túnel, para verificar posibles fugas en los 300 m. de la tubería de descarga. La lectura nos proporcionó los caudales siguientes:

Localización:	Caudal:
Inicio del Túnel	662 lts./seg.
Final del Túnel	621 lts./seg.
Diferencia:	<u>41 lts./seg.</u>

### c. Aforamiento a Principio de Canal Primario

Este aforamiento es de 618 lts./seg. La diferencia de caudal entre el aforo de la tubería de descarga y el del inicio del canal primario puede ser pérdidas en evaporación y filtración a través de las paredes del canal.

### d. Aforamiento en Canal Primario (en Estación 2+543.75)

Se obtuvo un aforamiento de 618 lts./seg. Fue el último aforo del canal primario, debido a que a 258.63 m. se encuentra la derivación del canal secundario No.1.

### e. Aforo de Canales Secundarios

Del canal primario se derivan seis canales secundarios que cuentan con diferentes caudales:

Canal:	Caudal:
Secundario 1 =	158 lts./seg.
Secundario 2 =	21 lts./seg.
Secundario 3 =	33 lts./seg.
Secundario 4 =	34 lts./seg.
Secundario 5 =	41 lts./seg.
Secundario 6 =	36 lts./seg.

f. Aforo en Aplicaciones Parcelarias (Tomagranjas)

Considerando que las tomagranjas funcionan como orificios sumergidos, se aforaron varias de ellas porque su carga hidráulica era diferente. El método de aforo empleado fué el volúmetrico, reportándose un caudal de 30 a 40 lts./seg.

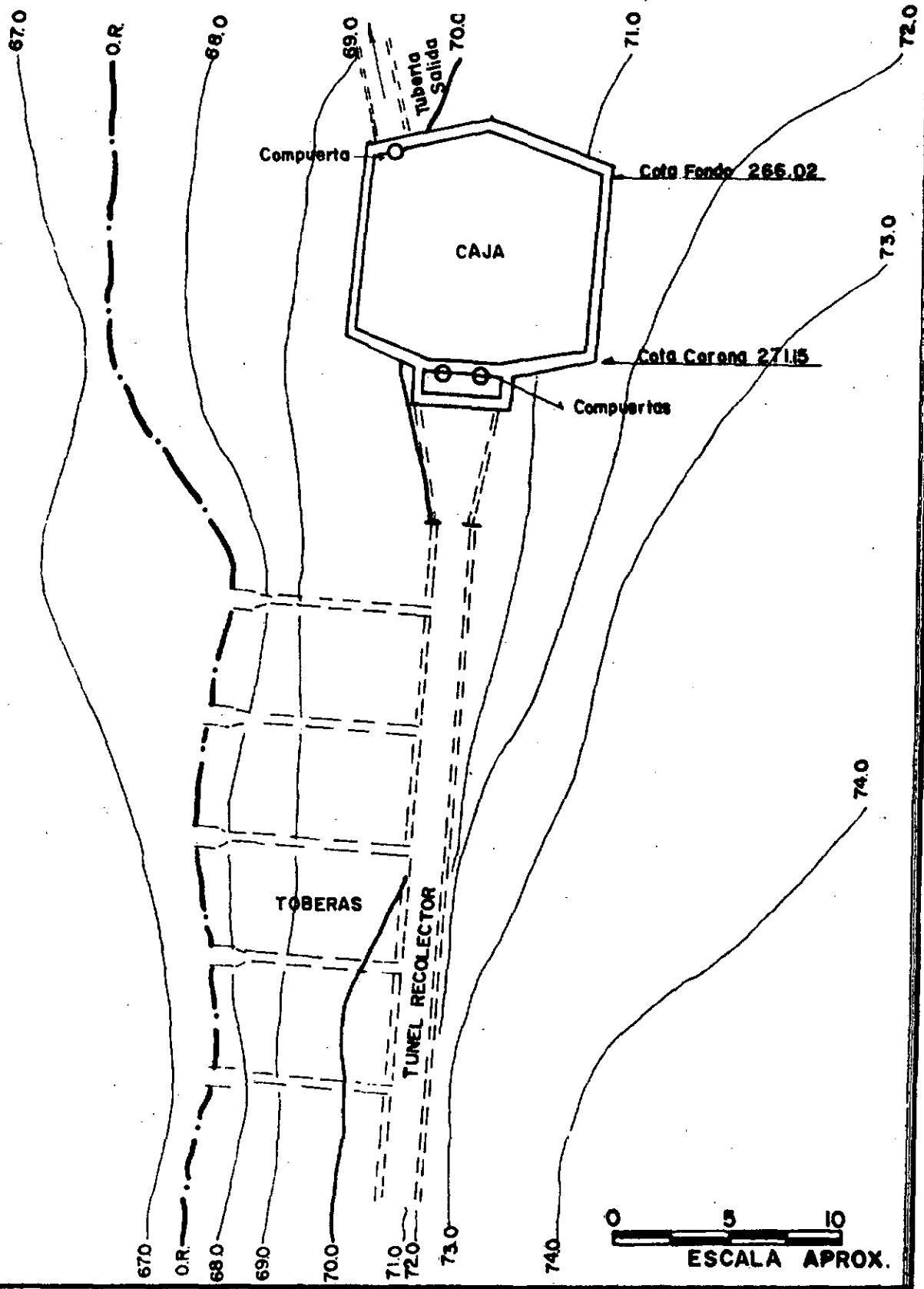
6.2 ANALISIS DEL FUNCIONAMIENTO DE LAS PRINCIPALES OBRAS FISICAS EXISTENTES

6.2.1 CAPTACION

La captación está formada por un sistema de cinco toberas recolectoras y un túnel recolector de toberas. Dos de las toberas cuentan con su caja de protección para ser usadas en época de invierno, y las otras tres carecen de protección por estar destinadas para la época de estiaje. Las cinco toberas tienen un diámetro de recolección de 90 cm., reduciéndose a 45 cm. en el punto donde se conectan al túnel recolector de toberas. El túnel recolector de toberas tiene un ancho libre de 1.50 m., una altura piso a cielo de 1.70 m. y un largo de 29.80 m. (Ver figura No. 8).

La captación se encuentra en una zona topográfica bastante plana donde el río tiende a ampliarse y ser de poca profundidad, con fondo arenoso. Tomando como base la rasante de las toberas de captación con relación al lecho del río, las toberas están más bajas que el fondo. Esto ocasiona una reducción de la capacidad de captación, favoreciendo el arrastre de azolve e impidiendo la entrada de agua. Esta poca carga hidráulica hace no funcional actualmente al sistema de captación para el río en este punto, siendo necesario hacerle canales de llamada improvisados en época de estiaje para aumentar el tirante de agua.

La posición de las bocas de las toberas respecto al fondo del río, como se puede observar en la figura No. 9, las deja casi enterradas, lo que motiva que constantemente se esté dragando la parte frontal de las bocas; este trabajo de dragado se efectúa con fuerza humana.



UNIDAD DE RIEGO, RANCHO - JICARO  
 ESQUEMA CAPTACION ACTUAL

DIBUJO:  
 L. TOBAR R

FIGURA No. 8



## 6.2.2 CAJA EXAGONAL

La caja exagonal es de concreto armado con un grosor de 30 cm. y una altura de 8 m. En ella se encuentra un juego de tres compuertas de guillotina, dos para cerrar el acceso del agua por el túnel a la caja, y otra para retener la salida de agua de la caja hacia la tubería de conducción o descarga.

Esta caja fué diseñada para usarse como una estructura desarenadora, que con ayuda de el agua que se moviliza en su interior desazolvara los depósitos de arena acumulados. Esta función no se cumple porque el fondo de la caja tiene poca pendiente y se encuentra a nivel del lecho del río, por lo que la carga hidráulica no es suficiente para mover los azolves acumulados en su interior. Además no puede considerarse como desarenador por carecer de una salida de materiales, ni como caja de sedimentación porque su fondo se encuentra a nivel del túnel recolector de tóberas. La exagerada altura de la caja afecta el constante trabajo de limpieza que se realiza por medio de fuerza humana utilizando andamios para sacar la arena en etapas. (Ver figura No. 10).

## 6.2.3 TUBERIA DE SALIDA

Es el túnel que, saliendo de la caja de estrella, conduce el agua hacia el canal primario, con una pendiente uniforme de 4.30/o. Tiene un diámetro de 1.22 m. y un largo de 234.30 m.

La tubería de salida fué diseñada para la función de conducir el agua bajo suelo desde la caja exagonal hacia el canal abierto, en un tramo de 234.30 m., de la estación 0+000 a la 0+234.30, por la razón que el río en época de crecida sube sobre este tramo. Actualmente presenta un déficit de 41 lts/seg. debido a filtraciones que existen en uniones de la tubería.

La limpieza de este túnel es una tarea que se realiza frecuentemente por la acumulación de sedimentos. Este trabajo es difícil por la carencia de luz y aire en su interior, y solamente puede realizarse por medio de fuerza humana.

## 6.2.4 CONDUCCION

La red de riego de la unidad está formada por un canal primario y seis canales secundarios, de forma trapezoidal revestidos de concreto (ver apéndice: red de riego, características de canales secundarios).

El canal de conducción primario consta de las siguientes dimensiones:  $b_1$  0.80 m.,  $b_2$  3.80 m., 1.50 m. de altura y 18.63 km. de largo. Consta de los siguientes datos hidráulicos:

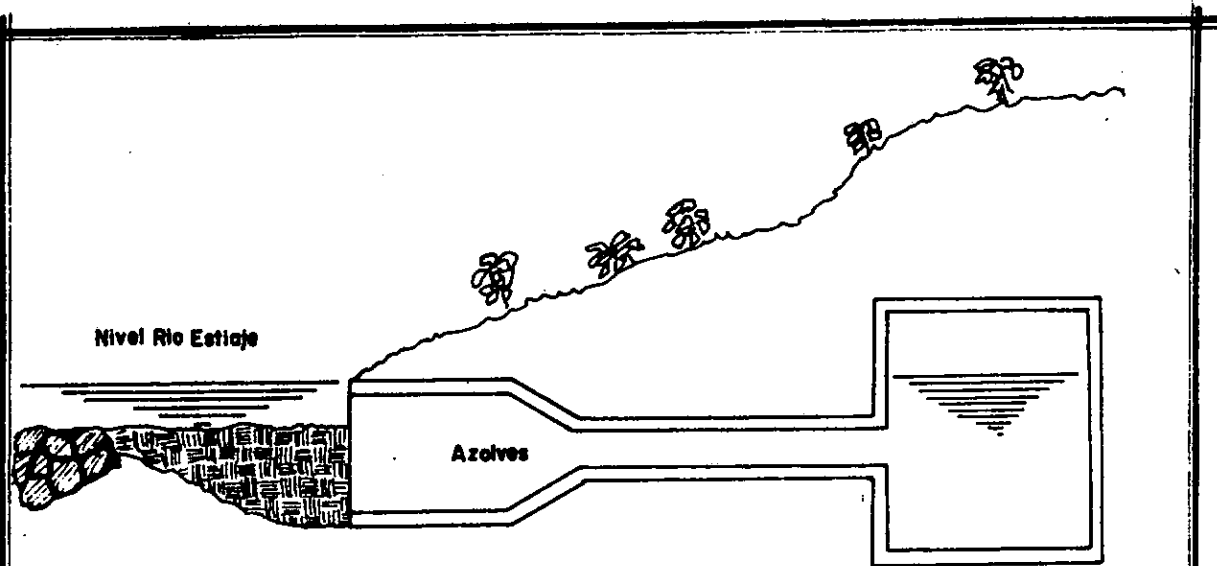


FIGURA No. 9

0 5 10  
ESCALA APROX.

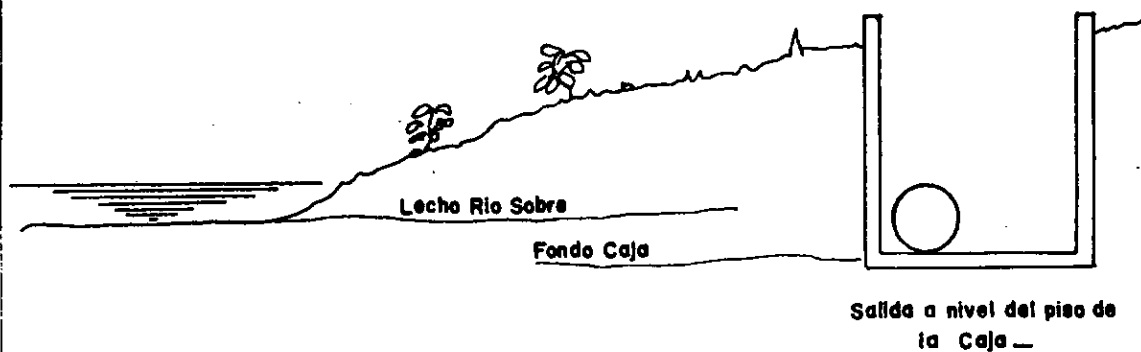


FIGURA No. 10

0 5 10  
ESCALA APROX.

UNIDAD DE RIEGO, RANCHO-JICARO  
ESQUEMA CAPTACION ACTUAL

DIBUJO:  
L. TOBAR R.

Caudal (Q)	=	1.50 m./seg.
Coefficiente de rugosidad (N)	=	0.015
Velocidad (V)	=	0.50 m./seg.
Area (A)	=	3.45 m <sup>2</sup>
Radio Hidráulico (R)	=	0.75 m.

Pendiente (S):

De estación 0+000 a estación 1+300	=	4.3o/o
De estación 1+300 a estación 3+500	=	4.5o/o
De estación 3+500 a estación 6+000	=	5.3o/o
De estación 6+000 a estación 18+625.72	=	5.5o/o

La conducción del canal primario es deficiente por el transporte de azolves que entran en la captación. Además el canal pasa entre altos cortes de terrenos de textura arenosa que son altamente erosionables, y sus taludes sirven de rampa para que resbale el material hacia el interior del canal. En época de invierno el agua actúa como factor de erosión, ocasionando un mayor arrastre de material, lo que implica una reducción de la sección del canal y pérdida de la velocidad del flujo.

## 6.3 PROPUESTA DE ESTRUCTURAS NECESARIAS

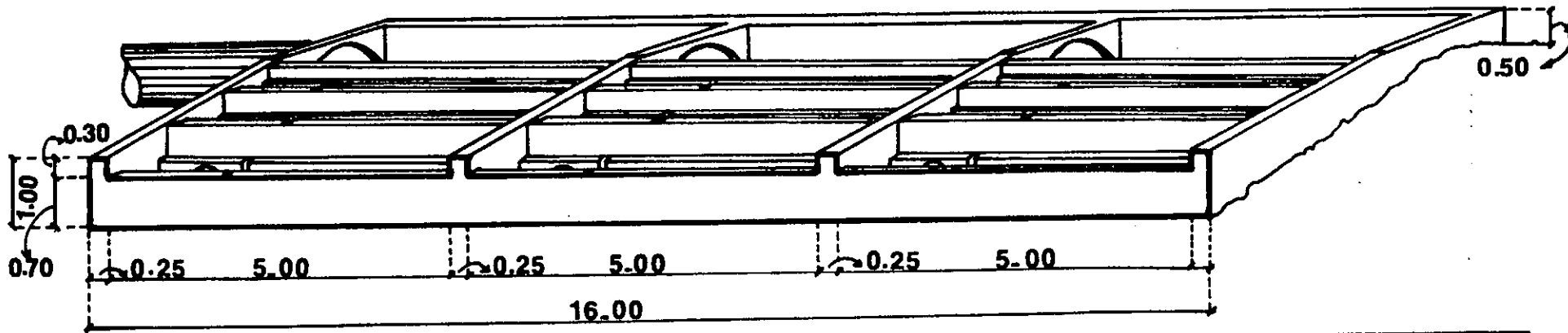
### 6.3.1 CAPTACION

El criterio de diseño que se tomó para una nueva captación, fué el de una obra capaz de captar los filetes superiores del río, que son los que tienen menos sólidos en suspensión. La captación consistirá en cuatro vertedores a diferentes alturas, frente a los cuales correrá un canal de concreto sumergido que formará el lecho del río para producir corriente que arrastre los sedimentos depositados en su fondo.

El primer vertedor de captación tendrá una longitud de 15 m., para que al derivar un caudal de 1.5 m. cúbicos por segundo, funcione con un tirante de agua de 0.60 m. en época de estiaje. El segundo vertedor tendrá una altura de 0.5 m. sobre el primero, el tercero 0.5 m. sobre el segundo, y el cuarto vertedor una altura de 0.5 m. sobre el tercero, quedando 1 m. libre de abertura entre las crestas de cada vertedor.

Cada vertedor, con excepción del cuarto, estará dividido por muros inclinados a una separación de 5m., formando tres tramos para cada vertedor. Los muros servirán para retener el agua y producir remansos de altas cargas hidráulicas, que servirán para ejercer presión sobre las entradas libres de cada vertedor.

El cuarto vertedor estará en capacidad de recolectar el agua en máximas crecidas. Sus tramos estarán comunicados por orificios circulares de 1 m. de diámetro, a través de los cuales el agua será conducida directamente a la tubería que conecta con la caja exagonal, para evitar la excesiva carga hidráulica que pueda levantar las planchetas de cierre de los primeros tres vertedores. (Ver figura No. 11).



UNIDAD DE RIEGO EL RANCHO	
C A P T A C I O N	
<u>Diseño:</u>	<u>L. Tobar R.</u>
<u>Dibujo:</u>	<u>M. Castellanos</u>
Escala	1 : 25

PERSPECTIVA DE CAPTACION

Figura No. 11

La nueva obra de captación funcionará de la siguiente forma:

Epoca de estiaje:

Cuando el río tenga su nivel mínimo sólo funcionará el primer vertedor de captación, y estarán cerrados con planchetas el segundo y tercer vertedor en sus tres tramos. (Ver figura No. 12).

El caudal tomado con esta nueva captación en época de estiaje en un tramo del primer vertedor en un orificio será:

$$Q = C \cdot A \sqrt{2gh} \dots\dots\dots(5)$$

Donde:

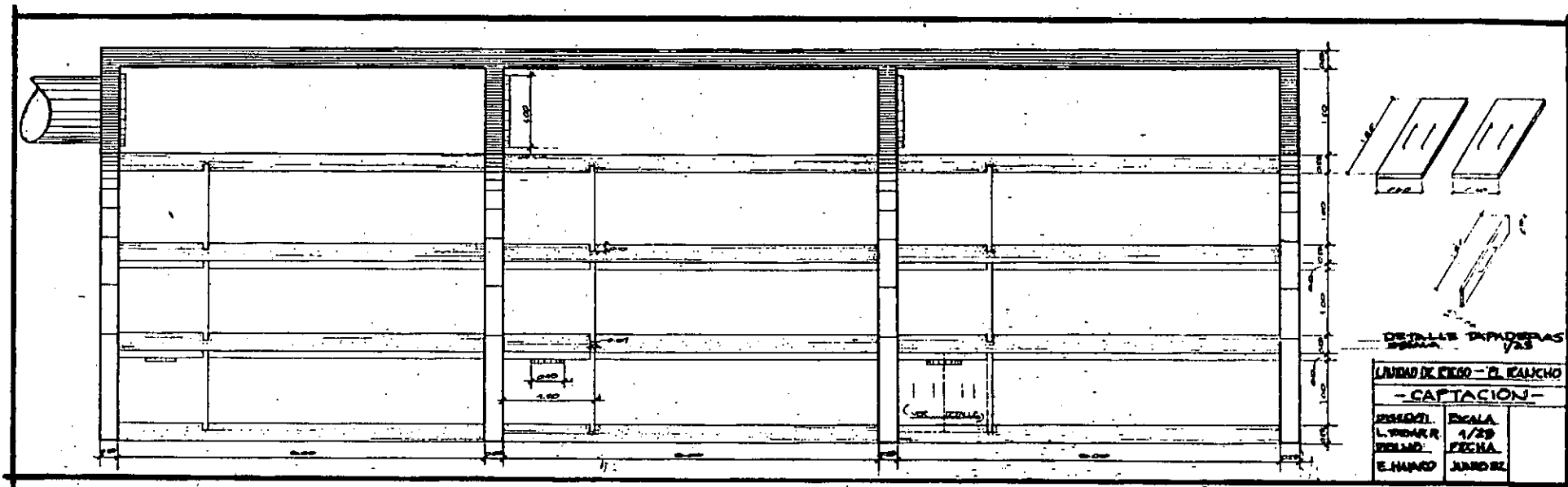
- Q = caudal en m<sup>3</sup>/seg.
- C = coeficiente de descarga
- A = area del orificio de descarga en m<sup>2</sup>
- g = aceleración de la gravedad
- h = altura de la carga hidráulica

Q = 0.54 m<sup>3</sup>/seg. para un tramo del primer vertedor, considerando un coeficiente de descarga de 0.72.

Para tres tramos del primer vertedor:

Q = 1.62 m<sup>3</sup>/seg.

El canal de concreto sumergido contará con puntos de apoyo para asegurar vigas de madera colocadas en los filetes superiores del río, para producir diferentes alturas de agua sobre los orificios de entrada del primer vertedor, de tal forma que se obtenga una altura de 0.60 m. Dicha operación se realizará en época de estiaje, pero para el diseño de la captación se asume que el tirante crítico nunca es menor de 0.60 m. (Ver figura No. 13).



PLANTA  
DE CAPTACION

FIGURA No.12

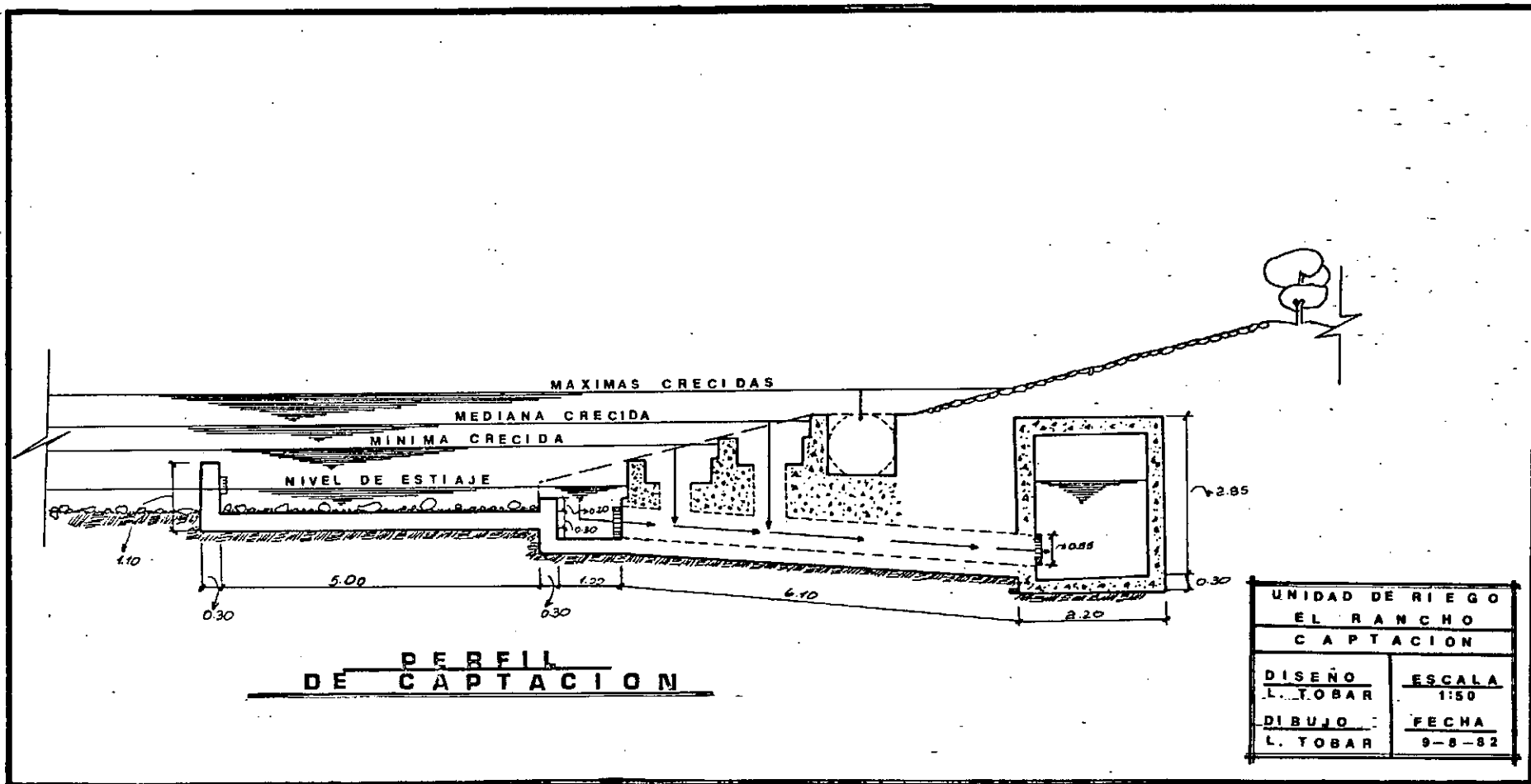


FIGURA No. 13

### Epoca de crecida:

Cuando el nivel del río comience a subir y esté sobre la creta del segundo vertedor, se le quitarán las planchetas para producir una corriente de arrastre mayor. El primer vertedor quedará cerrado con sus planchetas para evitar la entrada de sólidos. Al haber subido el nivel del río sobre la creta del tercer vertedor, se le quitarán a este las planchetas y se cerrarán los tramos del segundo vertedor. (Ver figura No. 13).

### Epoca de máxima crecida:

Al subir el nivel del río sobre la creta del cuarto vertedor quedarán cerrados los tramos de los otros vertedores para evitar la entrada de azolve.

## 6.3.2 CAJA DE SEDIMENTACION

La poca carga hidráulica del canal de riego, a causa de la suave pendiente del río, hace imposible la construcción de un desarenador, debido a que una estructura de este tipo cuenta con un drenaje para conducir los sólidos que son depositados en su fondo hacia un lugar con diferencia de nivel para desalojar la caja.

Tomando en cuenta que no existe pendiente como para derivar los sólidos de un desarenador, se propone como alternativa el diseño de una caja de sedimentación para la acumulación de sólidos, de modo que sean almacenados dentro de esta estructura. Esta caja de sedimentación será construída en las partes iniciales del canal de conducción principal, evitando así que el material de azolvamiento se movilice a lo largo del canal.

Para la selección del punto de construcción de la caja de sedimentación se toma muy en cuenta que el canal de riego en su inicio se encuentra muy cercano al río, a causa de esto, el punto más indicado para su construcción es la estación 0+800, ya que en este lugar el río queda más distante del canal de riego y no perjudica en sus crecidas ni obstaculiza el acceso al lugar.

El criterio de diseño que se tomó para la caja de sedimentación fué el de una estructura capaz de minimizar la velocidad del agua y producir un cambio en el flujo de turbulento a condiciones de remanso, para que las partículas en suspensión desciendan hacia el fondo.

En la caja de sedimentación existirá una entrada y salida libre del canal de riego, ya que el control del agua se llevará a cabo en las compuertas de la caja exagonal, de las cuales dependerá el control de cierre en el momento de limpieza de la caja. (Ver figura No. 14).

La caja será de forma rectangular para mejor aprovechamiento del área, con 10 m. de ancho por 15 m. de largo y una altura de 2.5 m., permitiendo el fácil acceso de un cargador frontal de 1 m<sup>3</sup> de capacidad que, a través de una rampa paralela a la salida del canal, bajaría a efectuar en etapas el desalojo de 139 m<sup>3</sup> de azolve, que es la capacidad máxima de acumulación de la caja. (Ver figura No. 15).

## 6.3.3 TUBERIA DE SALIDA

La tubería de salida se modificará sustituyendo 34.3 m. de túnel por un tramo más corto, quedando 200 m. de tubería enterrada, en la cual se construirán tres cajas de registro a cada 50m.



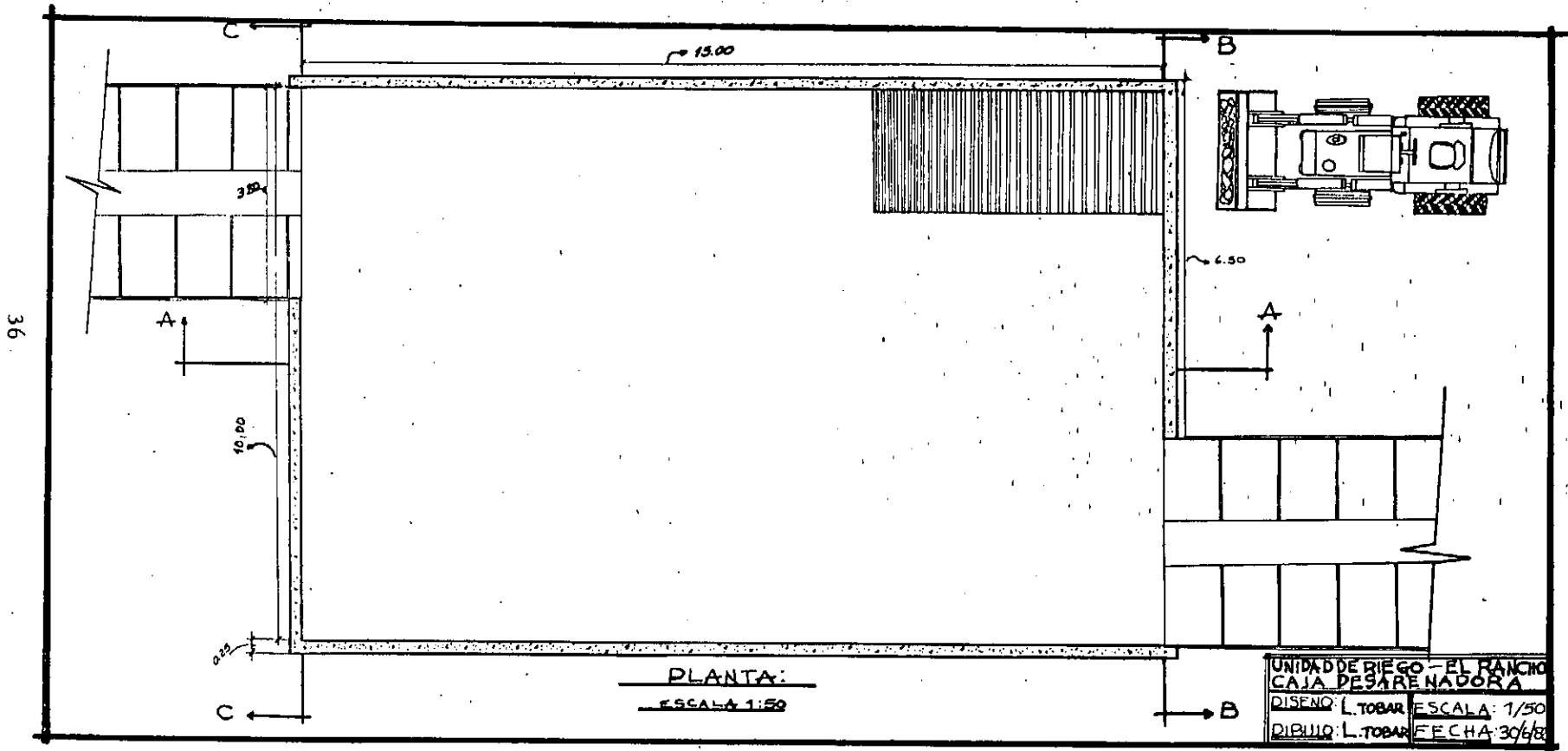


FIGURA No. 14

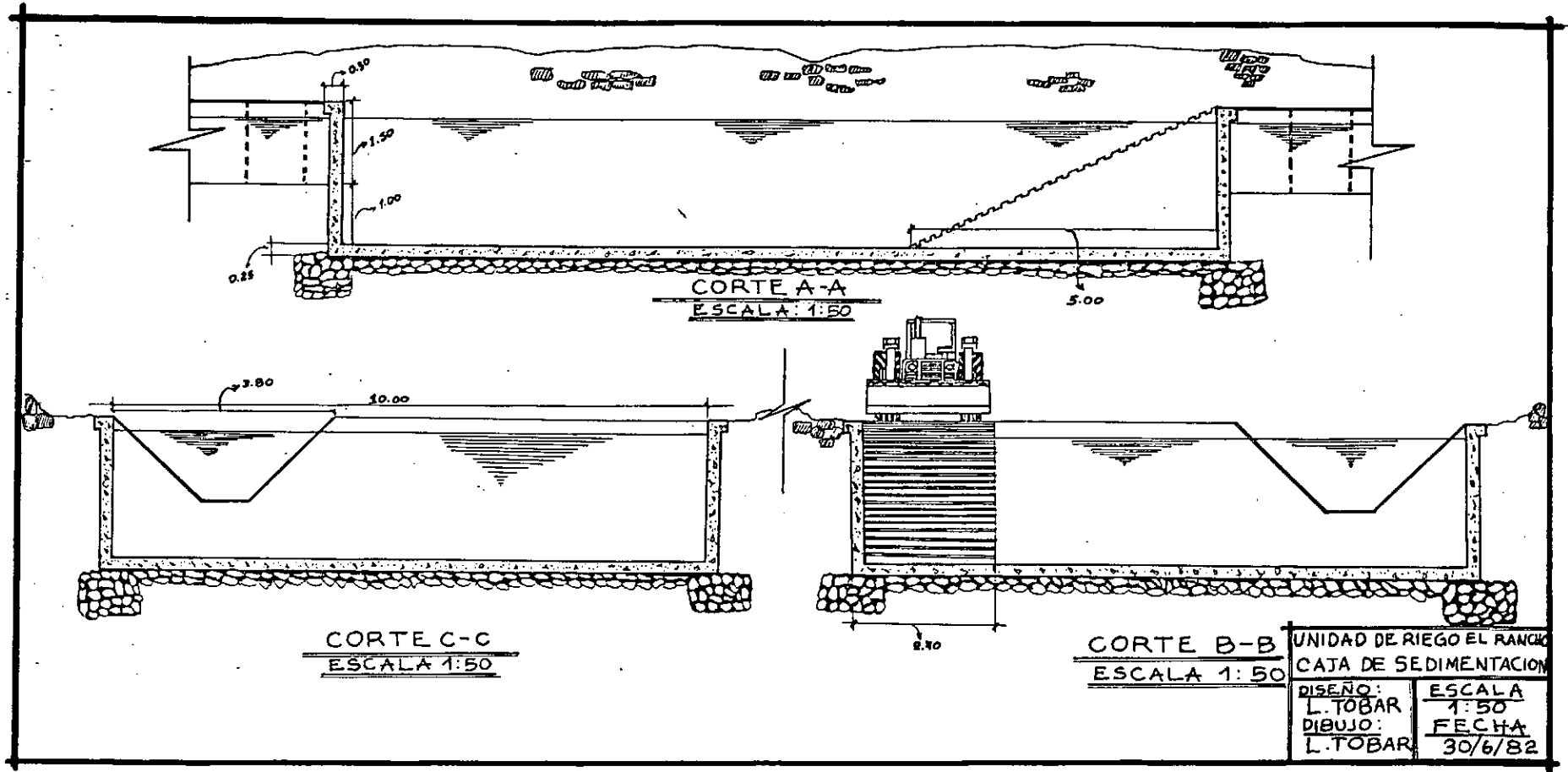


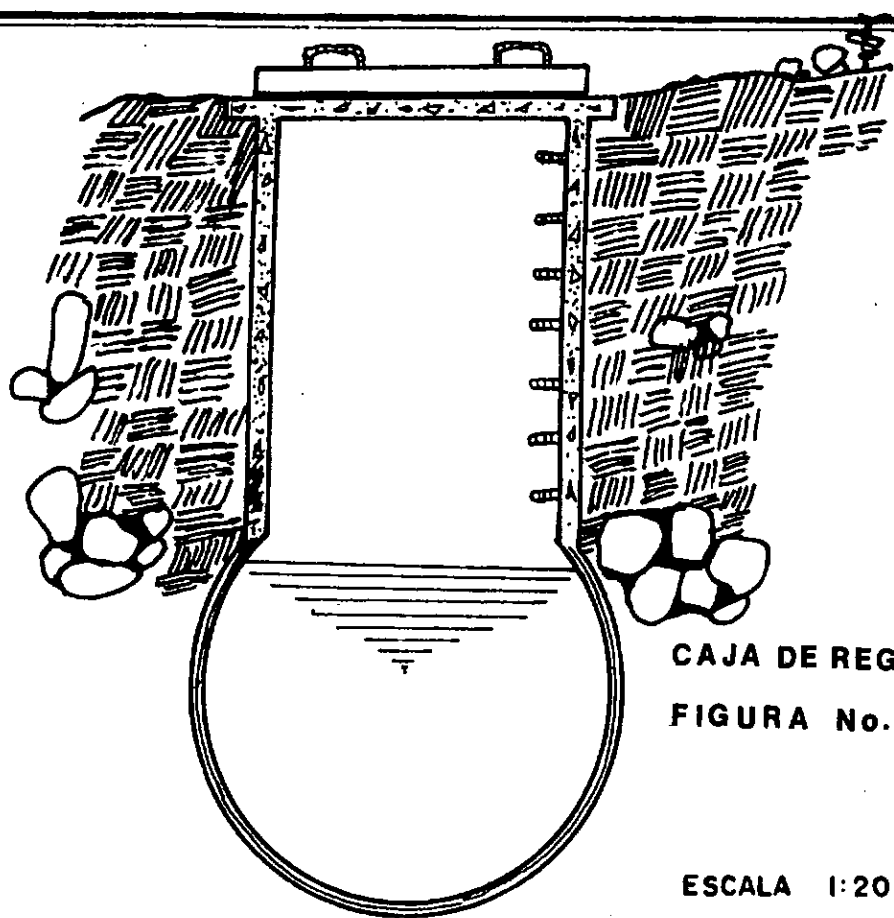
FIGURA No. 15

que permitirán la entrada de aire y luz en su interior, con lo que se facilitará la tarea de limpieza. Cada una de estas cajas contará con un juego de planchetas para ser tapadas en época de crecida. Las tres cajas contarán con escalones que permitirán el ingreso a la tubería de descarga. (Ver figura No. 16).

Será conveniente, a la vez de modificar esta tubería, reparar las fugas ocasionadas por el deterioro del túnel.

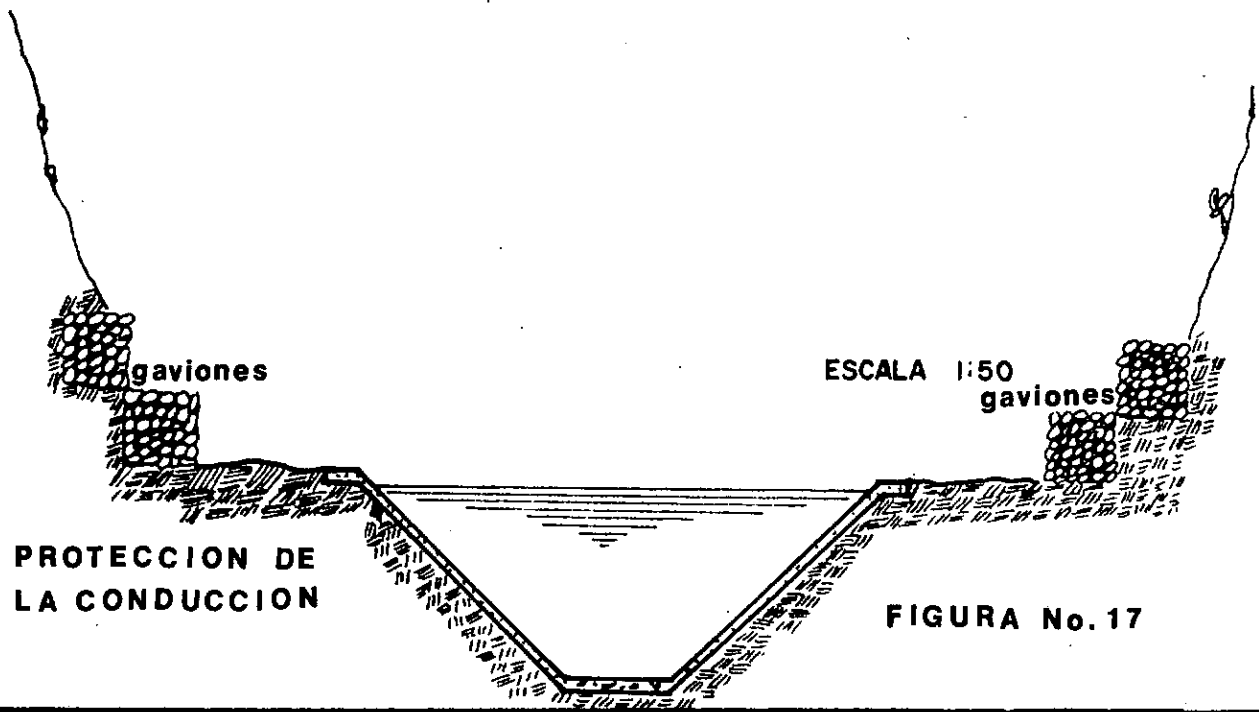
#### 6.3.4 CONDUCCION

La protección del canal de conducción se hará mediante la colocación de gaviones de piedra bola formados por malla de acero, que estarán colocados a 1 m. de las coronas del canal para protegerlo de azolves producidos por la erosión de sus taludes. Esta protección se hará de la estación 0+200 a la 0+880 en ambos lados del canal (Ver figura No. 17).



CAJA DE REGISTRO  
FIGURA No. 16

ESCALA 1:20



PROTECCION DE  
LA CONDUCCION

ESCALA 1:50

gaviones

FIGURA No. 17

UNIDAD DE RIEGO 'EL RANCHO'

DIBUJO:  
L. TOBAR R.

## 6.4 ANALISIS ECONOMICO

### 6.4.1 COSTO DE ESTRUCTURAS NECESARIAS

De acuerdo al estudio y a los planos de diseño sobre las nuevas obras, se hizo una estimación de los costos, tomándose en consideración para ello los cálculos de los precios unitarios que fueron utilizados para determinar los costos de cada renglón de trabajo. Se analizaron varios factores como la disponibilidad de materiales, mano de obra en el área, condiciones de transporte, maquinaria y equipo que podrían ser utilizados para la ejecución de estos trabajos, en sentido que el cálculo de los costos fuera lo más exacto posible.

En los cuadros No. 10, 11, 12 y 13 se detallan los costos de inversión de las obras de captación, de la caja de sedimentación, de tres cajas de registro en la tubería de descarga y de la protección del canal de conducción primario.

CUADRO No. 10

COSTO DE INVERSION DE LA CAPTACION			
DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO UNITARIO EN QUETZALES	COSTO TOTAL EN QUETZALES
Dragado de río	60.00	3.00	180.00
Desviación del río	global	200.00	200.00
Excavación	150.00 m <sup>3</sup>	2.00	300.00
Cimentación	15.00 m <sup>3</sup>	80.00	1,200.00
Concreto armado	20.00 m <sup>3</sup>	340.00	6,800.00
Concreto ciclópeo	5.00 m <sup>3</sup>	80.00	400.00
Sampeado con mortero	300.00 m <sup>2</sup>	4.00	1,200.00
Cunetas de protección	15.00 ml	8.30	124.50
Sellado de obras actuales	global	30.00	30.00
Canal de concreto sumergido	15.00 m <sup>3</sup>	340.00	5,100.00
Postería de concreto	10 unidades	6.00	60.00
Planchetas	0.891 m <sup>3</sup>	340.00	302.94
Supervisión	global	1,800.00	1,800.00
		TOTAL:	Q 17,696.44

**CUADRO No. 11**

<b>COSTO DE INVERSION DE LA CAJA DE SEDIMENTACION</b>			
<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO UNITARIO EN QUETZALES</b>	<b>COSTO TOTAL EN QUETZALES</b>
Excavación	1000.00 m <sup>3</sup>	1.00	1,000.00
Formación de canal provisional	140.00 m <sup>3</sup>	2.00	280.00
Cimentación	60.00 m <sup>3</sup>	80.00	4,800.00
Concreto armado	66.52 m <sup>3</sup>	340.00	22,616.80
Concreto ciclópeo	5.00 m <sup>3</sup>	80.00	400.00
Revestimiento de canal	50.00 m <sup>3</sup>	150.00	7,500.00
Sampeado con mortero	46.40 m <sup>2</sup>	4.00	185.60
Acabados finales	global	600.00	600.00
Supervisión	global	3,000.00	3,000.00
<b>T O T A L : Q.</b>			<b>40,382.40</b>

**CUADRO No. 12**

<b>COSTOS DE INVERSION DE LAS CAJAS DE REGISTRO EN LA TUBERIA DE DESCARGA</b>			
<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO UNITARIO EN QUETZALES</b>	<b>COSTO TOTAL EN QUETZALES</b>
Excavación común	30.00 m <sup>3</sup>	2.00	60.00
Excavación en presencia de agua	14.00 m <sup>3</sup>	8.00	192.00
Concreto ciclópeo	8.60 m <sup>3</sup>	80.00	688.00
Perforación de tubería	global	100.00	100.00
Escalones de bajada	global	40.00	40.00
Planchetas de protección	0.22 m <sup>3</sup>	340.00	74.80
Supervisión	global	300.00	300.00
<b>T O T A L : Q</b>			<b>1,454.80</b>

CUADRO No. 13

COSTO DE INVERSION DE PROTECCION DE CANAL DE CONDUCCION			
DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO UNITARIO EN QUETZALES	COSTO TOTAL EN QUETZALES
Retiro de material (corte y transporte)	3000 m <sup>3</sup>	2.00	6,000.00
Caviones de malla	10880 m <sup>2</sup>	1.50	16,320.00
Piedra bola colocada	2720 m <sup>3</sup>	3.00	8,160.00
Supervisión	global	3,000.00	3,000.00
T O T A L : Q			33,480.00

Los costos totales de inversión son los siguientes:

		EXPRESADO EN PORCENTAJE
Captación	Q 17,696.44	19o/o
Caja de Sedimentación	Q 40,382.40	43o/o
Tubería de Descarga	Q 1,454.80	2o/o
Protección de Canal de Conducción	Q 33,480.00	36o/o
TOTAL:	Q 93,013.64	100o/o

Tomando en cuenta que el área total de riego es de 1100 ha. y el costo total de inversión asciende a Q 93,013.64, representa un costo de inversión por hectárea de Q.84.55:

$$\frac{93013.64}{1100} = 84.55$$

#### 6.4.2 COSTO ANUAL DEL MANTENIMIENTO ACTUAL

El costo anual del mantenimiento actual de la captación, caja exagonal, tubería de salida y conducción, se expresa en el cuadro No. 14.

CUADRO No. 14

COSTO ANUAL DE MANTENIMIENTO				
DESCRIPCION	CANTIDAD	FRECUENCIA POR AÑO	COSTO UNITARIO EN QUETZALES	COSTO ANUAL
<b>Captación</b>				
Canal de llamada	global	3	200.00	Q 600.00
Dragado	75.00 m <sup>3</sup>	24	8.00	Q14,400.00
Extracción de cantos rodados	10.00 m <sup>3</sup>	12	5.00	Q 600.00
<b>Caja Exagonal</b>				
Desazolve	39.30 m <sup>3</sup>	12	12.00	Q 5,654.20
Reposición de andamios	global	1	100.00	Q 100.00
<b>Tubería de Salida</b>				
Desazolve	20.00 m <sup>3</sup>	12	10.00	Q 2,400.00
<b>Conducción</b>				
Desazolve	2790.53 m <sup>3</sup>	1	8.00	Q22,324.24
Reposición de terracería (corte y transporte)	1360.00 m <sup>3</sup>	2	4.00	Q10,880.00
<b>TOTAL:</b>				<b>Q56,958.44</b>

**6.4.3 COMPARACION ENTRE EL COSTO DE MEJORAMIENTO Y EL COSTO DEL MANTENIMIENTO ACTUAL**

Considerando que el costo de estructuras necesarias asciende a un total de Q93,013.65 y el costo anual de los trabajos de mantenimiento a Q56,958.44, se obtendrá un ahorro aparente de:

$$Q93,013.64 - Q56,958.44 = Q36,055.20 \text{ (ahorro aparente)}$$

Existe por lo tanto un ahorro de Q36,055.20 al hacer esta inversión, puesto que con ello se reducirán sustancialmente los gastos tradicionales de mantenimiento.



Si el ahorro aparente o rendimiento bruto es de Q36,055.20, el rendimiento sobre la inversión será:

$$\frac{\text{Rendimiento}}{\text{Inversión}} = \frac{36055.20}{93013.14} = 0.388$$

Esto representa un 38.8o/o de rendimiento de la inversión, es decir que la inversión fija se recuperará en 2.57 años, o sea 2 años y 7 meses aproximadamente.

Es necesario especificar que se consideró únicamente la inversión de carácter fijo y no los gastos de mantenimiento por actividades relacionadas con la limpieza de la caja de sedimentación, ni el control de las compuertas de la captación.

La inversión comparada con el actual mantenimiento, se refleja así:

$$\begin{array}{r} 93.013.64 = 62\text{o/o} \\ 56,958.44 = 38\text{o/o} \\ \hline 149,972.08 \quad 100\text{o/o} \end{array}$$

$$\frac{38}{62} = 61.2\text{o/o}$$

Si la inversión fija es del 62o/o y el mantenimiento del 38o/o, estrictamente se puede decir que el actual mantenimiento representa un 61.29o/o de lo que podría ser la inversión, pero este gasto de mantenimiento sería constante. Sin embargo al realizar las obras, el costo de la inversión se recuperaría en 2 años 7 meses como se explicó anteriormente. Es decir que a la larga conviene hacer las nuevas obras, ya que gradualmente se reduciría el mantenimiento y además se aseguraría un aprovechamiento constante, racional y efectivo de los recursos hidráulicos de la zona.

## VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

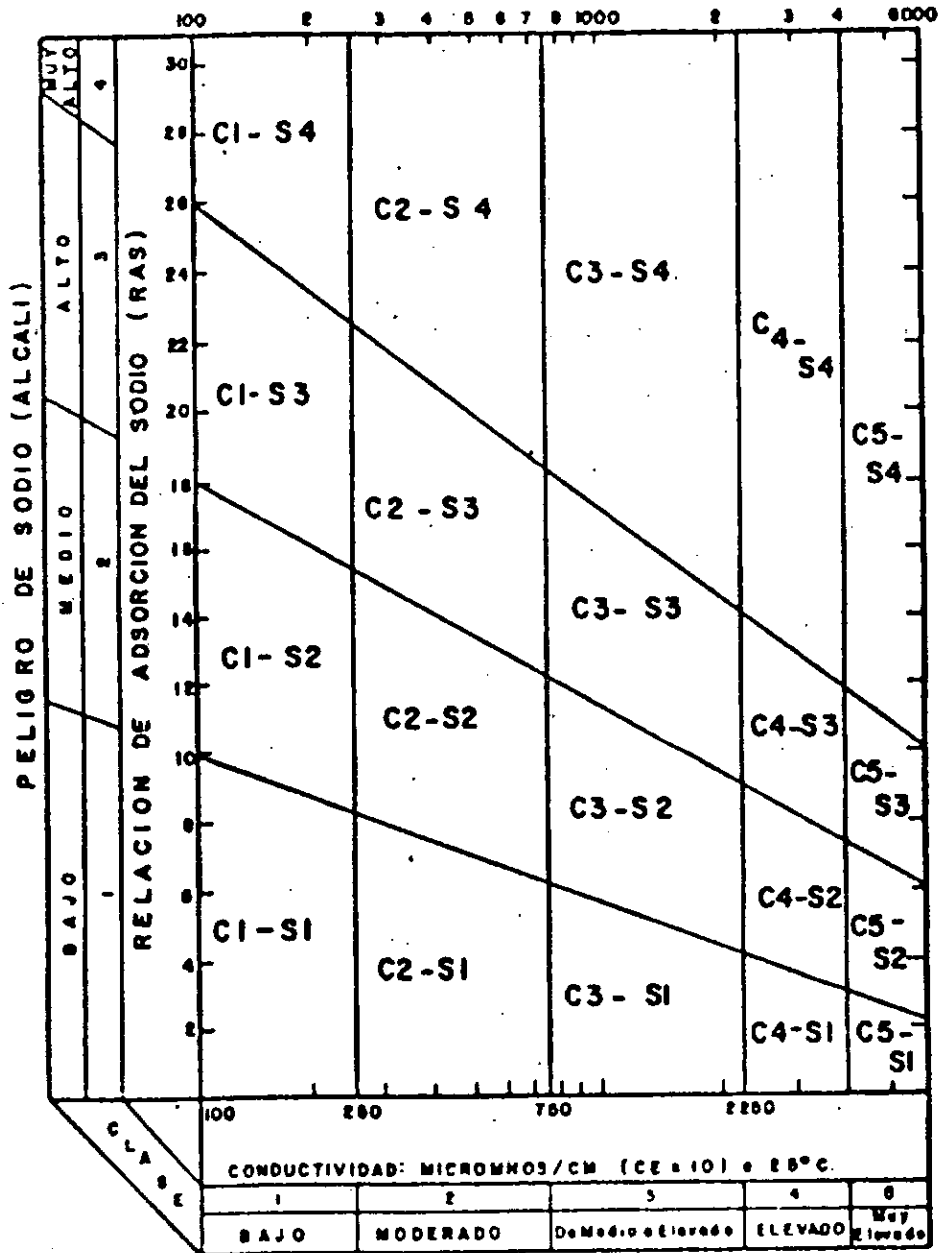
### 7.1 CONCLUSIONES

1. En los años de operación de la unidad de riego El Rancho Jícaro se detectaron serios problemas ocasionados no sólo por el mal diseño de algunas estructuras existentes, tales como la derivación y la caja de sedimentación, sino también por la carencia de cajas de registro en el túnel de descarga y falta de protección del canal de conducción primario contra la erosión producida por los taludes.
2. De los grandes volúmenes de azolve transportados por el Motagua, son introducidos anualmente  $2790.53 \text{ m}^3$  en los canales de conducción a través de la captación, limitando la sección del canal de riego.
3. La conducción, que fué diseñada para conducir un caudal de  $1.5 \text{ m}^3/\text{seg.}$ , actualmente conduce únicamente  $0.662 \text{ m}^3/\text{seg.}$ , o sea que deja de conducir el 56o/o del caudal de diseño.
4. Los volúmenes de agua aportados por la actual captación ( $0.662 \text{ m}^3/\text{seg.}$ ) alcanzan para cubrir únicamente un área de riego de 650 has., o sea que los volúmenes de agua aportados son menores que la demanda máxima actual de riego, la cual es de  $1.4 \text{ m}^3/\text{seg.}$  para cubrir 920 has. de riego.
5. Con la construcción de la nueva obra de captación se mantendrá un caudal mínimo de  $1.6 \text{ m}^3/\text{seg.}$  en época de estiaje, cubriendo así un área total de riego de 1100 has.
6. Con la nueva captación no será necesario realizar el dragado del río, debido a que esta se encontrará a un nivel más alto que el lecho del río y el material de arrastre pasará frente a la borda del primer vertedor, rodando sobre el canal sumergido.
7. La caja de sedimentación tendrá la capacidad de acumular  $139 \text{ m}^3$  de partículas en suspensión, evitando que estas sean desplazadas a lo largo de los canales.
8. La protección de los altos taludes del canal de conducción primario con gaviones de malla, evitará los azolves producidos por la erosión.
9. Según el análisis económico efectuado, el costo total de inversión de las nuevas obras es de Q93,013.64 y el costo de mantenimiento de las obras actuales es de Q56,958.44. Esto representa un ahorro aparente de Q36,055.20 al año con la construcción de las nuevas obras y un rendimiento de la inversión de 38.8o/o, lo que implica una recuperación sobre la inversión en 2 años y 7 meses aproximadamente.

## 7.2 RECOMENDACIONES

1. Es recomendable que la construcción de las nuevas obras propuestas se realice en el corto plazo con objeto de reducir los costos del mantenimiento, haciendo uso del presupuesto anual asignado al proyecto de riego El Rancho-Jícara, utilizando los recursos humanos de la unidad y la asesoría de un Ingeniero Agrónomo.
2. La conservación de las obras de riego se deberá llevar a cabo a través de un programa basado en un inventario de obras debidamente actualizado y un inventario de desperfectos que contenga en forma concreta los daños existentes. La priorización de los trabajos se hará en atención a preservar la funcionalidad del sistema.
3. Será necesario establecer programas de acción para lograr elevar la eficiencia de operación de las nuevas obras diseñadas, comprendiendo dichos programas: medición de agua a diferentes niveles (captación, conducción, distribución); instalación de estructuras de aforo en puntos seleccionados; capacitación al personal sobre el manejo de las obras (colocación de planchetas de cierre en la captación, uso de las cajas de registro, limpieza de la caja de sedimentación).

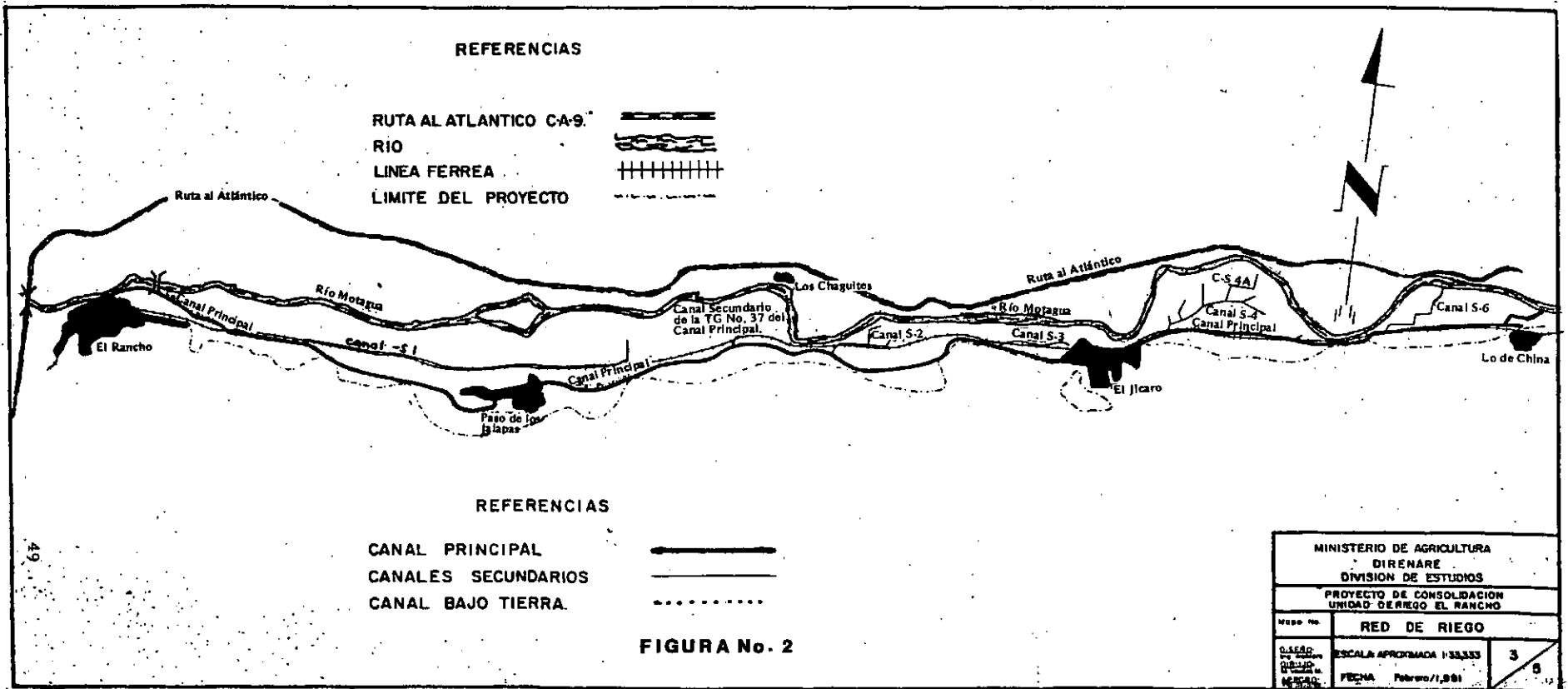
VIII. APENDICE







**PELIGRO DE SALINIDAD**

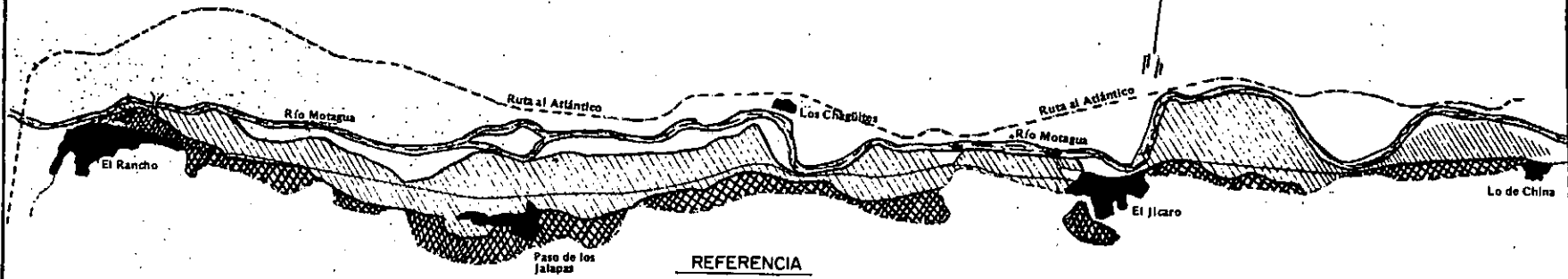
DIAGRAMA PARA LA CLASIFICACION DE LAS AGUAS PARA RIEGO

**FIGURA No. 1**

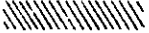



**REFERENCIAS**

- RUTA AL ATLANTICO C-A-9 
- RIO 
- LINEA FERREA 
- LIMITE DEL PROYECTO 



**REFERENCIA**

- AREA BAJO RIEGO ACTUAL  650 Has.
- INCREMENTO AREA DE RIEGO  450 Has.
- Total\_ 1,100 Has.**

**FIGURA No.3**

MINISTERIO DE AGRICULTURA			
DIRENARE			
DIVISION DE ESTUDIOS			
PROYECTO DE CONSOLIDACION			
UNIDAD DE RIEGO EL RANCHO			
Mapa No.	<b>AREAS DE RIEGO</b>		
ESCALA APROXIMADA 1:33,333	2		
FECHA Febrero / 1, 961			5

CUADRO No. 1.

MINISTERIO DE AGRICULTURA UNIDAD SECTORIAL DE PLANIFICACION Y PROYECTOS AGRICOLAS LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS								
Procedencia		AGUA RIO MOTAGUA	CAPTACION DE UNIDAD DE RIE- GO EL RANCHO					
Identificación		81-27						
PH		7.98						
CEXIO <sup>-6</sup> a 25 C°		287.50						
Solidos en Solu- ción P.P.M.		287.50						
Suma de Cationes Meq./litro.		6.09						
Suma de Aniones Meq./litro.		5.32						
Millequivalentes Por Litro.	Cationes	Ca <sup>++</sup>	1.60					
		Mg <sup>++</sup>	3.80					
		Na <sup>+</sup>	0.54					
		K <sup>+</sup>	0.15					
	Aniones	CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	0.00					
		HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	4.70					
		Cl <sup>-</sup>	0.16					
		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	---					
		SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	0.37					
% Sodio Soluble.		8.87						
RAS		0.33						
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> RES		0.00						
CLASE		C <sub>2</sub> S <sub>1</sub>						



CUADRO No. 2

DEMANDAS DE AGUA Y GASTOS REQUERIDOS PARA EL MES DE ENERO 1981			
CULTIVOS	VOLUMEN MES/HA. (m <sup>3</sup> )	SUPERFICIE EN HAS.	VOLUMEN EN MILLARES DE m <sup>3</sup>
MAIZ	1181	500	590.500
CEBOLLA	2065	90	185.850
FRIJOL	1522	50	76.100
PEPINO	1263	30	37.890
BERENJENA	1887	20	37.740
TOTALES:		690	928.080

CUADRO No. 3

DEMANDAS DE AGUA Y GASTOS REQUERIDOS PARA EL MES DE FEBRERO 1981			
CULTIVOS	VOLUMEN MES/HA. (m <sup>3</sup> )	SUPERFICIE EN HAS.	VOLUMEN EN MILLARES DE m <sup>3</sup>
MAIZ	2396	500	1198.000
TOMATE	1083	50	54.150
CHILE SER.	724	25	18.100
SANDIA	1059	80	84.720
CEBOLLA	2559	90	230.310
FRIJOL	2513	50	125.650
PEPINO	2715	30	81.450
BERENJENA	2698	20	53.960
TOTALES:		840	1846.340

CUADRO No. 4

DEMANDAS DE AGUA Y GASTOS REQUERIDOS PARA EL MES DE MARZO 1981			
CULTIVOS	VOLUMEN MES/HA. (m <sup>3</sup> )	SUPERFICIE EN HAS.	VOLUMEN EN MILLARES DE m <sup>3</sup>
MAIZ	3243	500	1621.500
TOMATE	2678	50	133.900
MELON	1093	75	81.975
CHILE SER.	1793	25	44.825
SANDIA	2459	80	196.720
CEBOLLA	2843	90	255.870
FRIJOL	2794	50	150.876
PEPINO	2648	30	79.440
BERENJENA	2533	20	50.660
<b>TOTALES:</b>		920	2615.766

CUADRO No. 5

DEMANDAS DE AGUA Y GASTOS REQUERIDOS PARA EL MES DE ABRIL 1981			
CULTIVOS	VOLUMEN MES/HA. (m <sup>3</sup> )	SUPERFICIE EN HAS.	VOLUMEN EN MILLARES DE m <sup>3</sup>
MAIZ	3815	430	1,640.450
TOMATE	3020	50	151.000
CHILE PIM.	1252	50	62.600
MELON	2611	75	195.826
CHILE SER.	1965	25	49.125
SANDIA	2600	80	214.400
CEBOLLA	1800	30	54.000
SORGO	1387	50	69.350
BERENJENA	2533	20	50.660
<b>TOTALES:</b>		810	2,487.411

CUADRO No. 6

DEMANDAS DE AGUA Y GASTOS REQUERIDOS PARA EL MES DE MAYO 1981			
CULTIVOS	VOLUMEN MES/H.A. (m <sup>3</sup> )	SUPERFICIE EN HAS.	VOLUMEN EN MILLARES DE m <sup>3</sup>
MAIZ	3050	230	701.500
TOMATE	3659	100	365.900
CHILE PIM.	2709	100	270.900
MELON	2880	45	129.600
CHILE SER.	2069	25	51.725
SANDIA	1361	20	27.220
SORGO	4293	75	321.975
TOTALES:		595	1,868.820

CUADRO No. 7

DEMANDAS DE AGUA Y GASTOS REQUERIDOS PARA EL MES DE JUNIO 1981			
CULTIVOS	VOLUMEN MES/H.A. (m <sup>3</sup> )	SUPERFICIE EN HAS.	VOLUMEN EN MILLARES DE m <sup>3</sup>
MAIZ	3283	230	755.090
TOMATE	2769	100	276.900
CHILE PIM.	2769	100	276.900
MELON	1178	45	53.010
SANDIA	2437	20	48.740
SORGO	5770	75	432.750
TOTALES:		570	1,843.390

CUADRO No. 8

DEMANDAS DE AGUA Y GASTOS REQUERIDOS PARA EL MES DE JULIO 1981			
CULTIVOS	VOLUMEN MES/HA. (m <sup>3</sup> )	SUPERFICIE EN HAS.	VOLUMEN EN MILLARES DE m <sup>3</sup>
TABACO	948	20	18.960
MAIZ	2354	230	541.420
TOMATE	3096	100	309.600
CHILE PIM.	2826	100	282.600
MELON	2596	45	116.820
SANDIA	2437	20	48.740
SORGO	5770	75	432.750
TOTALES:		590	1,750.890

CUADRO No. 9

DEMANDAS DE AGUA Y GASTOS REQUERIDOS PARA EL MES DE AGOSTO 1981			
CULTIVOS	VOLUMEN MES/HA. (m <sup>3</sup> )	SUPERFICIE EN HAS.	VOLUMEN EN MILLARES DE m <sup>3</sup>
TABACO	1757	480	843.360
TOMATE	2193	100	219.300
CHILE PIM.	2791	50	139.550
MELON	2719	45	122.355
SORGO	2159	50	107.950
TOTALES:		725	1,432.515

CUADRO No. 10

DEMANDAS DE AGUA Y GASTOS REQUERIDOS PARA EL MES DE SEPTIEMBRE 1981			
CULTIVOS	VOLUMEN MES/H.A. (m <sup>3</sup> )	SUPERFICIE EN HAS.	VOLUMEN EN MILLARES DE m <sup>3</sup>
TABACO	2413	750	1,809.750
CHILE PIM.	1252	100	125.200
CHILE SER.	1157	75	86.775
TOTALES:		925	2,021.725

CUADRO No. 11

DEMANDAS DE AGUA Y GASTOS REQUERIDOS PARA EL MES DE OCTUBRE 1981			
CULTIVOS	VOLUMEN MES/H.A. (m <sup>3</sup> )	SUPERFICIE EN HAS.	VOLUMEN EN MILLARES DE m <sup>3</sup>
TABACO	2596	750	1,947.000
CHILE SER.	2363	75	177.225
TOTALES:		825	2,124.225

CUADRO No. 12

DEMANDAS DE AGUA Y GASTOS REQUERIDOS PARA EL MES DE NOVIEMBRE 1981			
CULTIVOS	VOLUMEN MES/HA. (m <sup>3</sup> )	SUPERFICIE EN HAS.	VOLUMEN EN MILLARES DE m <sup>3</sup>
TABACO	2409	750	1,806.750
CHILE SER.	2391	75	179.325
TOTALES:		825	1,986.075

CUADRO No. 13

DEMANDAS DE AGUA Y GASTOS REQUERIDOS PARA EL MES DE DICIEMBRE 1981			
CULTIVOS	VOLUMEN MES/HA. (m <sup>3</sup> )	SUPERFICIE EN HAS.	VOLUMEN EN MILLARES DE m <sup>3</sup>
TABACO	2022	750	1,516.500
CHILE SER.	2443	75	183.225
TOTALES:		825	1,699.725

CUADRO No. 14

TAMAÑO DE LAS PARTICULAS					
MUESTRA DE CANAL PRIMARIO, ESTACION 0+000					
VOLUMEN MUESTRA 1000 ml.	MILIMETROS	MICRON	MESH	PULGADAS	CANTIDAD DE MUESTRA EXPRESADA EN %
5	0.30	300	48	0.0117	0.5
45	0.50	500	28	0.0234	4.5
50	1.00	1000	14	0.0469	5.0
200	2.00	2000	8	0.0937	20.0
700	5.00	5000	4	0.1874	70.0

CUADRO No. 15

TAMAÑO DE LAS PARTICULAS					
MUESTRA DE CANAL PRIMARIO, ESTACION 1+000					
VOLUMEN MUESTRA 500 ml.	MILIMETROS	MICRON	MESH	PULGADAS	CANTIDAD DE MUESTRA EXPRESADA EN %
30	0.30	300	48	0.0117	3
70	0.50	500	28	0.0234	7
100	1.00	1000	14	0.0469	10
800	2.00	2000	8	0.0937	80
0	5.00	5000	4	0.1874	0

CUADRO No. 16

TAMAÑO DE LAS PARTICULAS					
MUESTRA DE CANAL PRIMARIO, ESTACION 2+000					
VOLUMEN MUESTRA 500 ml.	MILIMETROS	MICRON	MESH	PULGADAS	CANTIDAD DE MUESTRA EXPRESADA EN %
25	0.15	150	100	0.0059	5
75	0.30	300	48	0.0117	15
100	0.50	500	28	0.0234	20
100	1.00	1000	14	0.0469	20
200	2.00	2000	8	0.0937	40

CUADRO No. 17

TAMAÑO DE LAS PARTICULAS					
MUESTRA DE CANAL PRIMARIO, ESTACION 3+000					
VOLUMEN MUESTRA 500 ml.	MILIMETROS	MICRON	MESH	PULGADAS	CANTIDAD DE MUESTRA EXPRESADA EN %
100	0.07	70	200	0.0029	20
100	0.15	150	100	0.0059	20
200	0.30	300	48	0.0117	40
50	0.50	500	28	0.0469	10
50	1.00	1000	14	0.0390	10



CUADRO No. 18

TAMAÑO DE LAS PARTICULAS					
MUESTRA DE CANAL PRIMARIO, ESTACION 4+000					
VOLUMEN MUESTRA 500 ml.	MILIMETROS	MICRON	MESH	PULGADAS	CANTIDAD DE MUESTRA EXPRESADA EN %
200	0.07	70	200	0.0029	40
100	0.15	150	100	0.0059	20
100	0.30	300	48	0.0117	20
75	0.50	500	28	0.0469	15
25	1.00	1000	14	0.0390	5

CUADRO No. 19

TAMAÑO DE LAS PARTICULAS					
MUESTRA DE CANAL SECUNDARIO No. 1, ESTACION 3+000					
VOLUMEN MUESTRA 500 ml.	MILIMETROS	MICRON	MESH	PULGADAS	CANTIDAD DE MUESTRA EXPRESADA EN %
100	0.07	70	200	0.0029	20
150	0.15	150	100	0.0059	30
150	0.30	300	48	0.0117	30
50	0.50	500	28	0.0469	10
50	1.00	1000	14	0.0390	10

DESCRIPCION DEL CANAL  
SECUNDARIO No. 1

Se deriva del canal primario en la estación 2+802.38. Consta de las dimensiones siguientes:  
 $b_1$  0.50 mts.,  $b_2$  1.90 mts., 0.70 mts. de altura y 3.98 kilómetros de largo.

Datos hidráulicos:

Caudal (Q)	=	0.18 m <sup>3</sup> /seg.
Coefficiente de rugosidad (N)	=	0.014
Velocidad (V)	=	0.80 mts./seg.
Area (A)	=	0.84 m <sup>2</sup>
Radio Hidráulico (R)	=	0.33 mts.

Pendiente (S):

De estación	0+000	a	estación 0+600	=	1.50o/o
De estación	0+600	a	estación 1+400	=	1.49o/o
De estación	1+400	a	estación 2+200	=	3.00o/o
De estación	2+200	a	estación 3+980	=	8.18o/o

DESCRIPCION DEL CANAL  
SECUNDARIO No. 2

Se deriva del canal primario en la estación 10+156.84. Consta de las dimensiones siguientes:  
 $b_1$  0.30 mts.,  $b_2$  0.80 mts., 0.25 mts. de altura y 0.47 kilómetros de largo.

Datos hidráulicos:

Caudal (Q)	=	0.025 m <sup>3</sup> /seg.
Coefficiente de Rugosidad (N)	=	0.014
Velocidad (V)	=	0.7 mts./seg.
Area (A)	=	0.15 m <sup>2</sup>
Radio Hidráulico (R)	=	0.13 mts.

Pendiente (S):

De estación	0+000	a	estación 0+435	=	1.50o/o
De estación	0+435	a	estación 0+445	=	1.45o/o
De estación	0+445	a	estación 0+470	=	4.00o/o

## DESCRIPCION DEL CANAL SECUNDARIO No. 3

Se deriva del canal primario en la estación 12+138.80. Consta de las dimensiones siguientes:  $b_1$  0.35 mts.,  $b_2$  0.85 mts., una altura de 0.25 mts. y 129 kilómetros de largo.

### Datos hidráulicos

Caudal (Q)	=	0.04. m <sup>3</sup> /seg.
Coefficiente de rugosidad (N)	=	0.014
Velocidad (V)	=	0.85 mts./seg.
Area (A)	=	0.15 m <sup>2</sup>
Radio hidráulico (R)	=	0.13 mts.

### Pendientes (S):

De estación	0+000	a	estación 0+300	=	1.3o/o
De estación	0+300	a	estación 0+800	=	1.5o/o
De estación	0+800	a	estación 1+200	=	2.7o/o

## DESCRIPCION DEL CANAL SECUNDARIO No. 4

Se deriva del canal primario en la estación 14+427.50. Consta de las siguientes dimensiones:  $b_1$  0.30 mts.,  $b_2$  0.70., 0.40 metros de altura y 1.20 kilómetros de largo.

### Datos hidráulicos:

Caudal (Q)	=	0.06 m <sup>3</sup>
Coefficiente de rugosidad (N)	=	0.015
Velocidad (V)	=	0.54. mts./seg.
Area (A)	=	0.112 m <sup>2</sup>
Radio hidráulico (R)	=	0.2 mts.

### Pendiente (S):

De estación	0+149	a	estación 0+857	=	2.5o/o
De estación	0+857	a	estación 1+800	=	1.0o/o

**DESCRIPCION DEL CANAL  
SECUNDARIO No. 5.**

Se deriva del canal primario en la estación 14+595.40. Consta de las siguientes dimensiones:  $b_1$  0.30 mts.,  $b_2$  0.80 mts., una altura de 0.25 mts. y 1.40 kilómetros de largo.

**Datos hidráulicos:**

Caudal (Q)	=	0.06 m <sup>3</sup> .
Coefficiente de rugosidad (N)	=	0.015
Velocidad (V)	=	0.75 mts./seg.
Area (A)	=	0.08 m <sup>2</sup>
Radio hidráulico (R)	=	0.12. mts.


**DESCRIPCION DEL CANAL  
SECUNDARIO No. 6**

Se deriva del canal primario en la estación 17+153.90. Consta de las dimensiones siguientes:  $b_1$  0.30 mts.,  $b_2$  0.80 mts., 0.25 metros de altura y 0.17 kilómetros de largo.

**Datos hidráulicos:**

Caudal (Q)	=	0.04 m <sup>3</sup>
Coefficiente de rugosidad (N)	=	0.015
Velocidad (V)	=	0.80 mts./seg.
Area (A)	=	0.07 m <sup>2</sup>
Radio hidráulico (R)	=	0.15 mts.

## S I M B O L O G I A

°C	=	grados centígrados
C.A.	=	carretera al atlántico
C.E.	=	conductividad eléctrica
cm.	=	centímetros
C.N.	=	carretera al norte
g.	=	gramos
has.	=	hectáreas
kms.	=	kilómetros
lts.	=	litros
m.	=	metros
ml.	=	mililitros
mm.	=	milímetros
P.H.	=	potencial de hidrógeno
PPM	=	partes por millón
Q	=	caudal
RAS	=	relación de absorción de sodio
seg.	=	segundos
ton.	=	toneladas
	=	micra

## IX. BIBLIOGRAFIA

1. ALFARO, J.E. Normas y procedimientos para la planificación integral de proyectos de riego. Guatemala, Banco Interamericano de Desarrollo, 1975. 67 p. (mimeo.).
2. ALLINSON, L.E. et al. Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. Traducción del inglés por Nicolás Sánchez Durón. México, Limusa, 1977. 172 p.
3. CHUP LIM, CHEONG. La ordenación integral de las aguas en la agricultura. Roma, Italia, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación Estudio sobre Riego y Avenamiento No. 10, 1974. 30 p.
4. GARCIA SANCHEZ, N.S. Transportes de sedimentos. México, Universidad Autónoma de Chapingo. Boletín Técnico No. 24, 1981. 102. p.
5. GUATEMALA. DIRECCION GENERAL DE SERVICIOS AGRICOLAS/DIRECCION DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES. Segundo programa de riego y drenaje, proyecto de consolidación de la unidad de riego El Rancho-Jícaro, Guatemala, 1981. 173 p.
6. GUATEMALA. INSTITUTO NACIONAL DE SISMOLOGIA, VULCANOLOGIA, METEOROLOGIA E HIDROLOGIA. SECCION DE AGUAS SUPERFICIALES. Boletín hidrológico No. 11, año hidrológico 1979-1980. pp. 119-120.
7. ISRAELSEN, D. y HANSEN, V. Principios y aplicaciones del riego. 2a. ed. Madrid, España, Reverté, 1979. 315. p.
8. MENDEZ MERIDA, J.A. Evaluación del desarrollo agrícola en la unidad de riego El Rancho-Jícaro. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía, 1979. 89 p.
9. MILLIGAN, CLEVE. Manejo de agua. Mérida, Venezuela, Centro Interamericano de Desarrollo Integral de Aguas y Tierras, 1975. 21 p. (mimeo).
10. PROYECTO HIDROMETEREOLOGICO centroamericano. Notas sobre transporte de sedimento; segunda parte. Guatemala, DIRENARE, 1976. 168 p. (Publicación No. 125).
11. ROBLES ESPINOZA, J. y ESPINOZA DE LEON, E. Utilización de las experiencias obtenidas en la operación de los distritos de riego para su planeación y mejoramiento. México, Fundación Alemana para el Desarrollo Internacional, 1972. pp. 47-67. (Trabajo presentado al Seminario Internacional sobre Manejo y Uso del Agua en los Distritos de Riego. México, 1972).

12. **SAGARDOY, J.A.** La planificación de la operación y el manejo de los sistemas de riego. México, Fundación Alemana para el Desarrollo Internacional, 1972. pp. 1-26. (Trabajo presentado al Seminario Internacional sobre Manejo y Uso del Agua en los Distritos de Riego. México, 1972).
13. **SEMINARIO INTERNACIONAL** sobre el manejo y uso del agua en los distritos de riego. México, 1972. Recomendaciones. México, Fundación Alemana para el Desarrollo Internacional, 1972. pp. 235-244.
14. **SEMINARIO INTERNACIONAL** sobre planificación de proyectos de irrigación. Berlín Tegel, Alemania, 1970. Alemania, Fundación Alemana para el Desarrollo Internacional, 1970. 15 p. (mimeo.).
15. **TAKAMIYA, KAZUKI.** Manejo de aguas para agricultura a nivel parcelario. San José, Costa Rica, organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 1974. 29 p. (Trabajo presentado al Seminario sobre Manejo de Riego y Drenaje a Nivel de Parcela en Centroamérica y Panamá, San José, Costa Rica, 1974).
16. **TOBAR ROMERO, L.A.** Monografía de la Aldea Palo Amontonado, El Progreso, Guastatoya. Monografía EPSA. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía, 1981. 50 p.
17. **WIENER, A.** La situación de la alimentación en el mundo y los proyectos de riego. México, Secretaría de Recursos Hidráulicos, Memorándum Técnico No. 349, 1976. 31 p.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.


Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia .....
Asunto .....
.....

"IMPRIMASE"



  
DR. ANTONIO A. SANDOVAL S.  
D E C A N O