

**"ANTEPROYECTO PARA LA RECUPERACION DEL
SISTEMA DE RIEGO CARIACO - II ETAPA -
SECTOR LAS MANOAS"**

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
por los Bachilleres

PEREZ P., TERESA

RINCONES, YURUBI

URBINA, FRANKLIN

Para optar al Titulo de
INGENERO CIVIL

Caracas, Mayo 1987

**"ANTEPROYECTO PARA LA RECUPERACION DEL
SISTEMA DE RIEGO CARIACO - II ETAPA -
SECTOR LAS MANOAS"**

TUTOR:

Ing. Gonzalo Freites

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
por los Bachilleres

PEREZ P., TERESA

RINCONES, YURUBI

URBINA, FRANKLIN

Para optar al Titulo de
INGENIERO CIVIL

Caracas, Mayo 1987

D E D I C A T O R I A

A mis padres, a mis hermanas y a mi sobrino

Yurubi Rincones.

A mi abuela, mis padres, esposa e hija por ser los motivos de este
esfuerzo y tenerme tanta paciencia.

Franklin A. Urbina U.

A mis Padres y Hermanos, quienes en todo momento
supieron brindarme su apoyo y comprensión. Y a ti que has
sido luz y guía en el sendero de mi vida

N.S

Teresa Pérez P.

A G R A D E C I M I E N T O

AGRADECIMIENTO.-

- Al profesor GONZALO FREITES, tutor de este trabajo, por el interes mostrado en la elaboraci3n del mismo.

- A los profesores JOSEBA DE ONDIZ y HUGO SATURNO, por los consejos dados en los momentos de incertidumbre

- Al personal que labora en el SISTEMA DE RIEGO CARIACO, por permitirnos el uso de sus instalaciones y compartir sus experiencias personales.

- A la DIRECCION GENERAL DE RIEGO (M.A.C.).

- A la OFICINA NACIONAL DE CATASTRO (M.A.C.), especialmente al Sr. Carlos Luis Garcia L. por su valiosa colaboraci3n en cuanto a reproducci3n se refiere.

Y a todas aquellas personas que de una u otra forma prestaron su valiosa colaboraci3n en la realizaci3n de este trabajo.

A todos,

...gracias.-

R E S U M E N

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo es el de plantear una solución técnica a título de anteproyecto , para la recuperación y puesta en operación de la Segunda Etapa del Sistema de Riego Cariaco, incorporando el "Sector las Mancoas" al proyecto de Riego por Aspersión; planteándose para este fin el rescate y puesta en funcionamiento de la infraestructura ya construida, que en la actualidad solo ha representando una inversión muerta.

I N D I C E

I N D I C E

Dedicatoria

Agradecimiento

Resumen

1.- Introducción.....	1
2.- Antecedentes.....	5
3.- Descripción de la Zona.....	12
- Ubicación.....	12
- Ubicación Política.....	12
- Ubicación Geográfica.....	12
- Ubicación Hidrográfica.....	12
- Superficie.....	13
- Factores Agrológicos.....	16
- Geomorfología.....	16
- Topografía.....	17
- Suelos.....	19
- Factores Climáticos.....	28
- Precipitación.....	28
- Evaporación.....	29
- Humedad Relativa.....	29
- Temperatura.....	29
- Vientos.....	30
- Recursos Hidráulicos.....	32
4.- Infraestructura.....	34

- Obra de Captación.....	34
- Obra de Toma-Derivación.....	50
- Red de Distribución.....	51
- Obras de Riego-Vialidad-Drenaje.....	53
- Infraestructura construida no utilizada.....	59
5.- Cálculo de la Demanda de Agua para Riego.....	62
- Factores que influyen en el cálculo de la de-- manda.....	62
- Factores Edafoclimáticos.....	64
- Factores Agrológicos.....	64
- Factores Legales, Institucionales y Humanos.....	66
- Factores de Ingeniería.....	67
6.- Procedimientos para estimar la Evapotranspira-- ción.....	72
- En base a la radiación neta.....	72
(Fórmula de Penman)	
- En base a medidas de radiación solar.....	73
(Fórmula de Jensen y Haise)	
- En base a la evaporación del tanque.....	74
(Pruitt, Anderson, Grassi y Christiansen)	
- En base a datos climáticos.....	76
(Fórmulas de: Blaney y Criddle, Grassi-Chris- tiansen, Hargreaves)	
- Método de Thornthwaite.....	82

7.- Método de Riego Asociado a la Evapotranspiración.....	87
8.- Procedimiento teórico para el cálculo de la demanda.....	95
- Ejemplo Numérico.....	99
9.- Método de Riego a Implementar.....	102
10- Criterio para el trazado de la tubería.....	104
11- Cálculo del gasto de Diseño.....	106
12- Selección de la Tubería.....	116
13- Conclusiones	
14- Recomendaciones	
15- Anexos	
16- Bibliografía	

1.- I N T R O D U C C I O N

INTRODUCCION

La Política económica adoptada por un país influye de manera decisiva en el desarrollo del mismo, ya que dicha política contempla un patrón a seguirse para lograr un mejor manejo de sus recursos con la finalidad de obtener mayores y mejores beneficios.

Venezuela a través de su historia, de un modo u otro, se ha presentado ante el resto del mundo como país esencialmente monoprodutor. Aspecto éste que comprobamos al dar un recorrido a lo largo de su historia económica.

Una vez conquistada por los Españoles, Venezuela comienza un desarrollo gradual de su Agricultura; llegando ésta a representar las bases económicas del país, para la época. Viéndose truncado este proceso con el surgimiento del Petróleo, quien con sus perspectivas halagadoras desplazó, a un segundo plano a la agricultura. Lo expuesto hasta los momentos nos permite recalcar su condición de país Monoprodutor al observar como Venezuela ante la aparición de un nuevo producto se inclina a la explotación única del mismo; hasta el punto de concentrar toda su atención sobre él desplazando a un segundo lugar el

producto que antes venia representando la base económica del País, ya que lo deseable hubiese sido optar por un desarrollo paralelo (o casi paralelo) de sus recursos, obteniendo de este modo mayor rentabilidad en sus ingresos.

El analizar la situación actual nos permite evaluar las consecuencias de esta política, que no es más que el depender de un producto que proporciona ingresos variables como consecuencia de un mercado competitivo que lleva a la inestabilidad de sus precios y por lo tanto de sus ganancias. Todo esto lleva a pensar en el desarrollo de la agricultura como un factor compensador de nuestra economía.

Para ello es necesario tener en consideración que no se cuenta en el País con una gran proporción de zonas aptas para el desarrollo de la agricultura, ya que no presentan la combinación más favorable de suelo-agua en cantidad y calidad, así como la presencia de un clima benigno.

Siendo necesario para su desarrollo y aprovechamiento una técnica conocida como riego, el cual es la práctica de ingeniería más obvia para elevar la eficiencia del agua y la tierra.

Esta técnica debe partir de un principio

conservacionista, porque si se usa de una forma irreflexiva deteriora, mengua o estingue al suelo y/o al agua como recursos; la utilización racional del riego mejora su aptitud natural y preserva su capacidad productiva.

Pero, no sólo el abuso indebido de los recursos renovables sino también la ineficiente utilización de ellos, es una forma negativa de la conservación a través del riego. Si el agua se usa ineficientemente, se hace también ineficiente el uso del suelo. Si la tierra no se usa con eficiencia, tampoco resulta eficiente la utilización del agua. Si la tierra es fértil, la aplicación de mucha o de muy poca agua, significa perder los minerales que podrían aprovechar los cultivos. Si el agua es abundante, la aplicación de insuficiente abono o la defensa inoportuna de plagas o peste, significa desperdiciar el aporte del riego a la productividad vegetal. Es una consecuencia del principio de los elementos limitantes. Por lo tanto no utilizar cabalmente la tierra y el agua según su capacidad es también un despilfarro, como lo es el usarlos a una intensidad superior a su capacidad.

Usando los comentarios mencionados anteriormente, los autores del presente trabajo esperan aportar ideas para el caso de las tierras pertenecientes al Valle de Cariaco;

sitio en el cual ya se encuentra parcialmente construido un sistema de riego, el cual es motivo de estudio en este trabajo y que conduzcan al desarrollo y optimización de una parte del sistema que actualmente es ineficientemente explotado, aprovechando para tal fin el empleo de infraestructuras ya construidas y nunca utilizadas como el caso de la estación de bombeo y un estanque regulador para riego por aspersión.

2.- A N T E C E D E N T E S

ANTECEDENTES:

La zona de Cariaco forma parte de una depresión marina de 12.000 Has. aproximadamente, parcialmente cubierta por los conos de deyección de los ríos Carinicuao, Casanay y por la formación de una zona del Delta Aluvial, constituidas estas estructuras Geológicas por los sedimentos arrastrados por los ríos mencionados y las quebradas existentes en la zona, que al llegar a la depresión y disminuir la pendiente, origina una disminución en la velocidad del agua ocurriendo una deposición del material transportado por los cauces mencionados.

La situación del Cono de Deyección del río Carinicuao en la depresión ha provocado por otra parte la formación de dos lagunas, llamadas Buena Vista (en el lado Este) y Campoma (en el lado Oeste), las cuales se encuentran inexploradas en la actualidad.

Partiendo de una idea racional de economía y de rentabilidad de los trabajos se eligió la zona que cubre el Cono de Deyección del Río Carinicuao, ya que por experiencia se sabe que todas las superficies aluviales son

ricas áreas agrícolas, por la fertilidad de los suelos que en ella se forman.

Por tal razón los estudios para regar dichas tierras comenzaron en el año de 1948, siendo las posibilidades de desarrollo bastante diferentes ya que involucran soluciones más o menos complejas y en consecuencia costosas.

Esta decisión fue tomada por la Dirección de Obras Hidráulicas del Ministerio de Obras Públicas basándose en estudios edafológicos y socio-económicos de la zona.

Con tal fin se procedió a la elaboración de un proyecto de riego por gravedad (1961) en la persona del Ing. Hipólito Kwiers R. procediéndose luego a su ejecución en el periodo (1962-1965), en su primera concepción constaría de un canal principal de sección trapezoidal y revestido de concreto con un gasto máximo de $13 \text{ m}^3/\text{seg}$.

De el canal principal partirían siete (7) canales laterales, también revestidos de concreto, desde el L1 al L7.

De los canales laterales arrancarían a su vez los canales sublaterales, con una extensión total de canales

para riego de 45,9 Km; también estaba prevista para el drenaje de la zona de riego una red de canales en tierra de 43.2 Km de longitud. Paralelamente al estudio y construcción de dichas obras se procedió al proyecto y ejecución de la obra de embalse, primero se localizó un sitio de presa sobre el río "Carinicuaó", denominado "El Negro" aguas abajo de la confluencia de los ríos Clavellino y Grande, con un rendimiento medio anual de $236 \times 10^6 \text{ m}^3$. Lastimosamente el resultado geotécnico del sitio resultó desfavorable (1961) por lo cual se localizó otro sitio de presa sobre el río Clavellino en las cercanías de la población de Santa Cruz, con un rendimiento medio anual de $158 \times 10^6 \text{ m}^3$, un poco menor que el anterior.

El proyecto de la presa Clavellino ó Ing. Rafel Vegas León se elaboró en el año 1961 para regar 6000 has correspondiente a la zona Cariaco-Casanay, suministrar 1000 Lps para la isla de Margarita y Coche por medio de una tubería submarina y el control de inundaciones, notándose que es de propósito múltiple. La construcción siguiente de la presa se terminó en el año 1968.

Luego del inicio de la construcción del sistema de riego por gravedad, la Dirección de Obras Hidráulicas del M.O.F. en el año de 1965 toma la decisión a través de la

Sección de Riego de cambiar el sistema a riego por aspersion debido a la presencia de estratos superficiales de arena que en muchos lugares afloraban o quedarían descubiertos una vez se nivelaran, originando una desminución en la eficiencia y aumento en el consumo de agua, quedando esta decisión confirmada al conocer los resultados del análisis del estudio agrológico y clasificación de tierras con fines de riego detallado del valle Cariaco-Casanay concluido en el año 1967 y la determinación exacta de las áreas regables y los requerimientos de riego correspondiente 1967 y 1969, los cuales recomendaban que para optimizar el aprovechamiento de los recursos suelo-agua es recomendable emplear un sistema de riego más tecnificado.

El proyecto de riego por aspersion se dividió en dos etapas, la primera etapa, proyectada por el Ing. Gonzalo Freites, se terminó de construir en el año 1968, la cual consta de un canal principal (2) canales laterales que alimentan (4) estaciones de bombeo que operan en forma semiautomática y de las cuales parten tuberías de asbestos-cemento que funcionan de red terciaria. Este Sistema es el que funciona actualmente y está proyectado para regar 740 has.

El proyecto de la segunda etapa de riego por aspersion

se encomendó a la "Societe Grenobloise d'Etudes et d'Applications Hydrauliques" SOGREAH para el desarrollo de 3.000 has. en dos sectores Este y Oeste, para lo cual se proyectó una estación de bombeo única para los dos sectores independientes que se alimenta del canal principal, dada sus características de ubicación y capacidad. Complementándose con el proyecto de dos redes independientes de tuberías enterradas, que cumplieran con un trazado económico el cual sería de estructura ramificada, y que sería puestas bajo presión por la estación de bombeo.

Todo el conjunto funcionaría de una forma automática y a la demanda de los usuarios, regulando el funcionamiento del mando de los equipos de bombeo por detección de los niveles del plano de agua en un estanque abierto, alimentado por la estación de bombeo; con la cual se optimizaría la operación del Sistema. El proyecto se terminó en el año de 1969.

La construcción de la estación de bombeo (Infraestructura) y el estanque de regulación se concluyó en el año de 1974. En este mismo año (1974) inexplicablemente la comisión de Obras Hidráulicas del MOP acuerda cambiar el método de riego de aspersion a gravedad, paralizando la obra: Conexión Estanque elevado -Estación de Bombeo e

instalación de la red de riego que debía iniciarse en el sector Oeste (Campoma).

Este cambio en el proyecto fue encomendado a el Ing. Roque Yoris, el cual elaboró un nuevo proyecto usando canales primarios y secundarios, en 1976 se comienza la construcción de la red que sufrió retardos y paralizaciones hasta la fecha, sin encontrarse concluida por varias razones, el diseño incompleto o falta total de algunas estructuras que se resolvieron dando solución en sitio, aunque siguen faltando estructuras como: tomas, partidores, canales de drenaje, en algunas zonas problemas de índole legal (tenencia de tierras, pago de bienhechurías), así como toda la red terciaria de vialidad, riego y drenaje mientras no se defina el patrón de asentamiento; hasta finales del año 1985 no se concluyó la impermeabilización de los canales secundarios para dar inicio a las pruebas de conducción.

Los canales construidos en el Sector no han sido utilizados.

Considerando que existe una infraestructura valiosa que permite regar por aspersion una zona importante del Sistema de Riego es que se presenta en esta tesis la alternativa de continuar los estudios realizados por la Sección de Riego del M.O.P. y de la empresa Francesa

S.G.R.E.A.H. para regar por aspersion el sector de las
Mandas.

3.- D E S C R I P C I O N
D E L A Z O N A

3.- DESCRIPCION DE LA ZONA

UBICACION.-

UBICACION POLITICA:

Politicamente, el Sistema de Riego se encuentra ubicado en el Estado Sucre, Distrito Ribero, Municipio Cariaco.

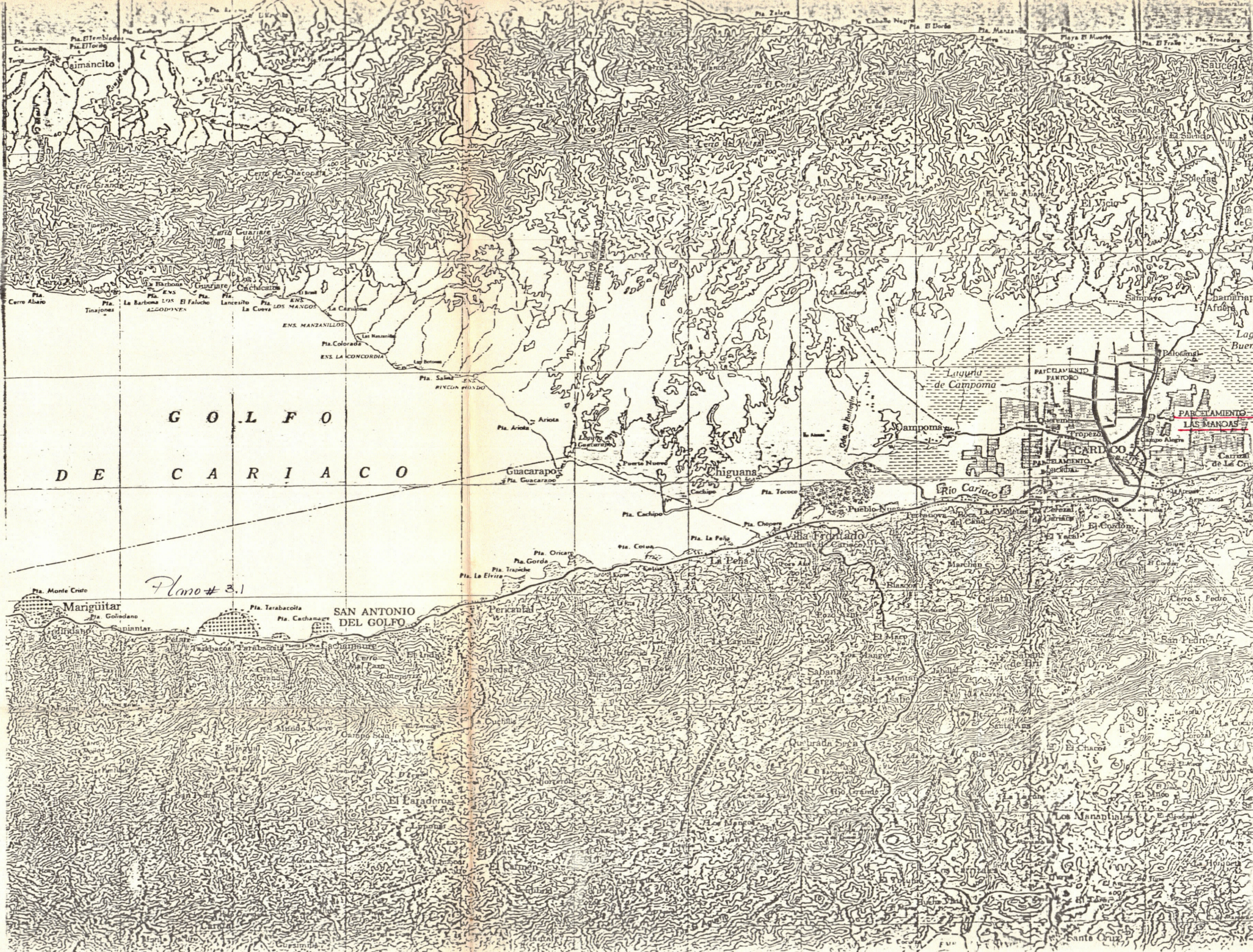
Limitando al Norte, Este y Oeste con las Lagunas de Buena Vista y Campoma y por el Sur con las carreteras : Cariaco-Casanay y Cumaná-Cariaco. (Plano 3.1)

UBICACION GEOGRAFICA:

El área considerada como zona de influencia, del proyecto, se encuentra aproximadamente entre los Paralelos $10^{\circ} 30'$ y $10^{\circ} 32'$ de Latitud Norte y entre los Meridianos $63^{\circ} 31'$ y $63^{\circ} 38'$ de Longitud Oeste.

UBICACION HIDROGRAFICA:

El área en estudio forma parte de la Cuenca Hidrográfica Cariaco-Casanay, la cual es alimentada por los ríos Grande y Clavellinos, y por una extensa red de torrentes, quebradas y manantiales.



G O L F O

D E C A R I A C O

Plano # 3.1

SAN ANTONIO DEL GOLFO

PARCELAMIENTO LAS MANOAS

CARIACO

Rio Cariaco

Mariguítar

Pericantá

Villa Trujillo

Caratal

San Pedro

Los Manapiales

Santa Cruz

SUPERFICIE.

El Sistema de Riego Cariaco, cuenta con una superficie total de 4010 ha de tierra bruta; considerandose de las mismas 3480 Ha como superficie neta regable las cuales vienen a representar el 87% de la superficie total.

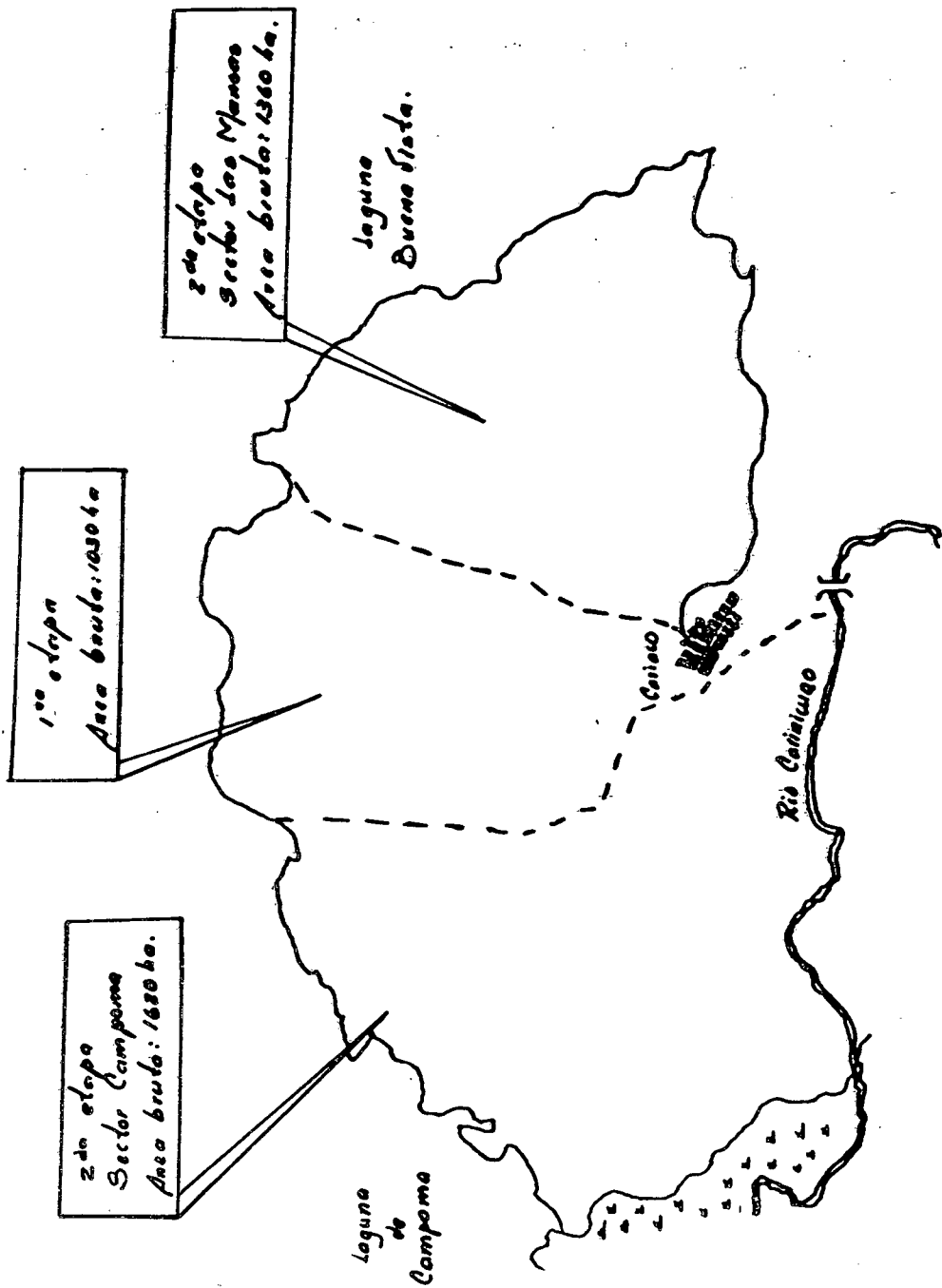
La zona en cuestión fue concebida para ser desarrollada en tres etapas:

I ETAPA:

Ubicada en la zona Centro-Norte del Sistema de Riego, limitando al Norte con la Laguna de Campoma; al Sur con la carretera Cumaná-Cariaco; al Este con la Carretera Cariaco-Carúpano y al Oeste con la segunda etapa del Sistema.

Ocupa una superficie total de 1030 ha, de las cuales 720 ha son consideradas como área neta regable (representando un 25% del total).

Esta etapa se encuentra en la actualidad regada por aspersión, produciéndose en la misma: melón, berenjena, auyama, batata, tomate, lechoza, pimentón, caraota, caña de azúcar, ají picante, plátano y yuca. (Plano 3.2)



PLANO # 3.2

II ETAPA (Sector Oeste-Campoma):

Está ubicada en el sector Oeste del Sistema, limitando al Norte con la Laguna de Campoma; al Sur con la carretera Cumaná-Cariaco; al Oeste con el caserío de Campoma y al Este con la primera etapa del sistema de riego.

La segunda etapa del Sistema de Riego Cariaco; posee una superficie a desarrollar de 1620 ha de las cuales 1327 ha son consideradas como área neta regable, pero de las mismas sólo son aprovechables 976 Ha, las cuales representan un 32,2% del área total regable, por haberse destinado las restantes a fines docentes y de investigación. Dicha etapa cuenta con una red de canales para riego, los cuales no han sido utilizados. (Plano 3.2)

II ETAPA (Sector Este-Las Manoas):

Se encuentra ubicada en el sector Este del Sistema, limitada al Norte y Este con la Laguna de Buena Vista; al Sur con la carretera Cariaco-Casanay y por el Oeste con la carretera Cariaco-Cardpano

La tercera etapa del Sistema de Riego Cariaco, posee una superficie a desarrollar de 1360 ha. y un área neta de 1260 ha, de las cuales 1200 ha son regables. Actualmente se aprovecha un promedio de 834 ha. Constituyendo la etapa en estudio del anteproyecto a presentar por los autores.

(Plan 3.2)

FACTORES AGROLOGICOS

GEOMORFOLOGIA.-

El golfo de Cariaco lo constituye una antigua fosa tectónica, alargada, con dirección Este - Oeste. Situada en la región Nor-Oriental semiárida del país, habiéndose originado por rellenamiento el valle Cariaco - Casanay.

El origen marino de las capas inferiores queda descubierto al encontrarse en los estratos arenosos profundos; numerosos restos de conchas y caracoles y otras especies pertenecientes a la fauna marina.

La cuenca del río Carinicuaó se considera incluida en la zona flanco - norte de la serranía de Bergantín, estructura simple de segundo orden.

Sobre esta estructura de segundo orden han actuado, a través de los años, fuerzas destructoras. Fuerzas estas que pueden ser clasificadas en:

1.- Fuerzas Naturales: Los torrentes: que se forman durante las épocas de lluvia.

Las gotas de lluvia: que golpean la superficie desnuda del suelo.

Los vientos: factor primordial en la meteorización.

2.- Fuerzas Artificiales: Son aquellas en donde el hombre juega el principal papel, con sus prácticas primitivas de siembra y producción que acarrearán la destrucción de los recursos naturales renovables.

TOPOGRAFIA. -

Se caracteriza por no presentar características topográficas relevantes, ya que la topografía del valle es en general prácticamente plana, presentándose ciertas ondulaciones, con una pendiente media aproximada del 1,5/00 en tres direcciones (Este, Oeste y Norte).

En la zona de Cariaco se encuentran cuatro series de suelo (cuyas características generales serán tratadas con más detalle en párrafos posteriores), cada una con las siguientes características:

Serie Cariaco: Topografía plana, con pendiente media de 1/00 excepto en un pequeño sector caracterizado por ondulaciones.

Serie ³Manoas: Topografía plana, caracterizada por una pendiente suave que va desde el vértice del abanico aluvial; hacia la ciénaga de Buena Vista.

Serie Carinicuao: Topografía plana, con los suelos circundantes ligeramente más bajos.

Serie Campoma: Presenta un micro-relieve liso, con pendiente hacia la laguna de Campoma.

SUELOS

CARACTERISTICAS DE LOS SUELOS PERTENECIENTES AL SISTEMA DE RIEGO

Los suelos de este sector son de origen Aluvial y su formación ha sido a expensas de los sedimentos que el río Carinicuaó (conocido también como río Cariaco) arrastra desde las serranías interiores de la cordillera de la Costa Oriental, los cuales han ido rellinando el lecho del Golfo desde la desembocadura del río Carinicuaó, constituyendo el Abanico Aluvial típico en el cual se encuentran las tierras que forman actualmente el Sistema de Riego.

Debido a su origen aluvial, su relieve poco accidentado, el contenido de nutrientes y la capacidad de fertilidad se decidió considerar estos suelos, como, de buena calidad.

Según estudios realizados, a las tierras pertenecientes al Valle Cariaco - Casanay; referente a aspectos agrológicos y de clasificación de tierras con

fines de riego, ha conducido a la siguiente clasificación de sus suelos. (Tabla 3.1)

TABLA 3.1

Clase	Area (Ha)	% respecto al total
1	477.5	7.1
2	2611.6	38.6
3	1289.8	19.0
4	1796.4	26.5
5	253.9	3.7
6	344.9	5.1
<hr/>		
totales:	6774.1	100.0 %

El cuadro anterior pone de manifiesto que más del

cincuenta por ciento (50%) de las tierras pertenecen a las clases comprendidas de I a III, lo que demuestra su buena calidad.

Como se menciona al comienzo los suelos de esta zona son clasificados en cuatro series e incluyendo una pequeña porción de tierras Aluviales y préstamos. Las mismas se consideran distribuidas según como lo indica la Tabla 3.2.

TABLA 3.2

1. Cariaco 1844 has.
2. Manoa 1998 has.
3. Carinicua 81 has
4. Campoma 560 has.

CARACTERISTICAS DE CADA SERIE

SERIE CARIACO.-

Se localizan en la parte más alta del Abanico Aluvial, ocupando el 61,37% de la superficie total.

Presentan una textura media, que varía de Franco a Franco Arcillosa (F-FA-FAL-FA), generalmente presenta un color Pardo-Oscuro encontrándose en algunos casos con suelo de color Pardo-Amarillento-Grisáceo. Son moderadamente profundos, lo que garantiza el no encontrar impedimentos hasta por lo menos los 120 cm. de profundidad.

Con moderada retención de humedad, su permeabilidad varía de moderada a moderadamente rápida, la fertilidad natural se considera baja.

Estudios realizados demuestran la presencia de carbonato de Calcio desde la superficie, que aparecen en forma de micelios; además se han encontrado concreciones calcáreas finas y en moderada cantidad. A partir de los 85 cm. de profundidad, donde se encuentran horizontes de

textura más fina, aparecen bolsones arenosos de tamaño variable.

El drenaje externo es considerado Moderado-Lento mientras que el interno como Moderado-Rápido.

Entre otras características tenemos:

- Capacidad de Almacenamiento, hasta los 60 cm., de 14.17 cm. de lámina de agua.
- Infiltración Básica entre 0.6 y 0.7 cm/hr.
- PH moderadamente alcalino.

Por deficiencia, se han considerado en clasificarlos como suelos de clase 2 (clasificación para riego), en los casos donde el factor suelo y topografía afectan al mismo se ha llegado a clasificarlo como 3 y 4. Sólo pequeños sectores se han clasificado como clase 1.

No se recomienda para el cultivo de arroz, debido a su baja capacidad de retención de humedad aprovechable y su excesivo requerimiento de agua. Son considerados aptos para el riego por aspersión. (Plano 3.3)

SERIE LAS MANOAS. -

Se encuentran localizados en el sector Este del área correspondiente al Sistema de Riego, ocupando el 44,57% del área total.

Posee una textura fina en todo el perfil, con alto porcentaje de arcilla, hasta una profundidad aproximada de 100 metros, observándose gran uniformidad en todos sus perfiles. Los suelos de esta serie presentan un color marrón que se va tornando más claro a medida que nos acercamos a profundidades cercanas a los 50 cms., su estructura es por lo general débil, prismática y amorfa.

Posee permeabilidad moderada, drenaje interno y externo lentos, pero sin llegar a constituir un problema de mal drenaje, el nivel freático se haya a 80 cm. en épocas lluviosas y a 180 cms. en las de verano. Superficialmente presentan una salinidad moderada que se ve incrementada a partir de los 38 cms. de profundidad.

Entre otras características cabe mencionar:

- Son de consistencia plástica y semiplástica en húmedo y dura en seco.
- Poseen una capacidad de almacenamiento que varía entre 4.5 y 5.6 cms. de lámina de agua.
- La conductividad eléctrica (salinidad), a pesar de no alcanzar límites perjudiciales, debe prestársele atención

ya que en algunos casos llega alcanzar valores de 3.25 mmhos/cms.

- Cuentan con baja fertilidad y un PH neutro.

Por deficiencia de suelos, los mismos pueden ser clasificados como suelos de clase 3 y 4. Recomendándose para esta serie cultivos tales como: arroz, caña de azúcar, algodón y hortalizas.

Pueden regarse por aspersión o gravedad pero el exceso de agua en el riego gravitacional puede salinizarlos, como ha ocurrido con áreas de este sector. (Plano 3.3)

SERIE CARINICUAO:

Los suelos pertenecientes a esta serie se localizan hacia la parte central, ocupando el 1.81% del área.

Son suelos aluviales secundarios, de topografía muy accidentada y material granular grueso, con mayor contenido de limo que cualquier otro del área, compuesta principalmente por suelos del tipo arcilloso, que en algunos casos conforman estratos de hasta un metro de profundidad, aunque pueden encontrarse suelos Franco-Arcillosos.

Su permeabilidad es baja, presenta drenaje externo moderado en casi toda la superficie y lento en su parte más baja pero no llegando a constituir un problema de mal drenaje.

La capacidad de almacenamiento de estos suelos se encuentra entre 4.5 y 5.6 cms, poseen grado de fertilidad bajo, un PH neutro y su salinidad alcanza valores de 3.25 mmhos/cms. a ciertas profundidades.

En base a su deficiencia de suelos y drenaje han sido clasificados en clase 2 y 3, considerándose aptos para la mayoría de los cultivos de la zona tropical.

Debido a la topografía accidentada conviene el uso del riego por aspersión. (Plano 3.3)

SERIE CAMPOMA:

Se localizan principalmente en los alrededores de la Laguna de Buena Vista, ocupando el 12,49% del área total. Son suelos con perfiles poco uniformes de textura fina hasta alcanzar aproximadamente los 90 centímetros, donde generalmente se encuentra un estrato Franco - Arenoso.

De permeabilidad lenta, con alta retención de humedad, el drenaje interno es lento y el externo varía de moderado a lento, su infiltración básica se encuentra en el orden de 0.3 a 0.4 cm/hr, cuentan con una capacidad de almacenamiento de 10 centímetros de lámina de agua hasta los 60 centímetros, son de baja fertilidad y con un PH moderadamente alcalino.

Carece de topografía uniforme, debido a la irregularidad en la deposición de sus aluviones y de los materiales que constituyen el subsuelo.

Los suelos pertenecientes a esta serie fueron clasificados como clase 2,3 y 4, considerándose aptos para el cultivo de arroz, caña de azúcar, algodón y algunas hortalizas. Pueden regarse por cualquier método. (Plano 3.3)

FACTORES CLIMATICOS

Los datos utilizados para el estudio climatológico de la región, corresponde a las mediciones de los elementos componentes del clima que normalmente se registran en la estación Meteorológica de Cariaco (Estación Tipo C1). Esta estación pertenece a la División de Hidrología del Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables (M.A.R.N.R.) se encuentra localizada a 10 30' de latitud Norte y 63 36' de Longitud, a una altura de 12 metros sobre el nivel del mar y pertenece al serial 4717. Los datos climatológicos obtenidos de esta estación fueron: Precipitación, Evaporación, Humedad Relativa, Temperatura y Velocidad del Viento.

Precipitación

En la zona en estudio la precipitación media anual durante el periodo 1966-1984 fue de 892,8 mm.

El periodo Lluvioso comprende los meses de Junio a Noviembre con un 74,8% del total de lluvias. La mayor ocurre en el mes de Agosto con un promedio de 149,4 mm. En

periodo de verano va de Diciembre hasta Mayo con un 25,2% del total de Precipitación, la menor ocurre en Marzo con una media de 17,5 mm. (ver tabla 3.3). Se adjunta una tabla con la desviación de los datos respecto a la media (nivel de confianza 68,27%) (tabla 3.3.1)

Evaporación

El Promedio anual de Evaporación registrado en el periodo 1973-1983 en la Estación Cariaco fue de 2377,8 mm. El máximo valor medio mensual de 257 mm. ocurre en el mes de Mayo, el mínimo de 149,9 mm. corresponde al mes de Diciembre (ver tabla 3.4). Se adjunta una tabla con las desviación de los datos respecto a la media (nivel de confianza 68,27%) (tabla 3.4.1)

Humedad Relativa

Se puede observar en la tabla 3.5 que la Humedad Relativa registrada en el periodo 1974-1982 es de 71%.

Temperatura

PRECIPITACION
(m.m.)

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
1966	11.7	39.3	1.6	15.8	38.9	295.2	323.1	241.2	87	59.5	230.5	114.6	1458.4
1967	45	33.4	51.8	55.8	10.4	112.9	186.3	104.9	177.4	57.9	116.4	108.4	1060.6
1968	34.2	39.7	13.3	35.1	27.7	132.1	78.2	120	0	41.5	127.6	0	649.4
1969	46	8.5	6	18.2	14.3	38.1	131.5	339.1	72.6	56.2	20	40.5	791
1970	44.2	6.1	66.8	17.3	48.8	173	325	134.1	66.5	125	34.6	34.7	1076.1
1971	21.6	11.6	22.8	0.7	94.9	114.6	167.4	141.1	143.6	121.3	59	68.5	967.1
1972	185.4	8.5	5.4	82.6	51.5	47.9	99.1	53.2	46.7	45.1	155.4	42.1	822.9
1973	6.6	5.7	1.1	5.2	4.3	48.2	43	153.9	86.9	28.9	111.9	110.9	606.6
1974	40	10.5	88.8	7	82.4	23.8	53.6	127.9	234.1	153.3	47.7	26.7	895.8
1975	17.9	32.2	1.2	9.6	22.4	50.6	101.6	102.3	70	38.7	125.7	108.4	680.8
1976	29.9	114.2	27.4	32.8	12.5	88.4	86.8	79.6	145.9	84	55	60.2	816.7
1977	15.6	12.1	5.4	34.7	16.1	161.3	116.2	102.6	116	108	70.4	20.6	779
1978	5.9	3.7	7	1.7	19	154.7	66.2	208.9	55	105.4	30.4	55.6	713.5
1979	22.7	4.8	5.9	21.8	6.7	226.8	112	73.5	127.6	74.2	129.3	75.9	881.2
1980	29.9	19.4	9.1	25.9	120.7	127.3	117.3	185.6	101.1	79.3	136.5	20.7	972.8
1981	8.1	82.1	11.4	227.1	75.4	91.2	197.7	237.6	105.2	53.1	69.4	40.3	1198.6
1982	43.6	88.8	3.7	15.7	44.1	92.9	111.3	183.8	55.1	68.2	40.3	51.7	799.2
1983	21.6	1	0	75.8	103.6	195.5	176	80.8	44.4	105.7	32	93.6	930
1984	52	41.8	4.1	0	50.6	63.1	145	168.7	100.9	50.9	86.9	100.9	864.9
Promedio	35.9	29.7	17.5	35.9	44.4	117.8	138.8	149.4	96.6	76.6	88.4	61.8	892.8

TABLA # 3.3

PRECIPITACION

MESES	\bar{x}	S	μ
ENERO	35.9	38.0	35.9 ± 8.7
FEBRERO	29.7	31.6	29.7 ± 7.2
MARZO	17.5	24.1	17.5 ± 5.5
ABRIL	35.9	50.6	35.9 ± 11.6
MAYO	44.4	34.6	44.4 ± 7.9
JUNIO	117.8	69.1	117.8 ± 15.9
JULIO	138.8	76.1	138.8 ± 17.5
AGOSTO	149.4	69.3	149.4 ± 15.9
SEPTIEMBRE	96.6	52.3	96.6 ± 12.0
OCTUBRE	76.6	33.4	76.6 ± 7.7
NOVIEMBRE	88.4	53.2	88.4 ± 12.2
DICIEMBRE	61.8	34.8	61.8 ± 8.0

TABLA # 3.3.1

EVAPORACION

Años	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
1973	230.6	233.3	301.8	289.7	308.3	235	253.3	200.5	188.9	230.3	136.3	147.9	2755.9
1974	129.1	191.2	202.7	233.1	284	239.8	232	191.6	173.8	182.2	171.3	171.8	2402.6
1975	179.1	169	267.3	250.2	274.3	227.1	187.5	169.4	195.4	181.3	173.1	130.9	2404.6
1976	157.6	149.7	168.5	243.8	272.1	172.5	180.7	229.7	216.2	206.9	167.5	167.5	2332.7
1977	185.7	222.8	280.5	272.7	300	149.1	182.2	205.2	214.4	221.4	186.3	187.8	2618.1
1978	202.8	229.4	295	295.2	278.2	183.5	206.7	176.7	201	203.1	182.6	140.8	2595
1979	185.7	596.4	240.1	265.6	302.1	167.9	185.1	189.5	188.6	190.1	153.4	128.7	2375.2
1980	157.1	184	239.7	266.2	236.4	172.7	164.6	177.3	181.3	179	133.6	162.5	2254.4
1981	198.1	174.8	244.3	153	188.8	144.5	163.2	155.8	146.7	184.2	169	153.4	2075.8
1982	153.9	143.6	208.1	203.1	231	137.7	155.1	185.8	190.3	186.7	169.5	136.8	2071.6
1983	170	2181.1	292.4	253.8	151.3	151.8	121.7	283.6	171.1	166.5	168.9	120.8	2270
Promedio	178.2	192.2	249.1	247.9	257	180.1	182.8	194.1	188	193.8	164.7	149.9	2377.8

TABLA # 3.4

Mes	X	S	U
Enero	178,2	27,0	178,2 + 8,1
Febrero	192,2	29,8	192,2 + 9,0
Marzo	249,1	41,1	249,1 +12,4
Abril	247,9	38,9	247,9 +11,7
Mayo	257,0	47,8	257,0 +14,4
Junio	180,1	35,5	180,1 +10,7
Julio	182,8	35,0	182,8 +10,6
Agosto	194,1	35,2	194,1 +10,6
Septiembre	188,0	19,0	188,0 + 5,7
Octubre	193,8	18,5	193,8 + 5,6
Noviembre	164,7	16,2	164,7 + 4,9
Diciembre	149,9	19,8	149,9 + 6,0

TABLA #. 3.4.1. Evaporacion (mm)

HUMEDAD RELATIVA

(en porcentaje)

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
1974	76	70	75	72	63	65	69	75	75	75	69	65	71
1975	64	67	63	60	61	67	75	74	69	74	73	76	69
1976	73	75	67	61	61	70	72	69	65	65	73	78	69
1977	67	63	61	60	62	76	72	69	66	64	64	62	65
1978	60	57	54	56	60	70	69	73	57	59	63	77	63
1979	75	68	70	69	68	78	81	79	79	80	81	83	76
1980	78	73	70	69	74	79	82	83	76	73	80	74	76
1981	70	71	66	77	74	77	77	79	79	73	76	77	75
1982	76	77	71	71	72	78	78	79	75	75	74	77	75
Promedio	71	69	66	66	66	73	75	76	71	71	73	74	71

TABLA # 3.5

Durante el periodo 1971-1979 se registrò una temperatura promedio anual de 26,36 grados C. (tabla 3.6). La minima promedio para el lapso 1973-1979, se registra en el mes de Enero con una temperatura de 19,9 grados C. (tabla 3.7) y la máxima promedio para el mismo lapso es de 34,8 grados C. en el mes de Mayo. (tabla 3.8)

Es un Clima Tropical donde los meses más calurosos son Mayo con 27,8 grados C. y Septiembre con 27 grados C., descendiendo la temperatura en Enero a 24,2 grados C. y 24,9 grados C. en Febrero (Ver tabla 3.6)

Vientos

Durante un lapso de siete años (1974-1980), la velocidad media promedio anual es de 11,29 Kph tomados a 10 metros del suelo, con una velocidad máxima anual de 37,16 Kph, y los más fuertes se registran entre los meses de Febrero y Mayo. La dirección predominante es Este y Este-Noreste. Cabe destacar que la velocidad media promedio anual a 0,65 metros sobre el suelo es de 3,04 Km/h la cual es aplicable a la mayoría de cultivos Hortícolas que predominan en la zona. (tabla 3.9).

TEMPERATURA MEDIA

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio
1971	22.5	22.5	25.2	26.3	27.6	26.4	25.8	26.9	27.3	26.9	25.6	25.3	25.7
1972	23.5	25.7	25.7	25.8	26.6	25.9	26.3	26.0	27.7	27.5	26.3	25.0	26.0
1973	24.9	24.8	27.7	27.7	27.4	26.8	26.6	27.5	27.8	27.3	26.9	24.6	26.7
1974	23.9	24.9	25.0	26.1	27.6	27.5	27.0	25.7	25.6	25.9	26.4	24.7	25.9
1975	24.6	24.6	27.0	27.0	27.6	27.1	26.0	26.3	26.8	26.8	26.6	24.6	26.3
1976	23.7	23.8	24.2	26.9	27.6	26.1	26.3	27.3	27.5	27.0	26.5	25.1	26.0
1977	25.2	26.3	27.3	27.4	29.1	26.4	25.6	26.0	26.4	26.7	26.4	25.2	26.5
1978	24.9	26.3	27.3	28.1	28.2	26.6	26.8	26.2	27.3	26.7	26.4	24.8	26.6
1979	24.5	25.3	26.8	27.9	28.9	27.2	26.6	27.2	27.0	27.2	26.6	25.3	26.7
Promedio	24.2	24.9	26.2	27.0	27.8	26.7	26.3	26.6	27.0	26.9	26.4	25.0	26.3

TABLA # 3.6

TEMPERATURA , VALORES MINIMOS MENSUALES

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio
1973	21.1	20.9	22.9	23.6	23.7	23.5	22.5	22.6	22.8	23.0	22.4	20.4	22.5
1974	18.9	19.5	20.5	21.4	23.4	22.7	21.6	21.6	21.5	22.0	22.4	19.4	21.3
1975	23.0	22.5	24.4	21.6	23.5	23.1	22.3	22.3	22.5	22.1	22.7	21.1	22.5
1976	18.8	19.5	19.6	22.4	22.8	22.9	22.9	22.9	23.2	22.3	21.7	20.2	21.6
1977	19.9	21.0	22.4	22.8	25.0	23.2	21.9	21.9	22.3	22.4	22.0	20.0	22.1
1978	18.8	20.8	22.3	23.7	24.1	23.0	22.3	22.3	22.9	22.4	22.0	20.1	22.1
1979	18.6	18.9	21.5	23.3	24.5	23.5	22.8	22.8	22.7	22.8	22.7	21.3	22.1
Promedio	19.9	20.4	21.9	22.7	23.9	23.1	22.3	22.3	22.6	22.4	22.3	20.4	22.0

TABLA # 3.7.

TEMPERATURA VALORES MAXIMOS MENSUALES

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio
1973	33.4	34.0	36.0	35.0	35.6	34.5	33.5	32.3	33.1	33.6	31.5	30.9	33.5
1974	31.0	32.4	31.1	32.8	34.2	34.3	33.9	31.7	32.4	32.0	32.6	32.0	32.5
1975	26.7	27.1	29.8	33.4	33.9	32.9	32.2	32.6	33.6	34.2	32.9	30.2	31.6
1976	30.1	29.9	30.2	33.3	34.3	31.9	32.2	34.1	34.3	34.9	33.7	32.3	32.6
1977	32.2	33.5	34.2	33.6	35.6	31.6	31.5	32.2	33.2	33.4	33.2	32.3	33.0
1978	32.6	33.5	34.1	36.4	34.5	32.1	33.1	32.4	34.0	34.0	33.3	31.3	33.4
1979	31.8	32.8	33.5	34.4	35.6	33.6	32.3	34.1	33.4	34.4	33.2	31.6	33.4
Promedio	31.1	31.9	32.6	34.0	34.8	33.0	32.7	32.6	33.4	33.6	32.9	31.5	32.9

TABLA # 3.8

VELOCIDAD MEDIA, VELOCIDAD MAXIMA Y DIRECCION PREVALECIENTE DEL VIENTO

PERIODO 1974-1980 ESTACION CARIACO

DATOS	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
DIRECCION PREVALENTE												
VELOCIDAD MEDIA (Km/H)												
VELOCIDAD MAXIMA (Km/H)												
VELOCIDAD MEDIA (0.65m/s)												
DIRECCION PREVALECIENTE												
VELOCIDAD MEDIA (Km/H)												
VELOCIDAD MAXIMA (Km/H)												
VELOCIDAD MEDIA (0.65m/s)												
DIRECCION PREVALENTE												
VELOCIDAD MEDIA (Km/H)												
VELOCIDAD MAXIMA (Km/H)												
VELOCIDAD MEDIA (0.65m/s)												
DIRECCION PREVALENTE												
VELOCIDAD MEDIA (Km/H)												
VELOCIDAD MAXIMA (Km/H)												
VELOCIDAD MEDIA (0.65m/s)												
DIRECCION PREVALENTE												
VELOCIDAD MEDIA (Km/H)												
VELOCIDAD MAXIMA (Km/H)												
VELOCIDAD MEDIA (0.65m/s)												
DIRECCION PREVALENTE												
VELOCIDAD MEDIA (Km/H)												
VELOCIDAD MAXIMA (Km/H)												
VELOCIDAD MEDIA (0.65m/s)												
DIRECCION PREVALENTE												
VELOCIDAD MEDIA (Km/H)												
VELOCIDAD MAXIMA (Km/H)												
VELOCIDAD MEDIA (0.65m/s)												

Velocidades medidas a 10 m/s.
 en: m/s metros sobre el Suelo.

La velocidad media del viento a una altura de 2 m. (altura de los cultivos), indica que no hay problema en este sentido para el uso de la aspersion como método de riego.

Por ser la altura de cultivo de 2 metros (caña de azúcar), adjuntamos tabla de velocidades para esa altura (tabla 3.10). Estas velocidades fueron obtenidas a partir de la fórmula para calcular la velocidad del viento V_2 a cualquier altura intermedia Z_2 , cuando las velocidades promedio V_2 y V_3 a alturas Z_1 y Z_3 son conocidas:

$$V_2 = V_3 - (V_3 - V_1) \cdot (\ln(Z_3/Z_2) / \ln(Z_3/Z_1))$$

Donde:

V_3 es la velocidad a una altura de 10 m.

V_1 es la velocidad media a una altura de 0.65 m sobre el suelo

Z_3 10 metros.

Z_1 0,65 metros

Durante un lapso de siete (7) años (1974-1980), la velocidad promedio de las medias anuales es de 6,79 Km/h a 2 m/s (metros sobre el suelo).

VELOCIDAD MEDIA EN KM/H (2m/Suelo)

Mes Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1974					13.9	9.1	12.1	5.2	4.2	6.8	6.1	5.5
1975	6.1	5.8	8.4	7.9	9.1	7.9	5.1	4.9	4.8	4.9	5.2	3.5
1976	4.2	4.5	5.2	8.0	8.4	6.8	5.6	6.0	5.8	3.4	4.1	4.8
1977	5.6	8.1	9.6	8.6	11.2	5.4	4.3	5.2	6.2	6.5	6.6	6.0
1978	6.1	6.1	9.5	9.5	9.8	6.6	6.1	4.5	6.1	6.1	5.5	4.6
1979	5.2	6.6	7.3	8.8	9.6	6.4	5.4	4.8	1.9	4.9	4.9	3.7
1980	4.9	5.8	7.5	8.9	8.5	5.9	4.2	4.1	4.6	4.8	3.5	3.7
Promedio	5.4	6.5	7.9	8.6	10.1	6.7	6.1	4.9	4.8	5.4	5.1	4.6

RECURSOS HIDRAULICOS

Los principales afluentes de la cuenca Cariaco-Casanay son: El río Carinicuao, el río Casanay y Manantiales Aguas Calientes.

Para efectos de riego, se utilizan las aguas del río Carinicuao, el cual cuenta con una cuenca de 67787 ha. que a su vez está dividida en tres subcuencas: La del río Clavellino (31182 ha), la del río Grande (25759 ha) y la llamada Subcuenca baja (10846 ha); alimentadas por innumerables quebradas de cursos intermitentes que adquieren importancia en el período de invierno.

E) caudal del río Carinicuao, se controla a través de la Represa de Clavellinos construida para efectos de riego y suministro de agua a los acueductos de Margarita, Carúpano, Cariaco y Casanay.

La zona cuenta también con abundantes recursos hidráulicos subterráneos. actualmente se han perforado pozos en donde la escasez de agua superficial es crítica, tal es el caso de la Planicie de Pantoño y Casanay, donde se extrae agua de pozos que oscilan entre los 40 y 65 metros de profundidad, con un rendimiento de 5 lps a 30 lps.

El potencial de recarga de los acuíferos está representado por descargas freáticas como lo son Manantiales, ciénagas, ríos permanentes y semipermanentes que cruzan el Abanico Aluvional de Cariaco.

4.- I N F R A E S T R U C T U R A

4.- INFRAESTRUCTURA. -

El Sistema de Riego Cariaco se presenta como una combinación de Embalse - Derivación, de las aguas de los ríos Clavellinos y Carinicuaó respectivamente

OBRA DE CAPTACION:

En la zona de embalse, se encuentra la obra destinada a la captación, retención y regulación del agua requerida, para riego y abastecimiento.

La obra de Captación, para tal fin, aprovecha las aguas de los ríos Clavellinos y Santa Cruz, las cuales son embalsadas a través de la presa "Ing. RAFAEL VEGAS LEON" conocida también con el nombre de "Presa Clavellinos". Esta presa cuenta con una planta de tratamiento con capacidad de diseño de 2000 lps y una capacidad de almacenamiento de 62.900 m³ (foto 4.1). Tiene un área servida de 657 ha. y una población cubierta del 95%. este sistema abastece a las poblaciones de Carúpano, Isla de Margarita, Isla de Coche y poblaciones menores.

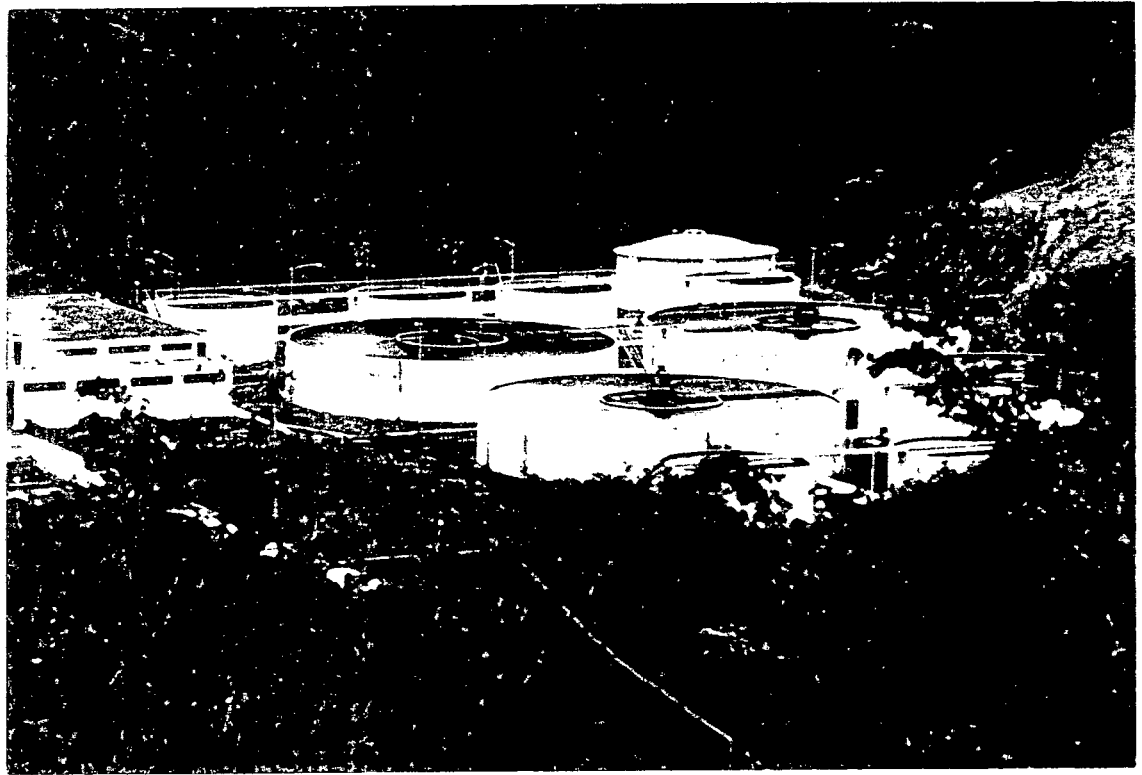


FOTO # 4.1

La demanda de agua para las Islas de Margarita y Coche, es de 1200 lps y se le suministra 750 lps, debido a la poca capacidad del embalse Clavellinos; para la solución de este gran problema el I.N.O.S continuó las obras paralizadas del Embalse Turimiquire, (Marzo de 1986) en el Estado Sucre; el cual una vez en funcionamiento subsanará el problema de abastecimiento.

Las obras del embalse Turimiquire estarán en funcionamiento aproximadamente para el segundo semestre del 88 y abastecerá a las poblaciones urbanas de los Estados: Anzobategui, Sucre y Nueva Esparta, las cuales suman 1.178.311 ha., según censo realizado en el año 1981, con proyección al año 1983, debido a estudios hechos, ambas presas trabajarán en conjunto (Clavellinos y Turimiquire) las cuales funcionarán de la siguiente manera:

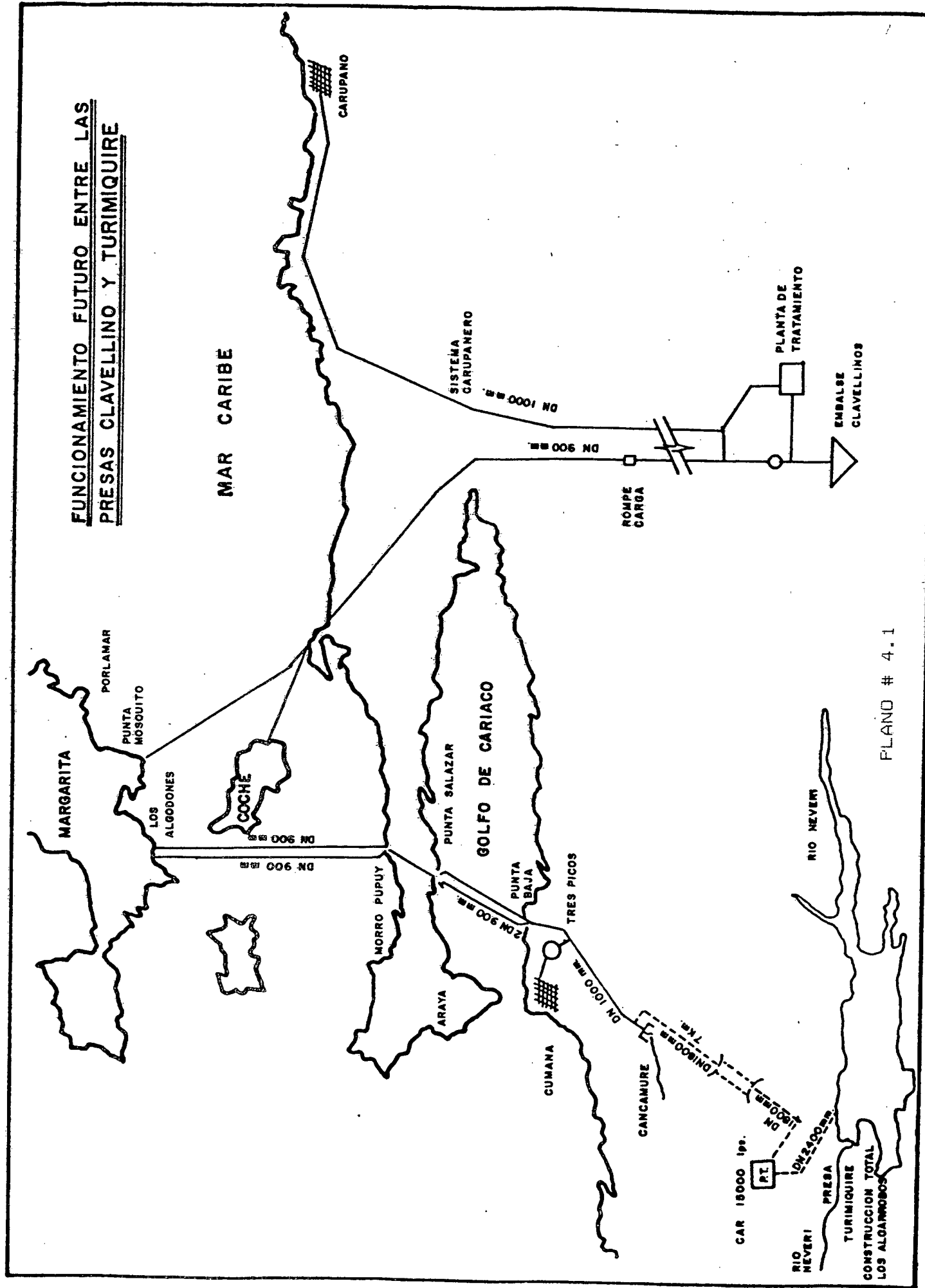
- El embalse Clavellinos desviará la mayor parte del gasto correspondiente hacia la ciudad de Carúpano (650 lps) y la tubería submarina se utilizará para casos de emergencia.

- El embalse Turimiquire, tendrá una capacidad de 20.000 lps aproximadamente, el cual suministrará agua a la población del Estado Nueva Esparta, con una dotación

aproximada de 5000 lps y a las ciudades de Barcelona, Puerto La Cruz y Cumaná, con un gasto aproximado de 15000 lps.

La conexión futura entre la presa Clavellinos y la presa Turimiquire, puede observarse en el planò No.4.1

FUNCIONAMIENTO FUTURO ENTRE LAS
PRESAS CLAVELLINO Y TURIMIQUIRE



Presa Rafael Vegas León (Clavellinos)

Está ubicada en el Estado Sucre, Distrito Ribero, Municipio Santa Cruz, cercana a la población del mismo nombre. Hidrográficamente se encuentra ubicada aguas arriba de la confluencia de los ríos Clavellinos y Grande

Posee una capacidad de 130 Hm³, con fines de

- Abastecimiento de las poblaciones: Cariaco, Muelle de Cariaco, San Antonio del Golfo, Carúpano e islas de Margarita y Coche.

- Riego de 4010 Ha., pertenecientes al Sistema de Riego Cariaco

La obra de captación funciona de la siguiente manera: El agua represada en el embalse es tomada a través de una torre toma, sumergida, y conducida por un túnel hacia aguas abajo de la presa; para ser descargado posteriormente un caudal de 1,8 m³/seg, los cuales serán conducidos por tubería a la planta de tratamiento del I.N.O.S., desde donde se le dará suministro a las poblaciones antes mencionadas y un 1,5 m³/seg continuará por la tubería inicial hasta ser descargados al río Clavellinos con

destino a la obra de Derivación del Sistema de Riego

Características de las obras existentes:

a.- La Presa, conformada por:

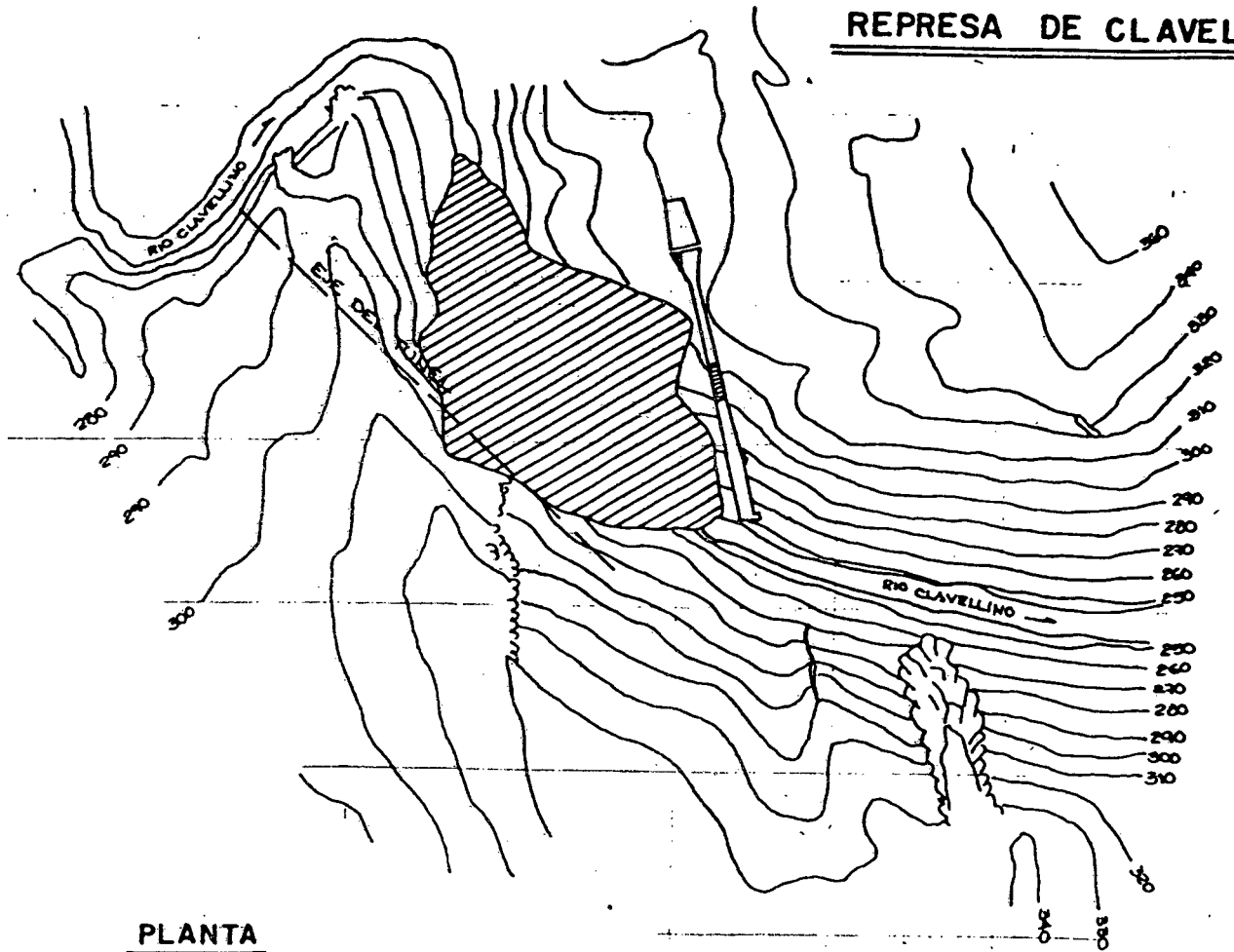
-Un núcleo impermeable constituido por arcilla de baja plasticidad con taludes aguas arriba de 1,5:1,0 y 1,0:1,0 aguas abajo

-Espaldones de grava con taludes de pendiente igual a 2,75:1,00 aguas arriba y 2,25:1,00 aguas abajo el cual termina en un enrocado de grandes dimensiones. En el talud aguas arriba a la elevación de 2,70 m. se elaboro una banqueta de 3 m.

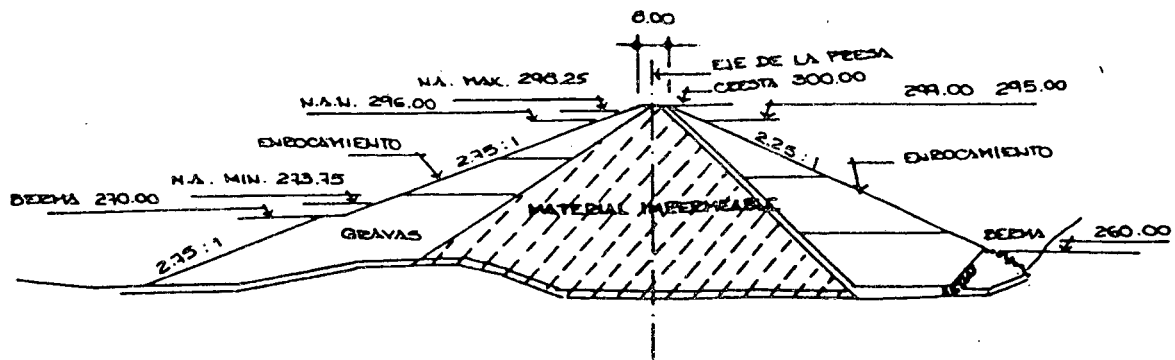
En los espaldones fueron colocadas Carpetas horizontales de drenaje, constituidas por grava arenosa limpia, de 0,50 m. de espesor (Plano 4.2).

- Altura de la presa: 52 m.
- Longitud de la cresta: 200 m.
- Volumen del relleno: 660.000 m³
- Cota de la cresta: 300 M.S.N.M
- Cota de aguas máximas: 298,25 M.S.N.M
- Cota de aguas normales: 296,00 M.S.N.M
- Cota de aguas mínimas: 273,75 M.S.N.M

REPRESA DE CLAVELLINO



PLANTA



SECCION TIPICA

En la presa operan las siguientes estructuras:

Un túnel, conectado a la torre toma, revestido de concreto de diámetro igual a tres (3) metros y con una longitud de noventa y dos (92) metros, funcionando a presión

Entre la progresiva 0+87 y 0+98 el túnel presenta una ampliación, en la cual se encuentra ubicada una compuerta de emergencia y regulación de alta presión, de funcionamiento hidráulico, deslizante, diseñada para una carga hidrostática de 6,5 Kg/cm² y de sección cuadrada de 40"*40". La misma lleva un malacate hidráulico de doble efecto impulsado por una bomba de aceite y un motor de 7,5 Hp

A partir de la progresiva 0+93 la sección del túnel es en forma de herradura con un diámetro de tres (3) metros; el cual permite la colocación en su interior de una tubería de acero de 1,5 m. de diámetro, tubería esta que también funciona a presión

A lo largo de la mencionada tubería existe una conexión, la cual permite la incorporación de la tubería

que conducirá el agua destinada al abastecimiento de las poblaciones ya mencionadas. El resto del agua que continúa por la tubería principal, es descargada nuevamente al curso del río Clavellinos; con destino a la toma de derivación del Sistema de Riego (foto 4.2), siendo su descarga previamente regulada a la salida de la tubería mediante una válvula de regulación. La cual puede ser accionada a control remoto, mediante un sistema eléctrico acoplado, o manualmente empleando para este fin un volante de 40 cm. de diámetro

b.- Una Torre Toma sumergida, de concreto armado, caracterizada por:

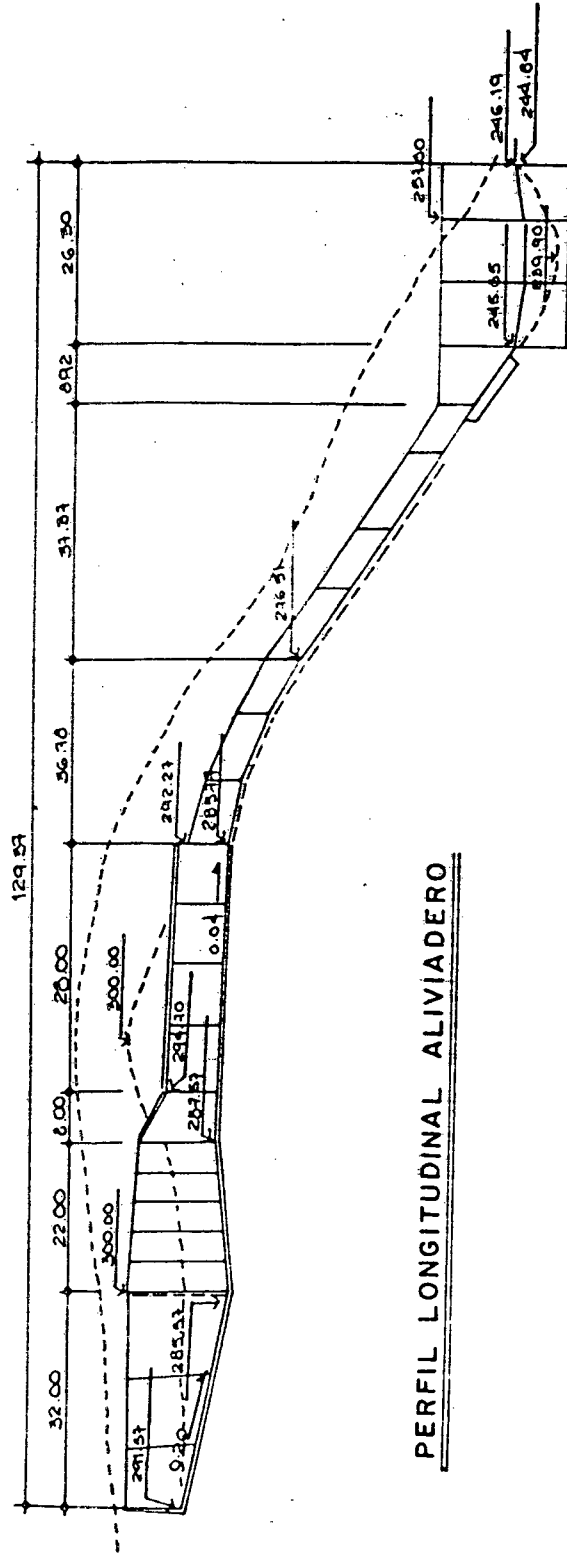
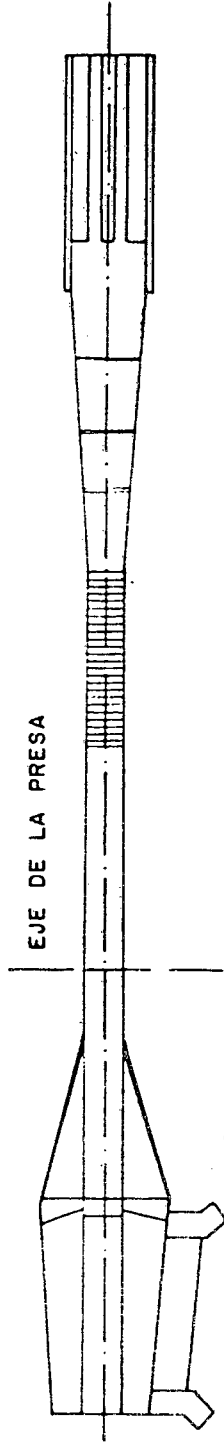
- Gasto máximo de diseño: 14 m³/seg
- Gasto de diseño para riego: 13 m³/seg
- Gasto de diseño para abastecimiento: 1 m³/seg
- Diámetro: 2 m.
- Longitud: 10 m.

c.- Un Aliviadero (Plano 4.3), dispuesto lateralmente en el estribo izquierdo de la presa (Fotos: 4.3 y 4.4), caracterizado por:

- Longitud de la cresta: 30 m.
- Longitud del canal lateral: 138 m.
- Cota de la cresta: 296 M.S.N.M

REPRESA DE CLAVELLINO

PLANTA ALIVIADERO



PERFIL LONGITUDINAL ALIVIADERO

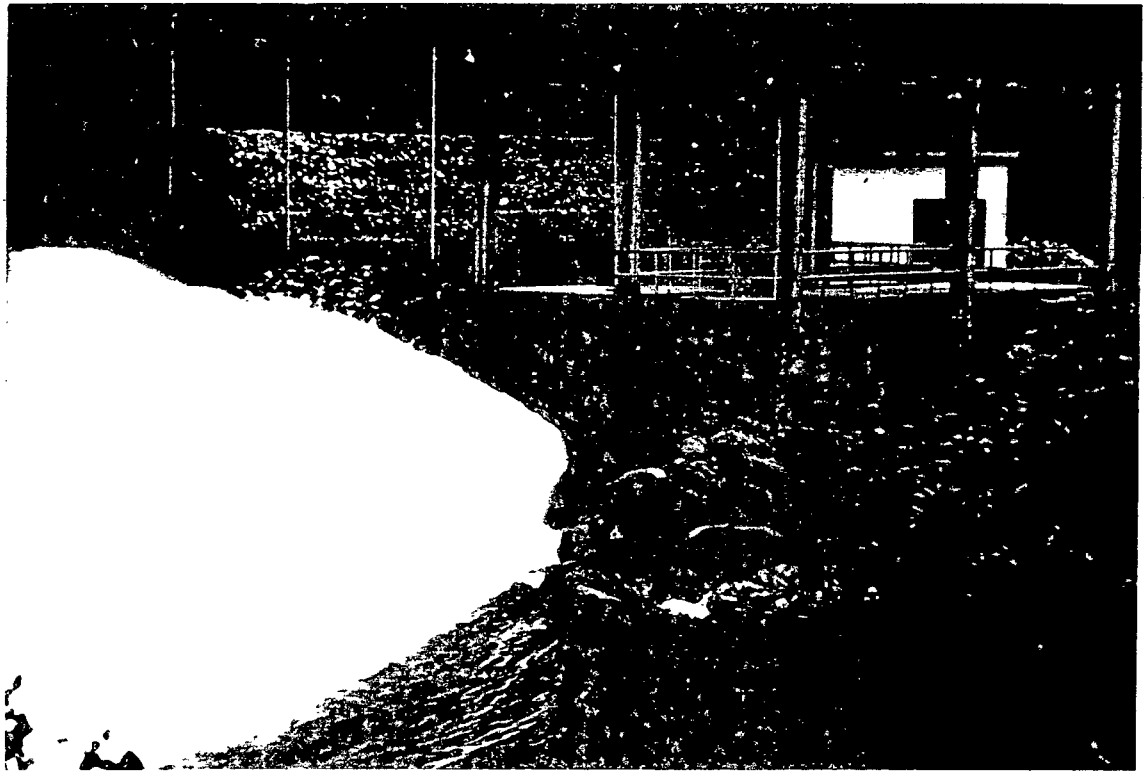


FOTO # 4.2 .

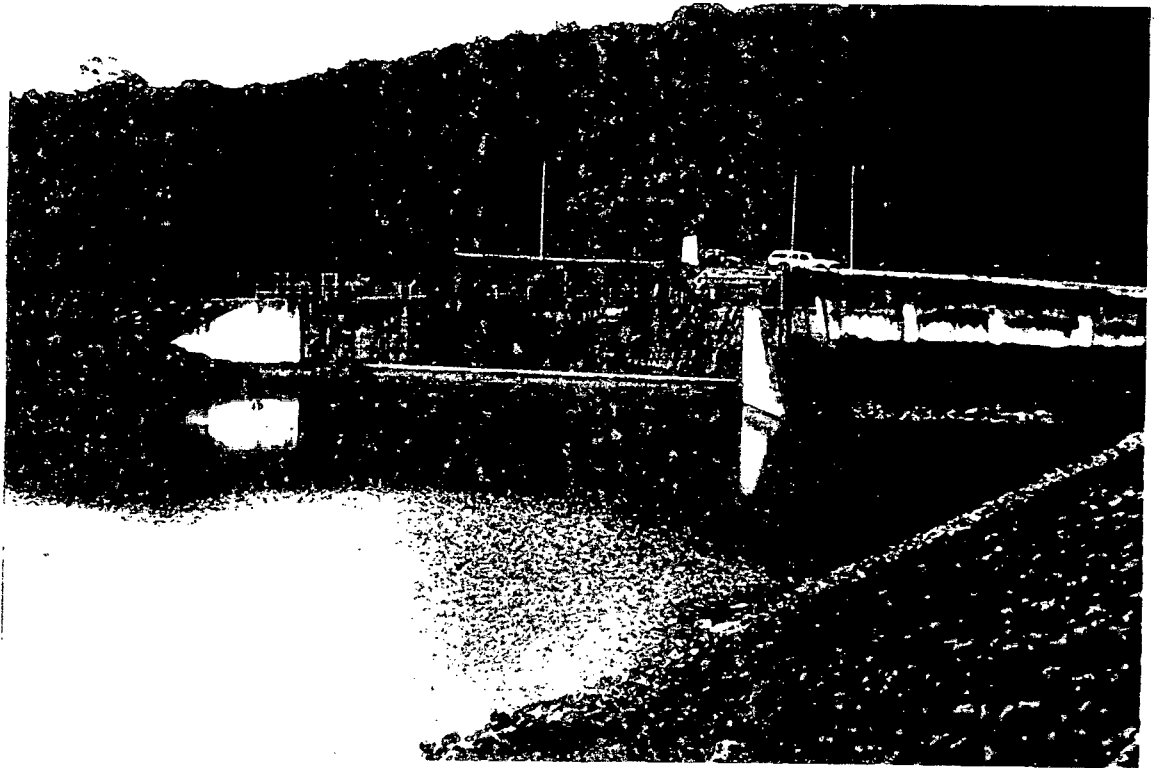


FOTO # 4.3 .



FIGURE # 4.4

- Perfil de la cresta tipo Creager
- Creciente de diseño: 1780 m³/seg
- Descarga máxima de diseño: 240 m³/seg
- Gasto medio: 5,59 m³/seg
- Volumen escurrido: 263 Hm³

d.- Características de Embalse:

- Area de la hoya: 320 Km²
- Capacidad total: 130 Hm³
- Capacidad útil: 126,5 Hm³
- Capacidad muerta: 3,5 Hm³
- Area inundada : 105 Ha

e.- Dispositivos de control:

-Casetas con bancos piezométricos, que permiten medir la presión de poros en la presa

-Con la finalidad de medir los asentamientos ; la presa, originalmente, contaba con una barra de acero; la cual quedo fuera de uso ya que se doblo producto de los movimientos sísmicos. Para sustituir este dispositivo se optò por hacer una nivelación a lo largo y ancho de la presa, en el talud aguas abajo, replanteándose mensualmente los puntos para así determinar los posibles asentamientos

ocurridos (Foto 4.5).

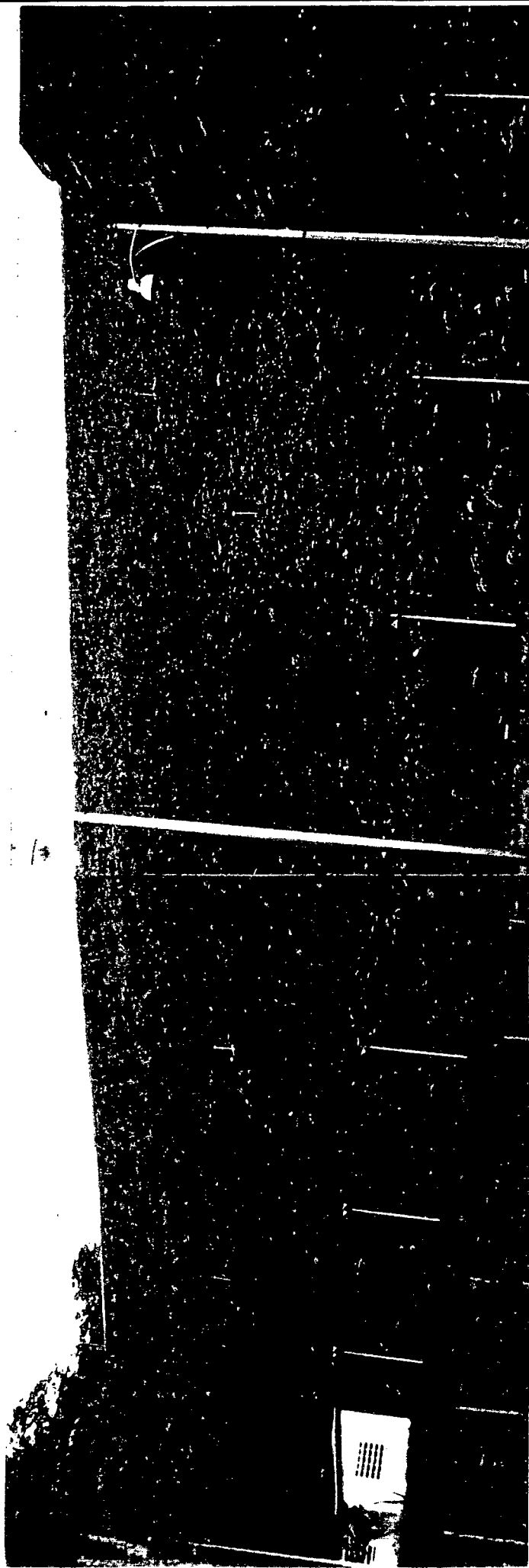


FOTO # 4.5

Sistema Turimiquire.

Se encuentra ubicado en la Serranía del Turimiquire, en el Alto Neverí, al Sureste del Estado Sucre y frente al cerro aminor, con coordenadas N 1.124.000 y E 356.000.

Este sistema permitirá atender las demandas crecientes de agua potable de varias ciudades ubicadas al Nor-Oriente del país, fundamentalmente el eje Barcelona, Puerto la Cruz, Guanta en el Estado Anzoátegui; Cumaná y pueblos de la península de Araya en el Estado Sucre y la Isla de Margarita.

Además de este importantísimo objetivo permitirá regularizar el servicio para riego, toda vez que el río Neverí en época de invierno inunda buena parte de las tierras cultivables de su zona de influencia, mientras en verano no se cuenta con agua suficiente para las plantaciones.

Funcionamiento del sistema.

El sistema Turimiquire depende de el embalse formado por la presa original y la presa auxiliar, que derivan en dos sub-sistemas:

Sub-sistema margarita-cumanã.

Mediante una aducci3n de casi tres metros de diãmetro y 750 metros de longitud, el agua captada es conducida a la planta de tratamiento. Una vez procesada se conduce hasta el t3nel de trasvase de Guamacã, que atraviesa una montaña con una longitud de 12700 metros y tres m3tros de diãmetro. Al otro lado de la montaña una aducci3n de 42 Kil3metros de longitud y 1,8 metros de diãmetro la conduce hasta Cumanã. Mediante una derivaci3n se deja el caudal requerido por la poblaci3n y se sigue para la Península de Araya con dos tuberías marinas de 10.000 metros de longitud y 900 mm. de diãmetro.

La Península de Araya se atraviesa con una aducci3n de 11 kil3metros y 1.300 mm. de diãmetro hasta llegar a Morro Popuy, desde donde se sigue con dos líneas de 23 Kil3metros y 900 mm. de diãmetro hasta Los Algodones, en la Isla de Margarita.

Sub-Sistema Barcelona-Puerto la Cruz-Guanta.

El agua del Neverí embalsada en la represa vuelve al cauce natural del río hasta un dique toma en la zona de Caratal donde es captada por una tubería de 1.500 mm. de

diámetro y 20 Kilómetros de longitud y conducida hasta la planta de tratamiento en las inmediaciones de Puerto La Cruz, para ser distribuida de acuerdo a los requerimientos de esta población, Barcelona y Guanta.

Características del Proyecto.

Fresa Principal:

Sección: Enrocado con pantalla impermeable
de concreto.

Altura: Máxima 113,00 m.

Volumen de enrocado $4,5 \times 10^6 \text{ m}^3$ (mínimo).

Acero de refuerzo: 4.000 Ton.

Área de embalse: 1.500 Has.

Volumen de embalse: $550 \times 10^6 \text{ m}^3$.

Aliviadero:

Tipo: Frontal recto (tobogán)
Longitud: 400 m.
Descarga máxima: 600 m³/seg.

Túnel de Desvío:

Sección combinada: Tramo circular a presión de
456.000 m. y tramo en herradura
de 167.000 m. (visitable)
Diámetro típico: 6,50 m. interior.
Capacidad máxima: 1.127 m³/seg. (periodo de retorno
10 años)
Descarga: Tobogán disipador.

Toma Selectiva:

Tipo: Selectiva, vertical, de concreto
postensado auto estable y anti-
sismica, flexible considerando un
sismo con el embalse lleno.
Caudal de diseño: 18 m³/seg. de los cuales
15 m³/seg. alimentarán la
planta de tratamiento y 3 m³/seg

alimentarán el caudal ecológico.

Operación: Mediante 6 válvulas tipo mariposa de 84" c/u .

Diámetro: Interior 7,40 m.

Altura: 111,00 m. (cota 225,00 a cota 336,00) m.s.n.m.

Espesor: Variable de 0.90 a 0.60 m.

Construcción: Encofrado deslizante de madera.

Fresa Auxiliar Los Algarrobos:

Sección: zonificada, con núcleo impermeable.

Altura: 76 metros.

Volumen: $1,6 \times 10^6 \text{ m}^3$

Túnel De Irasvase

Longitud: 12,7 Km.

Sección: circular.

Diámetro: 3,35 m.

Capacidad: 10,5 m³/seg. trabaja como canal

Pendiente: 1%

Planta De Tratamiento:

Capacidad: inicial 15 m³/seg

final 20 m³/seg.

El Sisitema Turimiquire se encuentra parcialmente construido. A continuación presentamos las obras construidas y por construir:

Obras Construidas

- Presa Turimiquire
- Planta de Tratamiento
- Tunel Guamacàn (Perforaciòn)
- Presa los Algarrobos (paralizada)
- Aducciòn Submarina Cumanà-Margarita
- Transporte
- Revestimiento de tuberías
- Inspecciones

Obras por Construir

- Presa los Algarrobos y carretera de acceso
- Tunel de Traslase y anexos
- Aducción Cumaná
- Aducción a Barcelona-Puerto La Cruz-Guanta
- Tendido eléctrico
- Deforestación
- Inspección

La Obra estará lista para mediados de 1988

OBRA DE TOMA - DERIVACION.-

La obra de derivación es de tipo umbral, dispuesta transversalmente sobre el curso del río Carinicuao (conocido también con el nombre de río Cariaco), consta de un vertedero, una toma (funcionando por gravedad) y un canal de limpieza

El vertedero, de concreto con cimacio de perfil tipo Creager, de 60 m. de longitud y 2,50 m. de altura, diseñado para aliviar un caudal máximo de 690 m³/seg (Foto 4.6).

La toma, dispuesta lateralmente, posee tres compuertas rectangulares de 1,52 * 1,22 m., de las cuales dos operan eléctricamente y la central operada manualmente. Todas dan acceso al canal principal del Sistema de Riego

En la toma existe un canal de limpieza o desarenador, el cual cuenta con tres compuertas marca Armco, modelo 20-00, rectangulares de 1,52 * 1,22 m. planas y deslizantes, que permiten realizar la limpieza del desarenador, las compuertas operadas de manera similar a las anteriores. (Foto 4.7).

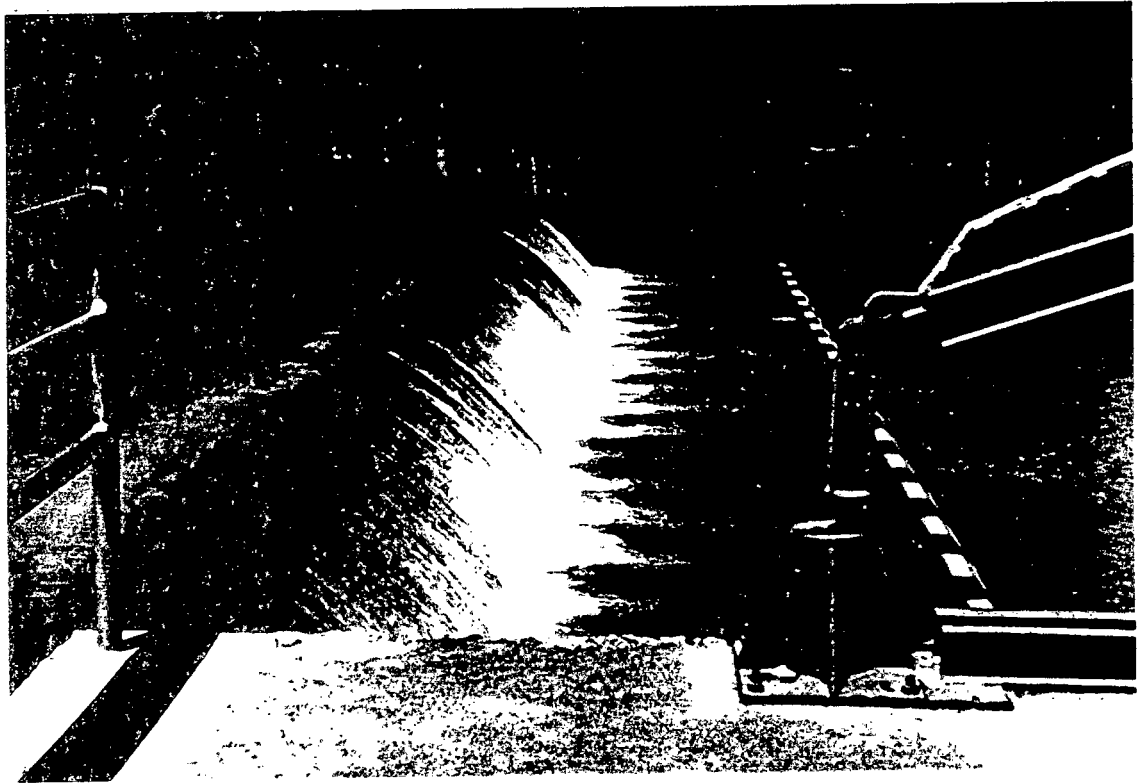


FOTO # 4.6



FOTO # 4.7

RED DE DISTRIBUCION.-

(Canales)

La red de distribución se encuentra conformada por un canal principal y una red secundaria.

El canal principal consta de 1462 m. de longitud, es de sección trapezoidal y revestido de concreto; fue diseñado con el propósito de servir a las tres etapas. En su primer tramo tiene una capacidad de $13 \text{ m}^3/\text{seg}$ ($Q_{\text{diseño}}$). (Foto 4.8)

Cada etapa posee una red secundaria de riego, conectada al canal principal en una progresiva determinada, cada una presentando características propias.

I Etapa.-En la progresiva 1+462 se ubica su toma de origen, constituida por cuatro compuertas manuales con vástagos de regulación del gasto, distribuidas de la manera siguiente: Dos (2) compuertas rectangulares de 42" x 42" que permiten el acceso a un pozo regulador y dos compuertas circulares, cada una de 48" de diámetro; que permiten la salida del pozo para así dar entrada al canal secundario



FOTO # 4.6

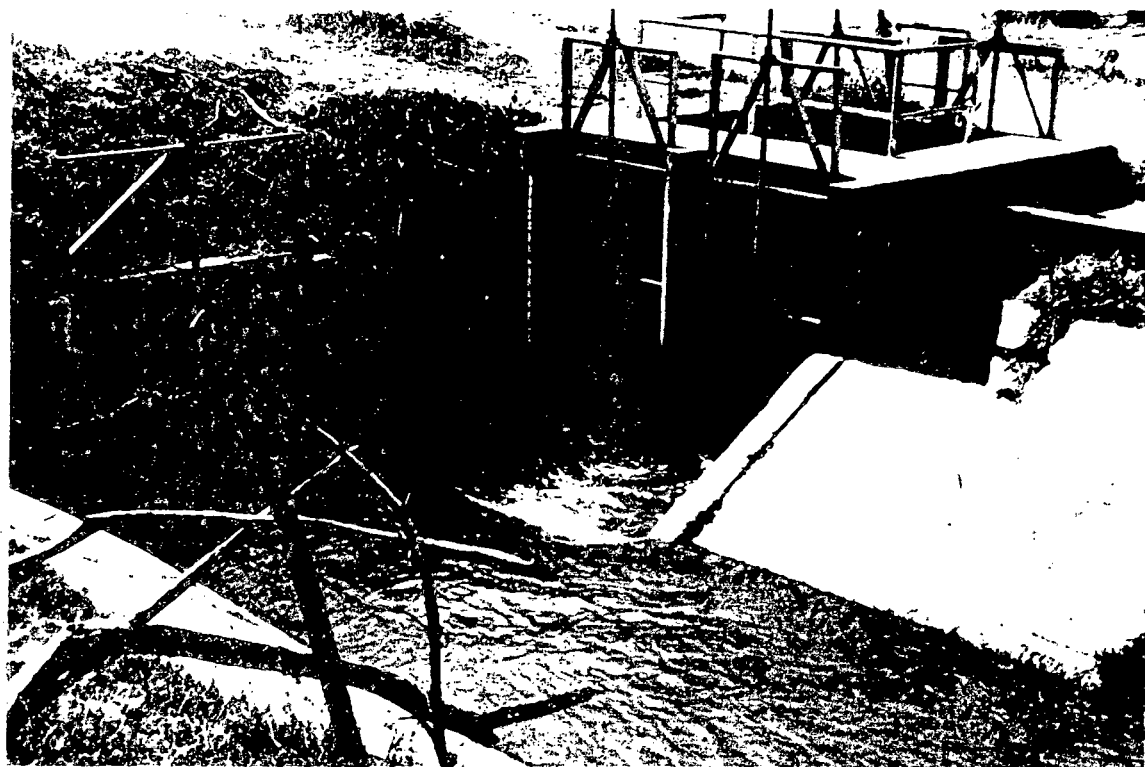


FOTO # 4.7

L-2 (Foto 4.2), de sección trapecial revestido de concreto, con una longitud de 5480 m. y con capacidad para transportar un gasto máximo de diseño de 2,56 m³/seg. hasta la progresiva 1+886 donde el gasto se ve reducido a 1,92 m³/seg (Qdiseño) (Foto 4.10), en la misma progresiva existe una toma que da acceso a el canal SL2-1 el cual cuenta con una longitud de 4560 m. y está en capacidad de conducir un gasto máximo de 0,6 m³/seg (Foto 4.11), finalmente al llegar a la progresiva 2+150 el se reduce a 0,80 m³/seg y se mantiene constante hasta llegar a la progresiva 5+492.

II Etapa (Sector Oeste, CAMPOMA).- Se inicia a partir de la progresiva 1+462 donde se encuentra una toma de compuerta sencilla, rectangular, que permite el acceso a un canal elevado (denominado L-3) de sección parabólica elaborado de concreto pre-fabricado, con una longitud de 14000 m. y una capacidad de 2500 lts/seg. (Qdiseño) que se ve afectado a lo largo del canal, por reducción de su sección (Fotos: 4.9 y 4.12)

II Etapa (Sector Este, LAS MANDAS).- La toma destinada a suministrar el agua requerida, por dicha etapa, se encuentra ubicada en la progresiva 0+350 constituida por una toma de compuerta circular operada manualmente, que da acceso a un canal enterrado no revestido, con una longitud

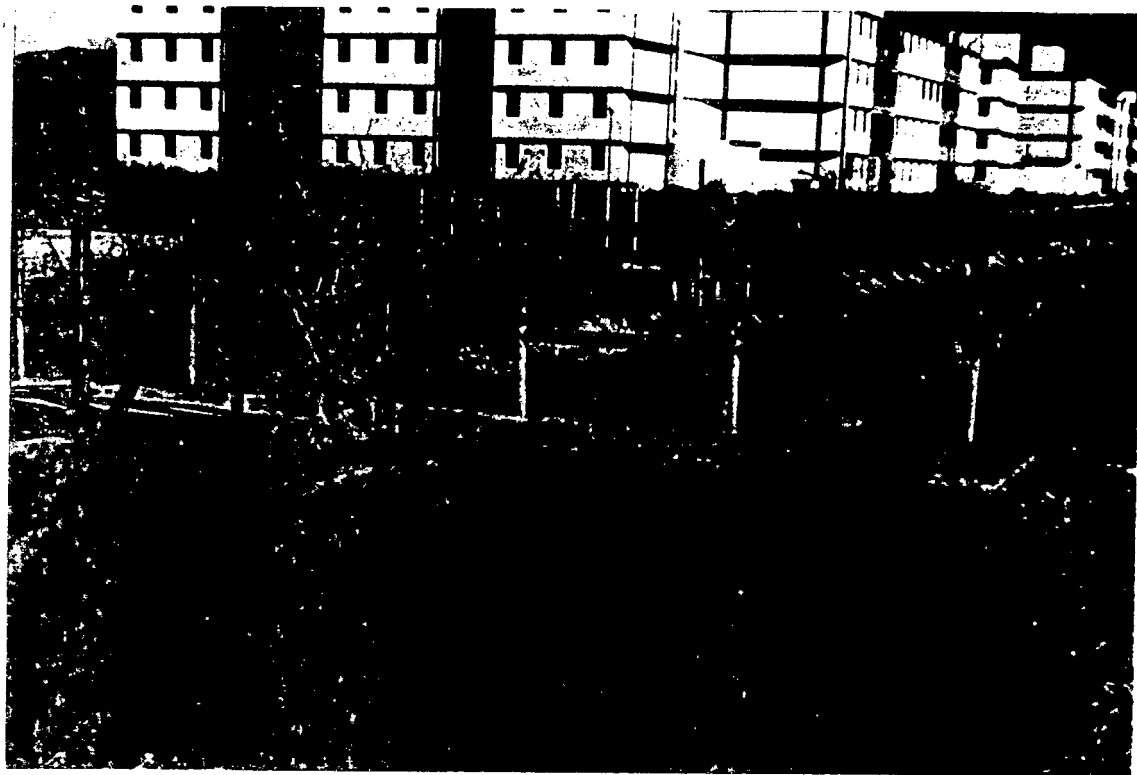


FOTO # 4.10



FOTO # 4.11

aproximada de 750 m. y una capacidad de 0,5 m³/seg. (Q diseño) (Fotos: 4.13, 4.14, 4.15 y 4.16)

Una vez dotada, en las mismas el agua es aplicada al cultivo a través de un método determinado. Las obras realizadas para tal fin son denominadas "Obras de Riego" y las mismas presentan características que varían de una etapa a otra. Como se describe a continuación:

OBRAS DE RIEGO VIALIDAD Y DRENAJE

I Etapa.-

Inicialmente la mencionada etapa fue proyectada para funcionar por gravedad (proyecto de riego por surcos), para tal fin se construyeron los canales laterales L-2 y SL2-1. Estudios posteriores arrojaron que el suelo útil era muy superficial y el emplear el riego por gravedad implicaba la pérdida parcial de éste al nivelarlo, más adelante otros informes aseguran que llevando a cabo una nivelación muy elaborada permitiría el empleo de riego por gravedad sin perder gran cantidad del suelo útil. Finalmente, comparando las eficiencias obtenidas con uno y otro método en relación al tamaño de las parcelas (tamaño este que no sobrepasa las 5 Has) se llegó a la conclusión que el método más eficiente,



FOTO # 4.12



FOTO # 4.13

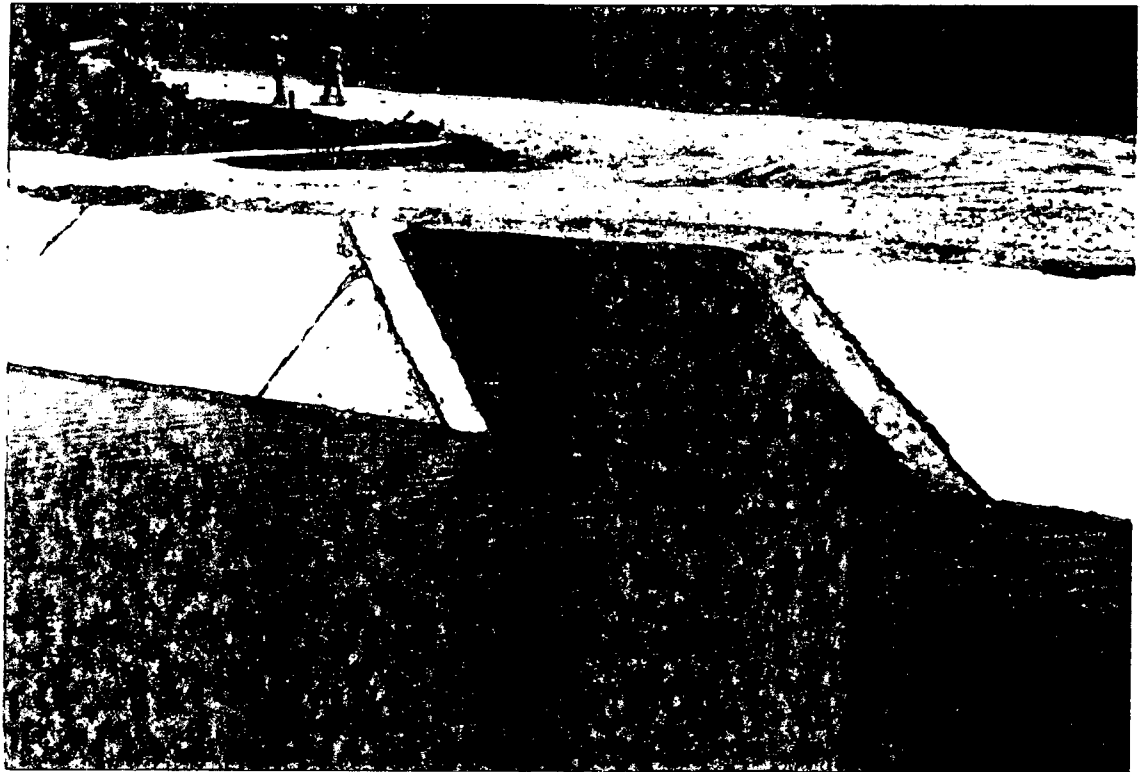


PHOTO # 5,14

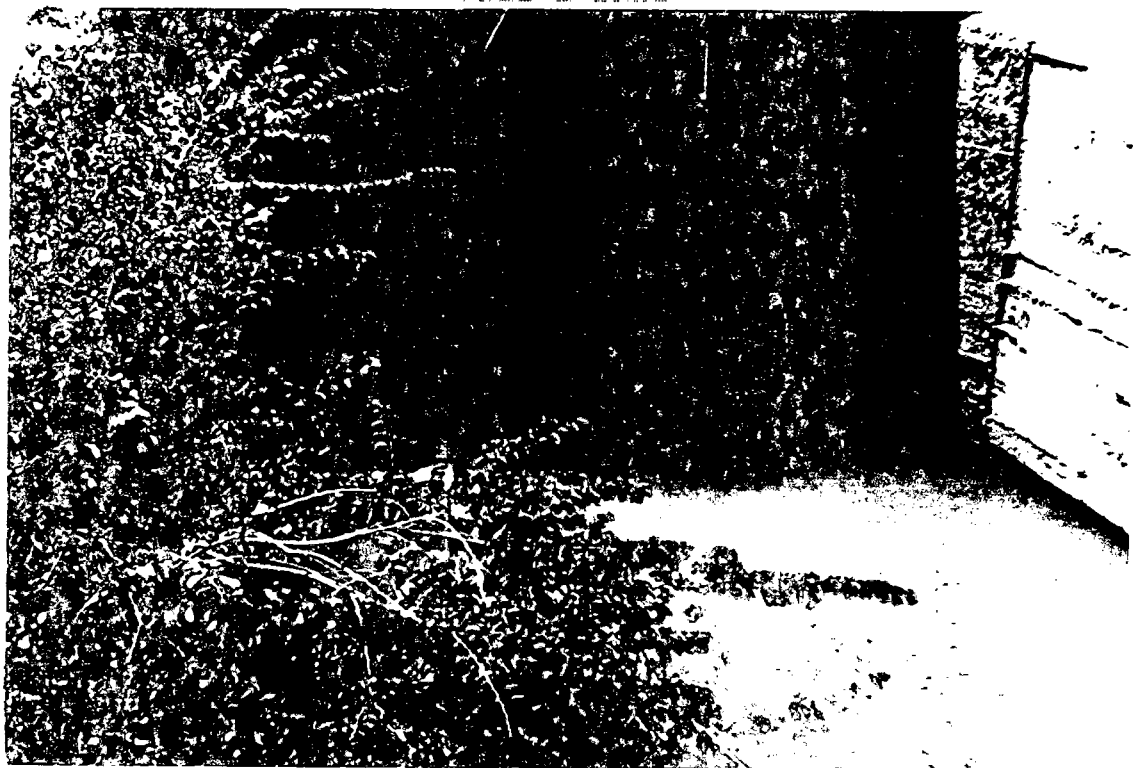


PHOTO # 5,15

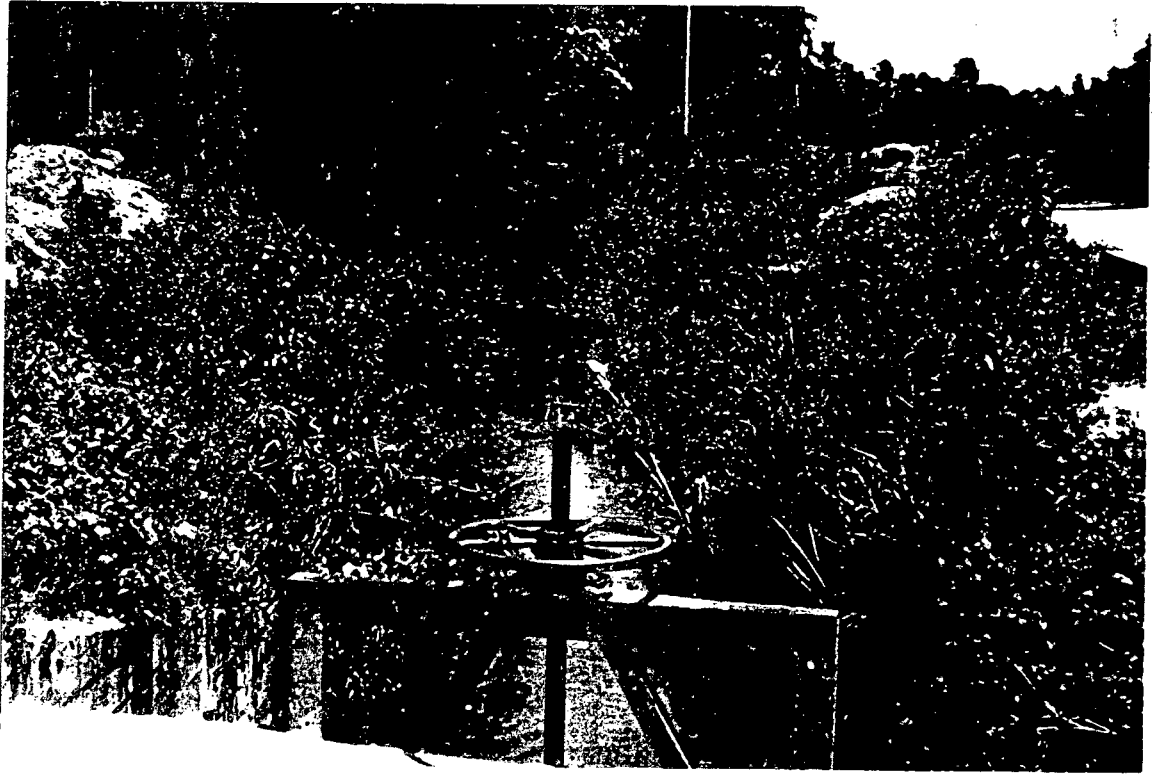


PHOTO # 4.16

en este caso, era el de aspersión.

Con la finalidad de emplear dicho método, se encomendo a la Sección de Riego del M.O.P. (1964), el proyecto y construcción de las siguientes obras:

a.- Obras de distribución:

-Una red secundaria para riego, constituida por los canales L-2 y SL2-1, ya descritos.

-Una red terciaria para riego constituida por tuberías de asbesto-cemento, enterrada, con una longitud de 770,59 metros.

-Equipo móvil de aspersión para cada una de las 142 parcelas que forman la primera etapa.

Cada parcela posee entre ocho y diez hidrantes, los que garantizan el control en la descarga y posible regulación de la presión, el gasto máximo que suministra cada toma parcelaria es de 28 m³/h. y su presión de trabajo es de 9 atm.

El equipo consta de 2 laterales (22 tubos de acople rápido) con nueve posiciones de aspersores y su respectiva llave para el hidrante. Los tubos son de aluminio de 6 mts. de largo y 2" de diámetro.

Los aspersores están separados cada 12 mts., montados sobre un elevador de 1,2 a 1,5 metros de altura, el

espaciamiento entre laterales es de 12 metros.

Cada aspersor cubre un área de 12x12 metros (144 m². seg/diseño). El aspersor de marca Rain Bird, modelo 30, serie tipo 88 pies, con dos boquillas de salida de diámetros 4,366 mm. y 2,381 mm. respectivamente. La presión de operación según el diseño original es de 36,75 lb/pulg²., con un gasto de diseño de 0,383 lts/seg.

b.- Estaciones de bombeo:

Existen cuatro estaciones, distribuidas de la siguiente manera:

-Dos en el canal L-2, conocida con los nombres de Estación A y Estación B. (Plano 4.4) (Foto 4.17).

-Dos en el canal SL2-1, conocidas con los nombres de Estación C y Estación D.

-A lo largo de los respectivos canales, específicamente en las progresivas donde se localizan cada una de las estaciones se construyó una retención que funciona como orificio y vertederos ahogados, la cual garantiza la carga requerida en la toma lateral de la estación, que alimenta la cisterna de la correspondiente estación de bombeo. (Foto 4.18)

La disposición lateral de la toma evita la formación de turbulencias estacionarias a su entrada, que

ESTACION "A"

R1
CANAL L-2 PROG 2 + 541
POZO DE SUCCION TIPO "X"
 $Q = 690.00 \text{ M}^3/\text{H} = 0.192 \text{ M}^3/\text{SEG}$

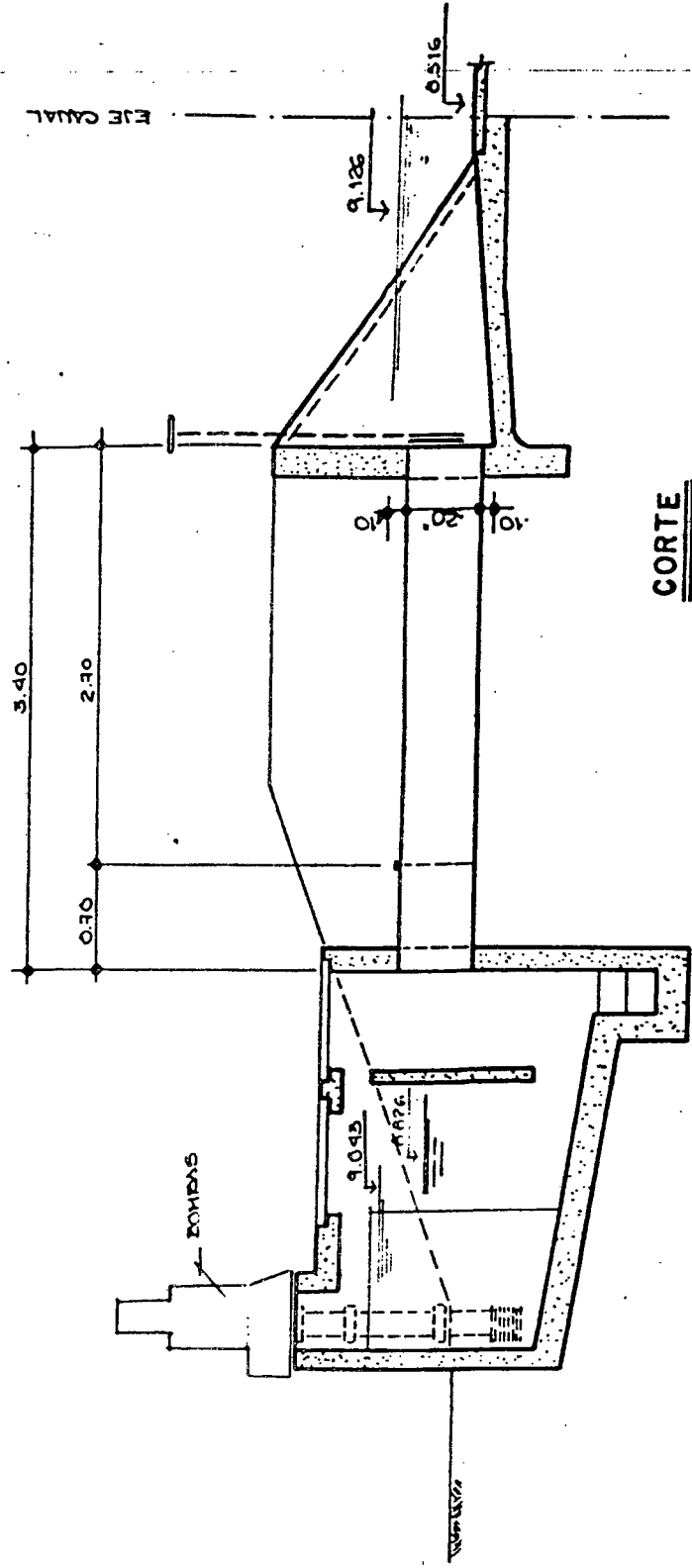




FOTO # 4.17

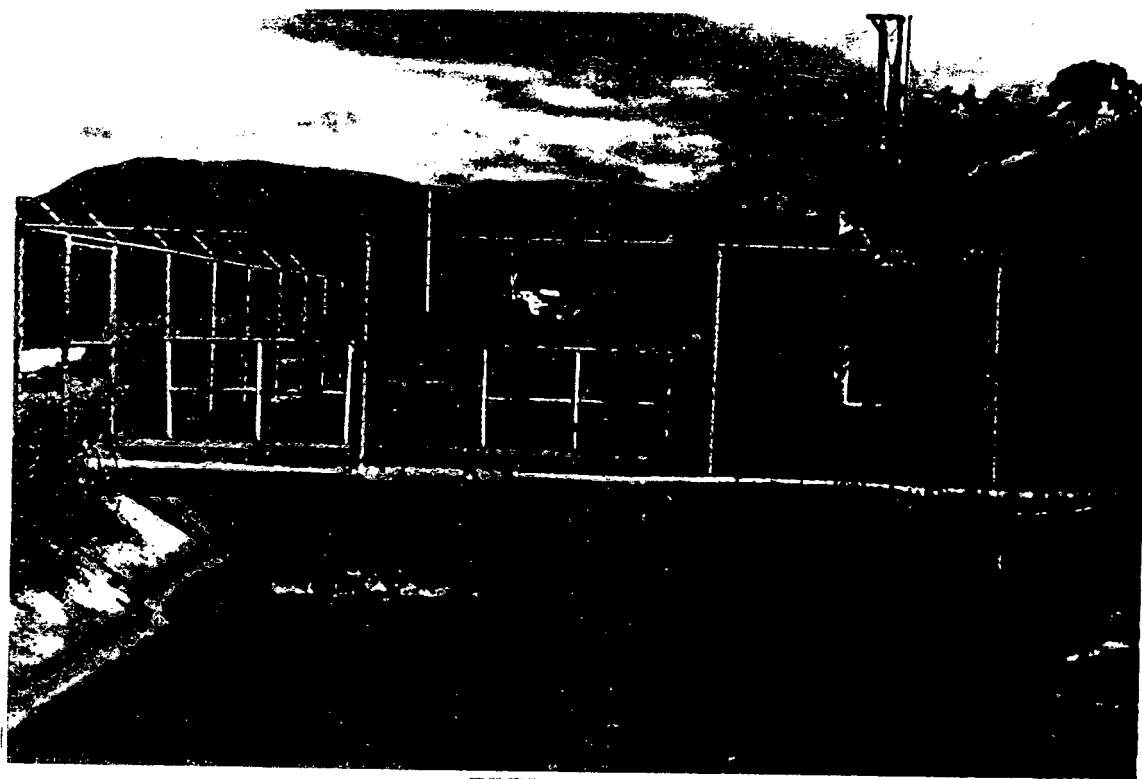


FOTO # 4.18

contribuirían con el depósito de sedimentos y consiguiente obstrucción de las bombas.

Las estaciones están equipadas por grupos de Bombas de eje vertical y tazones, con un sistema semi automático que al momento de una avería permite la operación manual de la estación.

Esta etapa es la que funciona actualmente.

c.- Red de Drenaje:

Constituida por 13549 mts. de canales excavados en tierra, de sección triangular, con taludes de pendiente 2:1.

d.- Red de Vialidad:

Constituida por 22730 mts. de vialidad interna con un ancho promedio de 5 mts.

II Etapa (Sector Oeste, CAMPOMA).-

Los cambios ocurridos, mencionados en los antecedentes en cuanto al método de riego a aplicar, lleva a que en la actualidad existan en esta etapa una serie de obras inconclusas.

a.- Una red secundaria de canales elevados

prefabricados tipo Mesogiorno con una longitud de 14 Kms. y sección variable según el gasto en los cuales faltan estructuras como tomas, partidores y compuertas. Habiéndose finalizado recientemente la impermeabilización de las juntas de los canales. (Foto 4.19).

Los canales construidos no operan.

b.- Una red secundaria de drenaje: constituida por una red de canales excavados en tierra de sección triangular, con una longitud de 43000 mts.

c.- Una red secundaria de vialidad: constituida por 17000 mts. de vías internas.

II Etapa (Sector Este, LAS MANOAS).--

Corresponde al sector denominado las Manoas. Se encuentra en régimen de parcelas dependientes del I.A.N., cuenta con una superficie cultivada de 400 Has. La única intervención del Sistema de Riego dependiente del M.A.C., es cumplir con la entrega de 500 lt/seg. de agua, para su usufructo.

Si bien el sector está parcelado y cuenta con supuesta dependencia y asistencia técnica del I.A.N., no cuenta con ningún tipo de obra de riego en funcionamiento pero si proyectada. Sólo utiliza canales excavados en tierra,

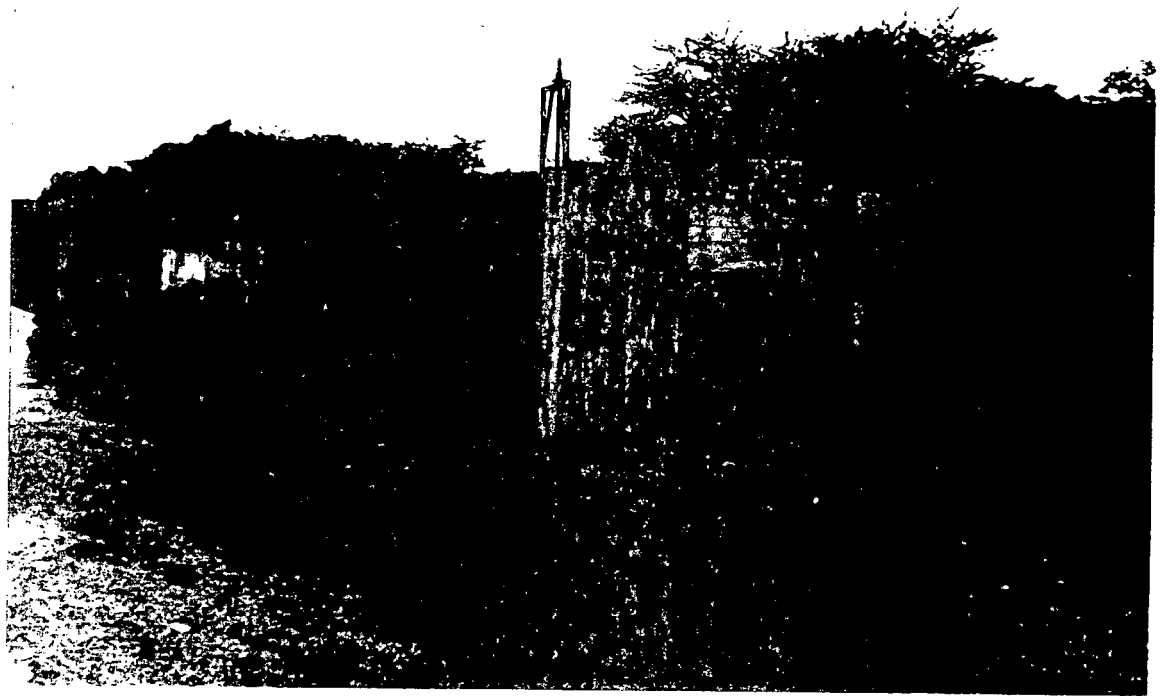


FOTO # 4.19.

realizados por los parceleros, sin ningún mantenimiento, ni obra para el control de agua para riego.

En cuanto a drenaje se refiere, existe una red de canales realizados por los parceleros, además se contempla el empleo de dos canales naturales existentes en la zona que drenan hacia la laguna de Bella Vista; pero actualmente se encuentran en completo deterioro debido al exceso de sedimentos.

Este sector cuenta con una red vial, constituida por 10.6 Km. de vías principales de 5,5 mts de ancho y 6,74 Kms. de vías secundarias de 5,5 mts de ancho, ambas engranzonadas.

Este sector tiene construido la estación de bombeo y el estanque elevado que debe recuperarse.

La experiencia con los canales en Campoma recomienda el uso del riego por aspersión.

INFRAESTRUCTURA CONSTRUIDA NO UTILIZADA

Estación de Bombeo:

El estudio del equipo y de las Obras de Ingeniería Civil de la Estación de Bombeo fué efectuado por la SOGREAH (9) en base a datos de gastos y presión y en base a los principios expuestos por ellos en la concepción del Sistema. (Plano 4.6)

Descripción de la Estación de Bombeo.

La estructura de la Estación de Bombeo propiamente dicha es monolítica, formando parte de ella el estanque de aspiración, el cual sirve de base a la superestructura. (Plano 4.7)

La alimentación de la estación de bombeo se hace por medio de una toma lateral en el canal principal existente. Esta toma está calculada para poder derivar un gasto de 2200 lps.

Esta toma comprende, rejillas, compuertas murales y compuertas de tablonés.

Inmediatamente después de la toma se encuentra un desarenador de 30 metros de largo al cual llega el agua después de haberse eliminado toda turbulencia por medio del

Canal Principal

Carretera de acceso

Canal lateral L2

Canal de Limpieza

Desviador

Tuberia Sector Oeste

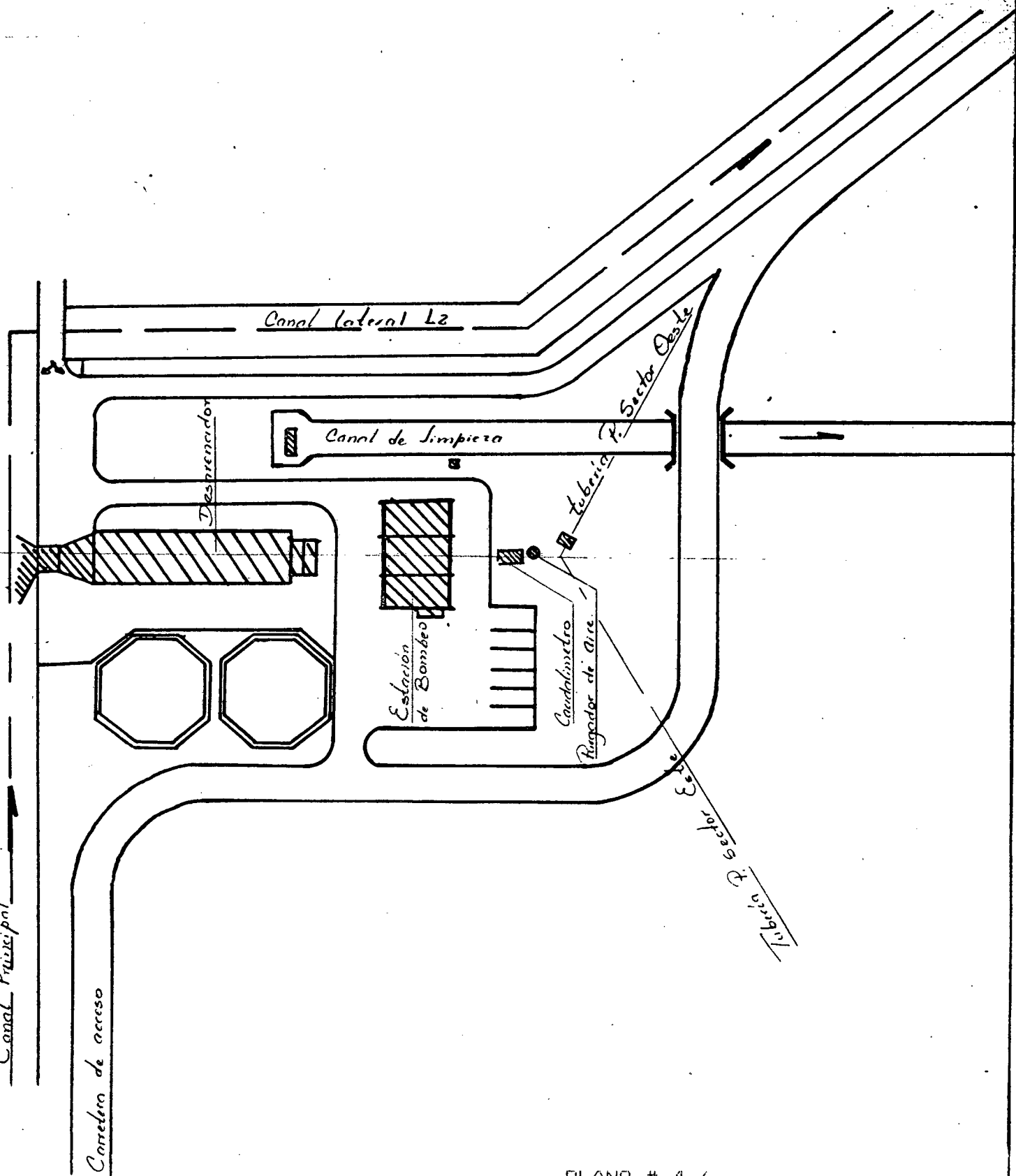
Tuberia

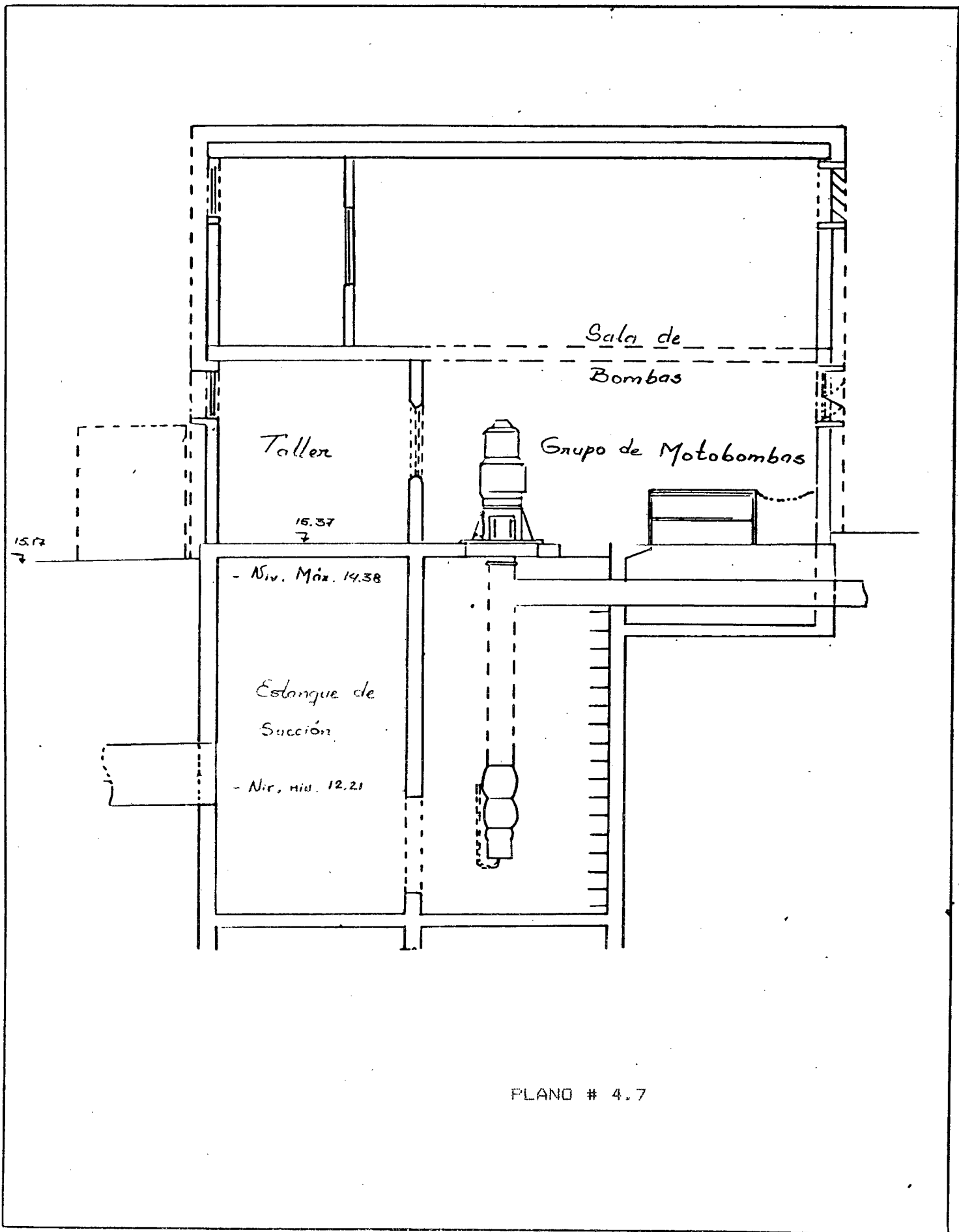
Estacion de Bombeo

Caudalimetro
Purgador de Aire

Tuberia Sector Este

PLANO # 4.6





FLANO # 4.7

paso a través de un muro perforado. El desarenador posee una cuneta central en la cual se depositan los sedimentos, y una estructura de limpieza de fondo.

El desarenador alimenta a su vez, por medio de un vertedero de cresta viva, una tanquilla que asegura una doble función: de una parte permite la instalación eventual de filtros de cadena que completen la acción del desarenador eliminando los pequeños cuerpos flotantes, particularmente las hojas; por otra parte, permite asegurar la adaptación de los gastos derivados del canal principal, prácticamente constantes para un día dado, a los gastos bombeados por la estación de bombeo, variables en el curso del día.

La finalidad de esta tanquilla sería comunicar el tanque de aspiración de las bombas con una laguna de regulación que se construiría al lado de la estación de bombeo en un futuro, es decir, cuando sea necesario controlar lo más precisamente posible la descarga de la presa Rafael Vegas León.

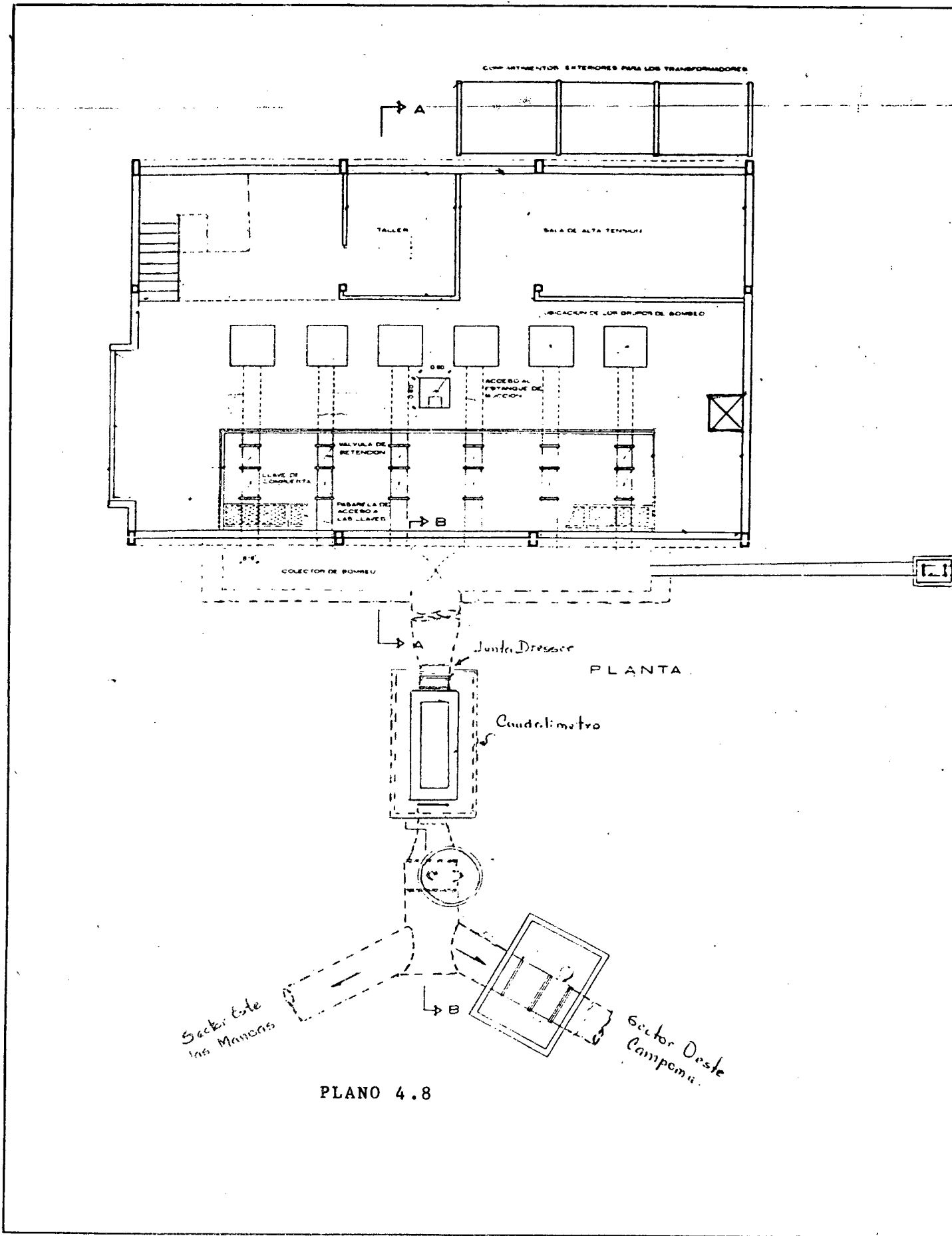
La estación de bombeo estaría equipada con 6 grupos de bombeo eléctricos, de eje vertical y tazones los cuales bombean en un colector único equipado con un caudalímetro electromagnético. De este colector parten las tuberías principales de los sectores Este y Oeste. (Plano 4.8)

Con la finalidad de protección anti golpe de ariete de

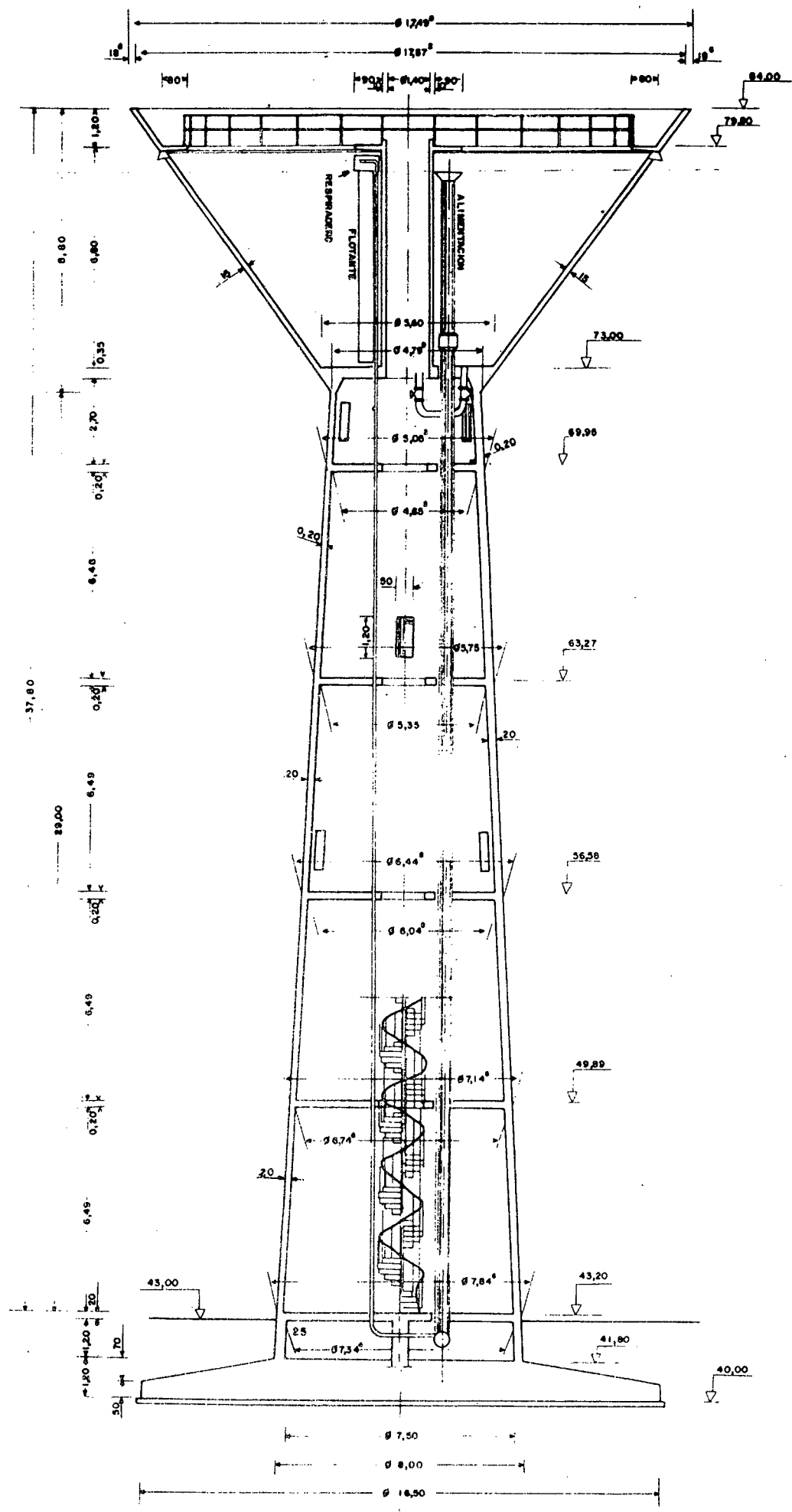
la estación y de las redes, en el caso de parada simultánea de todos los grupos de bombeo como resultado de una falla de la corriente eléctrica, se planteó la colocación de dos estanques hidroneumáticos de una capacidad total de 33 metros cúbicos cada uno situados a cada lado de la tubería principal, a la salida de la estación de bombeo. Cada uno de estos estanques contiene un volumen de aire aproximado de 4 metros cúbicos bajo la presión normal de funcionamiento de la estación.

Estanque elevado:

Estanque de concreto prefabricado, al aire libre, con una capacidad total de 500 metros cúbicos. La cota máxima del plano de agua en el estanque elevado es de 79 metros lo cual impuso una altura de estanque de 36 metros ya que el sitio escogido para su ubicación está a la cota de 45 metros. Este estanque impone el funcionamiento de los equipos de bombeo, a través de un sistema automático comandado por la detección de los niveles de agua en dicho estanque. El volumen necesario para esta regulación es de 180 metros cúbicos, para una variación de niveles de 1 metro y una frecuencia máxima de encendido de los grupos de 6 por hora. (Plano 4.9)



PLANO 4.8



PLANO 4.9

5.- CALCULO DE LA DEMANDA DE
AGUA PARA RIEGO

5.- CALCULO DE LA DEMANDA DE AGUA PARA RIEGO

Factores que influyen en el cálculo de la demanda.-

Varios son los factores que influyen en la determinación de las dimensiones y funcionamiento de los Sistemas Hidráulicos dependiendo de los objetivos perseguidos: Abastecimiento humano, control de creciente, etc. Por lo que es de singular importancia el poder evaluar apropiadamente la posible demanda de agua para riego.

Un desarrollo agrícola basado en la explotación del recurso tierra, depende básicamente del aprovechamiento de las condiciones climáticas y de los recursos hidráulicos existente en una determinada zona. Clima, agua y tierra, representan los tres factores naturales que interrelacionados, hacen posible la actividad vegetativa y como consecuencia el desarrollo de los cultivos.

Estos factores se combinan en cada zona, con características propias e intensidades distintas, marcando diferencias entre áreas de una misma región y entre

regiones. Los cultivos asimismo, tienen exigencias óptimas y límites que definen el rango de utilización combinada de estos recursos.

Para determinar los requerimientos de agua de un proyecto de desarrollo agrícola sobre la base del riego, cabe establecer primero las necesidades generales que permiten definir o no la realización de una obra de tal naturaleza lo cual no ocurre en nuestro caso por ser un sistema de riego en funcionamiento. Resuelta la formulación de un proyecto, la siguiente etapa consiste en la determinación de los requerimientos de riego de los cultivos a implantar: uso consuntivo o evapotranspiración; y estimar luego pérdidas: eficiencia de riego o sea el uso consuntivo que bajo determinadas circunstancias, representa un volumen de agua recuperable parcialmente por el sistema.

De esta manera los requerimientos de riego de un proyecto, resultan una función de un gran número de variables que toman en cuenta factores ambientales, de diseño y de operación del mismo. Estos factores pueden ser agrupados en edafoclimáticos, de ingeniería, agroeconómicos, legales e institucionales, sociales y humanos.

Con los comentarios anteriores, los autores desean llamar la atención en los principios que se utilizaron para calcular la demanda de agua necesaria en la II etapa (sector este-las manoas) del sistema de riego Cariaco, para así integrarla y optimizar su funcionamiento con respecto al resto del sistema. Dichos factores se discuten total o parcialmente a continuación:

Factores Edafoclimáticos:

Fueron mencionados al describir el sistema, pero se puede complementar al decir que los suelos predominantes en la II etapa (Sector Este-Las Manoas) son de textura franco arcillosa (33%), arcillosa (57%) y franco arenosa (10%). La precipitación media anual es de 892,8 mm., con precipitación máxima de 149,4 mm. la evaporación media anual de 2377,8 mm., con una evaporación máxima promedio mensual de 257 mm.

Factores Agrológicos:

Al encontrarse cultivada la II etapa (Sector Este-Las Manoas) por caña de azúcar se nos plantean dos alternativas: Respetar ese patrón de cultivo en el cálculo de la demanda

de agua para riego aunque no es la situación mas ideal; al estar asociada la producción óptima de un cultivo a una textura específica del suelo que no es la predominante en la zona, alternativa esta asumida para el cálculo de requerimiento de agua y determinación de gastos y respectivos diámetros de tuberías.

La segunda alternativa planteada es utilizar el plan agronómico de la I Etapa (tabla 5.1) y calcular la lámina de riego necesaria para cada uno de los cultivos, asociados a la textura del suelo recomendada para su siembra. Con lo cual se espera en un futuro poder corregir esta situación y solo faltaria verificar usando un cálculo de probabilidades al posible funcionamiento del sistema usando la teoría de Clement.

Tabla 5.1

Plan Agronómico (Primera Etapa)	
Caña de azúcar	Lechoza
Caracota	Aji
Plátano	Berenjena

Batata

Auyama

Maíz

Pimentón

Tomate

Melón

Yuca

Factores Legales, Institucionales y Humanos

Han influido en forma decisiva en la manera de enfocar la situación presente en la II Etapa (Sector Este). El querer optimizar e integrar esta zona al sistema de riego, se ha hecho con el cuidado que las modificaciones a efectuarse permitan respetar "Derechos adquiridos" por los regantes, a los cuales se les debe motivar con la intención de lograr su mayor colaboración ante estos cambios, sabiendo que redundarán en una mayor producción y por ende en mayores beneficios económicos para ellos. Al poder estimar en forma adecuada la demanda de agua para riego se podría actualizar el proyecto inicial de riego por aspersión para esta etapa, suspendido en el año de 1974 y que dejó construida una estación de bombeo y un estanque regulador que hasta la fecha sólo han representado una

inversión muerta. Las modificaciones recomendadas para aumentar la eficiencia global del sistema, permitirían representar la situación planteada en el embalse Clavellinos, el cual es la fuente mas importante de agua para abastecimiento humano en la localidad, debiendo dar abastecimiento a Margarita, Coche, Carúpano, Cariaco y pueblos vecinos, debiendose derivar el embalse 56.800.000 metros cúbicos anuales quedando para riego (118.100.000 - 56.800.000) = 61.300,000 metros cúbicos, como los cuales según datos de la desaparecida D.O.H. del M.O.F. satisfacen los 58.100.000 metros cúbicos anuales necesarios para el riego de 37,63 Has. (netas) y una eficiencia de 0,5 (50%) siendo este un criterio conservador.

Factores de Ingeniería

Abarcan la capacidad técnica puesta en la concepción formulación y proyecto de la obra, los cuales condicionan la inversión necesaria para su construcción y definen el desarrollo físico de las tierras, como también el esfuerzo puesto en su posterior operación. Ello en todas las etapas que puedan considerarse desde la presa hasta el método de riego de la parcela.

Los parámetros mencionados anteriormente inciden

proyecto de riego, siendo la mayor causa de variabilidad en los requerimientos de riego cuando se comparan proyectos en igualdad de condiciones ambientales. Sin embargo, a diferencia de lo que ocurre con los edafo-climáticos, estos factores están sujetos al control del proyectista y el se hace responsable de su correcta evaluación.

Para el caso del sistema de riego Cariaco el cual es el objeto de nuestro estudio, presenta un sector que no esta eficientemente explotado (Sector Este-Las Manoas). Las parcelas existentes en este sector son de 5 Has y se recomienda un método tecnificado de riego para aumentar en lo posible su rendimiento, tal método es el de riego por aspersión. La máxima velocidad del viento 2 metros sobre el suelo es de 10,1 Km/h en el mes de Mayo. Esta velocidad es tolerable y se podrian colocar cortinas rompe vientos como complemento. Al comparar con otros métodos las láminas necesarias a reponer, siempre la eficiencia es mayor para aspersión que para otros métodos como surcos, melgas, etc. Para justificar el comentario anterior los autores adjuntan tablas de eficiencias del riego por superficie (Tabla 5.2) y de riego por aspersión según Manual de Ames (1962). (Tabla 5.3)

EFICIENCIA DEL RIEGO POR SUPERFICIE

Según Manual AMES (1962)

TEXTURA DEL SUELO Y TOPOGRAFIA	SISTEMA DE RIEGO			
	Melgas	Surco o co- rrugación	Melgas en contorno	Tazas (pa- langanas)
1. Arenoso				
a) bien nivelado	60	40-50	45	70
b) nivelación insuficiente	40-50	35	30	—
c) quebrado o pendiente	—	20-30	20	—
2. Medio, profundo				
a) bien nivelado	70-75	65	55	70
b) nivelación insuficiente	50-60	55	45	—
c) quebrado o pendiente	—	35	35	—
3. Medio, poco profundo				
a) bien nivelado	60	50	45	60
b) nivelación insuficiente	40-50	35	35	—
c) quebrado o pendiente	—	30	30	—
4. Pesado				
a) bien nivelado	60	65	50	60
b) nivelación insuficiente	40-50	55	50	—
c) quebrado o pendiente	—	35-45	30	—

TABLA 5-2

EFICIENCIAS DE RIEGO POR ASPERSION
según Manual de Ames (1962)

LAMINA DE AGUA APLICADA mm	EVAPOTRANSPIRACION MAXIMA EN mm/día		
	5 mm o menos	5 - 7,5 mm	7,5 o más mm
	Velocidad de viento promedio < 6,4 Km/h		
25	68%	65%	62%
50	70%	68%	65%
100	75%	70%	68%
125	80%	75%	70%
	Velocidad de viento promedio 6,4 - 16 Km/h		
25	65%	62%	60%
50	66%	65%	62%
100	70%	68%	65%
125	75%	70%	68%
	Velocidad de viento promedio 16 - 24 Km/h		
25	62%	60%	58%
50	65%	62%	60%
100	68%	65%	62%
125	70%	68%	65%

TABLA 5-3

Habiendo definido los factores que influyen en el cálculo de demanda de agua para riego, se procede formalmente al cálculo de ésta.

El punto de partida para estimar los requerimientos de riego de un proyecto es la necesidad de agua que resulta del balance hídrico del suelo en equilibrio con el clima, donde la precipitación y la reserva de humedad en el suelo constituyen las entradas (haber) y la evapotranspiración las salidas (débito).

Dado que el agua se deriva, regula, conduce, distribuye y se aplica al terreno para compensar su deficiencia hídrica, todas las demás pérdidas son función de dicho déficit, y representan una fracción del mismo; de modo que el monto de las pérdidas, depende en principio de la velocidad de uso del agua por el cultivo, o sea de la evapotranspiración.

En su expresión mas simple, los requerimientos de riego de un proyecto durante determinado periodo de tiempo, resultan de :

$$\text{Requerimientos} = \frac{(\text{Evap. real ponderada}) - (\text{Aportes hídricos})}{\text{Eficiencia del Proyecto}}$$

del Proyecto

En el numerador se incluye la influencia de las

condiciones ambientales, ó sea la relación agua-suelo-planta, sobre la cual el hombre puede influir solo en parte, al decidir respecto a los cultivos y proporción relativa de cada uno de ellos en el patrón adoptado. En el denominador, en cambio, se incluye una expresión de la capacidad del hombre para aprovechar el recurso hídrico de acuerdo a su ingenio, habilidades y medios a su disposición (9)

Siendo la evapotranspiración tan importante en el cálculo de la demanda de agua para riego, definimos: La evaporación es el proceso físico por el cual el agua de un cuerpo terrestre experimenta un cambio de fase, de líquido a gas, y es transferido a la atmósfera circundante. La transpiración es la evaporación de agua en los organismos vivos, incluyendo las plantas. La evapotranspiración es la evaporación simultánea desde un suelo cubierto de vegetación y desde los tejidos de las plantas. Ya que las plantas aún las llamadas terrestres, son organismos fisiológicamente acuáticos; su máximo rendimiento biológico lo mantienen por una permanente hidratación. La transpiración, impulsada por el poder desecante de la atmósfera, hace fluir agua del suelo a las raíces y crea así internamente en la planta el ambiente acuático necesario a su fisiología. Además por transpiración se

desprende una parte considerable de la exagerada carga energética que la vegetación recibe del sol y del calor del aire. Por eso, la transpiración es una evaporación productiva. Por eso el hombre usa el riego para hacer que el tránsito del agua del suelo, a través de la planta, hacia la atmósfera sea lo mas productivo posible. (12)

La explicación anterior se justifica, ya que los autores en el cálculo numérico de la demanda de agua para riego como parte final de este anteproyecto usaron un modelo matemático que simula el crecimiento de la planta y calcula la lámina a regar en determinado intervalo de tiempo, asociado a la evapotranspiración máxima, por lo que vale comentar que existen numerosos métodos para cálculo de la evapotranspiración desarrollados a diferentes niveles de detalle. Algunos de estos métodos son citados y explicados parcialmente a continuación como una nota informativa.

6.- PROCEDIMIENTOS PARA ESTIMAR
LA EVAPOTRANSPIRACION

PROCEDIMIENTOS PARA ESTIMAR
LA EVAPOTRANSPIRACION.

En base a la radiación neta.

Fórmula de Penman.

Penman ha combinado la ecuación de balance de Energía, con la ecuación aerodinámica, para obtener una expresión que permita calcular la evapotranspiración de una superficie libre de agua, E_o :

$$E_o = (\Delta R_n + \gamma E_a) / (\Delta + \gamma)$$

donde:

- Δ Es la pendiente de la curva de Tensión de vapor Vs Temperatura
- R_n Es la radiación neta, en mm/día
- γ Es la constante psicrométrica, $\gamma = 0.27 \text{ mm Hg/F}^{\circ} = 0.49 \text{ mmHg/C}^{\circ}$
- E_a Es el poder evaporante de la atmosfera obtenido por medio de la ecuación aerodinámica, en mm/día.

Para pasar de evaporación de una superficie libre de agua a evapotranspiración, Penman (1948) utiliza un factor reductor, f , cuyos valores oscilan desde 0,6, para los meses invernales, a 0.8 para los meses de verano. Con relación a una superficie libre de agua, f , tiene en cuenta el menor número de horas diarias que los estomas de las plantas permanecen abiertos. Por lo tanto:

$$ETP = E_o \cdot f$$

En base a medidas de radiación solar.

Fórmula de Jensen y Haise.

El procedimiento de Jensen y Haise (1963), ha sido desarrollado para estimar la evapotranspiración que se produce en periodos de una semana, en función de los registros de radiación solar, R_s . Para diferentes cultivos, dichos Autores han representado la relación E_t/R_s , en función de:

- a) El porcentaje de cubrimiento del terreno por el volúmen foliar del cultivo, estimado en forma relativa, en cultivos anuales; alcanzando el 100% del cubrimiento del suelo, se consideran simplemente los días después de dicha etapa.
- b) El porcentaje de duración de la estación de crecimiento en alfalfa.
- c) Valores absolutos de tiempo, días o meses, en frutales.

La fórmula de Jensen y Haise expresa que:

$$E = (Et/Rs)_m Rs$$

donde: $(Et/Rs)_m$ es el valor promedio de la relación, correspondiente a un periodo específico, adimensional.

R_s es la radiación solar, promedio del periodo correspondiente expresada en altura equivalente de agua evaporada, en mm/día.

Jensen y Haise (1963) han obtenido asimismo, una fórmula para evapotranspiración potencial, ETP, en función de la radiación solar y de la temperatura media en °F, que convertidos a °C, se expresa:

$$ETP = (0,078 + 0,0252 T C) R_s$$

En base a la evaporación del tanque

Las medidas de evaporación de una superficie libre de agua en el tanque evaporímetro, E_v , integra los efectos de los diferentes factores meteorológicos que influyen en la evapotranspiración. Estudios de correlación en diferentes cultivos y periodos del ciclo vegetativo, permiten obtener coeficientes para estimar E_{tp} , en función de la evaporación de una superficie libre de agua:

$$E_{tp} = E_v \cdot K$$

Trabajos experimentales de evaluación del comportamiento de diferentes tanques, han sido realizados por Pruitt (1960) con relación a la evapotranspiración en lisímetros de una completa cobertura vegetal. Para el cálculo al K existen tablas especializadas según el tipo de Tina Evaporimétrica utilizada.

Dada su mayor universalidad, ya que se emplea en la mayor parte de los servicios meteorológicos, se ha usado más frecuentemente el tanque standard tipo A, del servicio metereológico de los Estados Unidos.

Anderson (1963) y Grassi y Christiansen, Grassi (1964). han propuesto procedimientos para estimar Et en base a Ev. El procedimiento de Anderson se basa en una curva única, que vincula el porciento de la relación máxima Et/Ev, con el por ciento del periodo de crecimiento activo de la planta. Conocida la relación máxima para el cultivo para diferentes especies de california se ajustan las relaciones obtenidas directamente de la curva única para

cada periodo del ciclo vegetativo, multiplicándolo por el valor tabulado.

Grassi y Christiansen, Grassi han obtenido la siguiente ecuación; para estimar E_t en base a E_v :

$$E_t = 0.95 E_v CT CVC F$$

y también

$$CT = 1.40 - 0.020 T C$$

$$CVC = 0.0942 + 0.0277Vc - 0.0002126 Vc^2$$

donde:

T es la temperatura en grados centigrados

CT es el coeficiente de temperatura, adimensional.

Vc es el por ciento de la duración del ciclo vegetativo.

CVC es el coeficiente del ciclo vegetativo, adimensional.

F es el factor de cultivo.

En base a datos climáticos

Fórmula de Blaney y Criddle.

El método de Blaney-Criddle (1950) fue desarrollado para las condiciones del Oeste de los Estados Unidos, relacionando valores reales (actuales) de uso consuntivo, con la temperatura media mensual, t y el porcentaje mensual de las horas anuales del brillo solar, p , la fórmula general, que permite determinar el uso consuntivo o evapotranspiración real del mes se escribe:

$$u = k \cdot f$$

Para el ciclo vegetativo de un cultivo de n meses:

$$U = \sum^n (k \cdot f) = k \cdot F$$

Donde:

k es el coeficiente mensual de cultivo

f es el factor de uso consuntivo mensual

K es el coeficiente de cultivo para la estación de crecimiento o ciclo vegetativo.

F es la suma de los factores mensuales de uso consuntivo.

Las expresiones anteriores son válidas para la

temperatura en grados °F y evapotranspiración en pulgadas.
 Para temperatura en grado °C y u en mm/mes, la expresión f
 sería:

$$f = (0.457t + 8.13)p$$

Dado que aún para terreno completamente cubierto de
 vegetación, caso de la alfalfa y de la gramíneas perennes,
 la fórmula de Blanney-Criddle requiere un coeficiente de
 cultivo variable a lo largo de la estación de crecimiento,
 Stephens y Stewart (1963) han introducido en la fórmula
 anterior un factor de corrección, en función del ángulo
 cenital. Con idéntico objetivo es un trabajo del servicio
 de conservación de suelos, de los Estados Unidos, discutido
 por Castilla Pérez (1965), se introduce un factor de
 correlación de k en función de la temperatura media del
 mes.

Por lo tanto:

$$k = k_t \cdot k_c$$

donde:

$$k_c = 0.24 + 0.0312 t^{\circ}\text{C}$$

k_c es un factor de cultivo que varía a lo largo del
 ciclo vegetativo.

Fórmula de Grassi-Christiansen

Trabajando con los datos compilados por Jensen y Haise (1962) pero incluyendo la radiación al tope de la atmósfera, R , en lugar de la radiación solar, R_s , y un mayor número de factores meteorológicos, Grassi y Christiansen, Grassi (1964), obtuvieron la siguiente ecuación:

$$E_t = 5.46 CR.CClc.CT.CTD.F, \text{ mm/día}$$

que también puede escribirse:

$$E_t = E_{tp}. C_{vc}. F$$

Para cada uno de los coeficientes anteriores se ha determinado una ecuación:

$$CR = 0.1824 + 0.0575 R$$

$$CClc = 1.15 - 0.05 Clc$$

$$CT = 0.62081 + 0.02633T - 0.0003682 T^2$$

$$CTD = 0.9361 + 0.007670 TD$$

$$C_{vc} = 0.0942 + 0.02774 Vc - 0.0002126 Vc^2$$

donde:

R es la radiación teórica al tope de la Atmósfera, en mm/día.

Clc es la nubosidad expresada en décimos

T es la temperatura en grados C

Vc es el por ciento de la duración del ciclo vegetativo.

F es el factor de cultivo.

- Fórmula de Hargreaves

La fórmula de Hargreaves (1956), permite calcular el uso consuntivo mensual, en función de la temperatura media, la humedad relativa media al mediodía y la duración del día dependiente de la latitud. Ultimamente (1966), su autor ha introducido factores adicionales de corrección de la fórmula y una tabla que incluye coeficientes para tener en cuenta el efecto del cultivo.

En unidades métricas y con temperaturas en grados C, la fórmula se expresa:

$$E_t = 17.37 \text{ kdT} (1.0 - 0.01 \text{ Hn})$$

donde:

k es un coeficiente empírico de cultivo.

d es un coeficiente mensual de duración del día.

T es la temperatura media mensual.

Hn es la humedad relativa media, al mediodía.

el Coeficiente d está relacionado con el p de Blaney-Criddle, de modo que:

$$d = 0.12 p$$

Dado que la fórmula ha sido desarrollada para condiciones meteorológicas medias, los resultados mejoran al ser afectados por los siguientes factores de corrección, según Hargreaves (1966):

a.- Efecto de la velocidad del viento: los resultados

deben aumentarse o disminuirse en 9% por cada 50 Km/día de aumento o disminución, con respecto a 100 Km/día que corresponde a las condiciones de obtención de la fórmula.

b.- Duración del resplandor solar: la fórmula se obtuvo con una insolación del 90%. Para situaciones diferentes corresponde aplicar las siguientes correcciones.

Insolación%	30	40	50	60	70	80	90
Corrección%	-34	-28	-24	-20	-16	-9	0

c.- Altitud: Los resultados deben aumentarse en 1.0% por cada 100 m. de elevación a partir de los 150 m. que corresponde a las condiciones de obtención de la fórmula.

Metodo de Thornthwaite

Thornthwaite establece una relación entre la temperatura media mensual y la evapotranspiración potencial para un mes de treinta días con doce horas de luz así:

$$e=c.t^a$$

Donde:

e Es la Evapotranspiración potencial mensual sin ajustar.

t Es la temperatura media mensual

c y a Son coeficientes que varían de un lugar a otro.

Las líneas de correlación entre Temperatura y Evapotranspiración, convergen en el punto 135 mm, 26,5 grados C.

El índice mensual de calor se obtiene de la ecuación:

$$i=(t/5)^{1,514}.$$

La suma de los valores para los doce meses da un índice de valor anual I. Este índice varía entre cero y 160, y el exponente "a" entre 0 y 4,25.

La relación entre I, a y c se aproxima a:

$$a=0.000000675 (I)^3-0.0000771 (I)^2+0.01792 I+0.49239.$$

El coeficiente c varia inversamente con I. De estas relaciones se obtiene una ecuación general para la evapotranspiración potencial mensual no ajustada.

$$e=1,6 (10 t/I)^a$$

Los valores obtenidos con esta fórmula hay que ajustarlo mediante una corrección dependiente del número de días del mes y de horas de insolación teórica. (11)

La fórmula de Penman es el resultado de un racional planteo físico, pero se basa en varios factores meteorológico, que no se observan sino en las estaciones meteorológicas de primera categoría.

Las pruebas con la fórmula de Thornthwaite (cabe destacar que dicha fórmula no es apta para zonas tropicales), en cambio, dieron mayor desplazamiento de la recta que representa la ecuación de regresión. Las estimaciones en todos los casos han sido inferiores, como se evidencia también al estudiar la marcha de la relación $ETP/ETP_{calculado}$, a lo largo del ciclo:

En general los resultados con las fórmulas de Thornthwaite no son buenas en condiciones de arides y semi-arides, ya que ha sido desarrollada con datos del área húmeda de los Estados Unidos.

La fórmula de Blaney-Criddle, arroja valores superiores en condiciones de bajas exigencias evapotranspiratorias ($<$ de 5 mm/día) y valores inferiores con altas exigencias ($>$ de 5mm/día). La gran variación de ETP/f a lo largo del ciclo, muestra la necesidad de un coeficiente corrector aún en las condiciones de uniformidad mantenidas en el lisímetro.

El método de Blaney-Criddle, aún cuando emplea los mismos datos que el método de Thornthwaite, presenta la ventaja de haber sido desarrollado en base a datos obtenidos en experiencias de riego, en condiciones de arides y semi-arides. Además, incluye un coeficiente k que tiene en cuenta el factor de cada cultivo; pero dado que dicho coeficiente varía a lo largo de la estación de crecimiento, la correcta elección de k , para estimaciones mensuales, depende de la experiencia local o del criterio de quien emplea el procedimiento.

La medida de la evaporación en el tanque standart tipo A, Ev , ha arrojado en las pruebas realizadas en lisímetros valores superiores a E . La curva de variación de ETP/Ev a lo largo del ciclo, muestra la mayor constancia, si se comparan entre sí las cuatros relaciones consideradas, poniendo en evidencia claramente la necesidad de un coeficiente reductor cuyo valor oscila alrededor de 0.8

Dado que la evaporación del tanque es un proceso similar a la evapotranspiración ya que integra la mayor parte de los factores que intervienen en el mismo, parece ser hasta el presente el procedimiento más confiable. Lamentablemente se trata de un dato escaso, ya que se

registra solamente en las estaciones completas; además, los procedimientos que permiten estimar la evaporación del tanque, se basan a su vez en un gran número de factores meteorológicos algunos de los cuales, tensión de vapor y velocidad del viento también son escasos. Los procedimientos propuestos por Hansen (1963), Anderson (1963) y Grassi-Christiansen (1964), permiten obtener la evapotranspiración actual, E_t , en base a E_v .

En las áreas del Trópico, las variaciones de la temperatura media a lo largo del año son mínimas así como las diferencias en los valores tabulados de la radiación teórica y la duración del día.

7.- METODO DE RIEGO ASOCIADO A
LA EVAPOTRANSPIRACION

METODO DE RIEGO ASOCIADO
A LA EVAPOTRANSPIRACION

(Por el Método del Umbral Óptimo)

Como se mencionó anteriormente varios son los factores que influyen en la demanda de agua para riego; estos factores se pueden agrupar en dos grupos.

El primero contiene los parámetros necesarios para el cálculo de la demanda neta de la planta, como tipo de cultivo, suelo a ser sembrado, y condiciones meteorológicas como precipitación y evaporación.

El segundo grupo se refiere a los parámetros que definen como, cuando y en que cantidad, se debe aplicar el agua para satisfacer la necesidad neta de la planta, y que están asociados al diseño y manejo del agua en las conducciones principales, secundarias y parceleras, y cuyo efecto es conocido como eficiencia global de riego, y que depende del método de riego, red de distribución y habilidad de los parceleros para aplicar la lámina de

riego.

Estas ideas llevaron a los autores a investigar los métodos de cálculo tradicionales y decidirse a utilizar para el cálculo de la demanda de agua para riego, el método de riego fisiológico o riego asociado a evapotranspiración máxima nombrado en la literatura "Metodo del Umbral Optimo" desarrollado por el profesor Aldo Norero Sch. miembro del CIDIAT y publicado el año 1976 bajo el título de Evaporación y Transpiración; en el cual se concluye que fisiológicamente, el uso restringido del agua del suelo es normalmente desfavorable al desarrollo y producción vegetal. Esto descarta la práctica habitual de el pasado de considerar que el consumo de agua aprovechable se hace siempre a una intensidad igual a la evapotranspiración máxima. Hoy se sabe que esto no siempre ocurre, y que la tasa efectiva de extracción de agua depende de la interacción de factores climáticos, edáficos y vegetales (Taylor y Shcroft-1972). El método indica que la óptima provisión de agua es aquella que mantiene en el suelo el nivel de humedad sobre el punto de marchitamiento incipiente conocida como Umbral Optimo, que no es más que la fracción de la humedad volumétrica aprovechable que ya a sido utilizada a la tasa máxima ETX cuando se produce el marchitamiento incipiente. Con lo que se rechaza el

criterio tradicional usado en riego técnico y que adopta un valor de agotamiento del 50% del agua total aprovechable, para asegurar el cumplimiento de la condición anterior. No obstante, por lo expuesto antes, es evidente que existen circunstancias de clima, suelo y vegetación en las que esa convención resulta en una sobre estimación, y en otras en una subestimación, de las necesidades óptimas de agua.

El haber mencionado el término marchitamiento incipiente, implica su explicación la cual esta asociada a la evapotranspiración máxima, si la evapotranspiración es baja, la tasa de extracción por medio de las raíces es baja, siendo estas capaces de transportar agua a la velocidad requerida (demanda evaporadora). En este caso, el agotamiento del agua procede uniformemente desde el nivel máximo de retención (C.C), hasta el nivel mínimo (P.M.P.), donde cesa abruptamente. El agua aprovechable total es utilizada a una tasa constante e igual a la evapotranspiración máxima. Si la tasa de extracción es inicialmente mayor que la situación anterior, los primeros volúmenes extraídos por las raíces son satisfechos con las reservas de agua de los poros más gruesos, aumentando la resistencia del suelo a ceder el agua a la tasa fijada, llegando a un punto donde la resistencia al flujo es tan grande que el flujo de agua extraída por las raíces es

despreciable en comparación al flujo inicial, por lo que la insuficiente conductividad hidráulica restringe gradualmente la tasa de evapotranspiración por debajo de su valor máximo. Esta reducción se produce por el cierre parcial de las estomas, las cuales de este modo tienden a igualar las pérdidas de agua de las hojas con los escasos ingresos de las raíces. Es decir se ha producido un marchitamiento incipiente.

En el Modelo utilizado por los autores, además de los factores de suelo, cultivos y clima se incorporan tres factores adicionales que influyen en la demanda total generada en el área de riego. Estos son: la fecha de siembra, plan agronómico durante el periodo de planificación y los turnos de siembra establecidos para cada cultivo específico.

Esta forma de evaluar la demanda de agua para riego aunque parezca bastante detallado y laborioso para un trabajo a nivel de anteproyecto, fué resuelto por los autores al sistematizar este enfoque usando una computadora y desarrollando el método a través de un programa en lenguaje BASIC.

Como generalmente la demanda de riego se establece

como doce valores mensuales fijos, obtenidos a partir de valores promedios de evaporación y precipitación, este tratamiento no es el indicado cuando se evalúa el comportamiento del sistema hidráulico ante diferentes secuencias hidroclimáticas de igual probabilidad de ocurrencia que el registro utilizado. Resulta evidente que la demanda de agua para riego tendrá un cierto comportamiento estocástico al ser función de la precipitación y evaporación.

La inclusión de los planes agroeconómicos del sistema de riego, tipo de explotación, resultan de gran importancia. Ello permite analizar el efecto que puede tener el desplazamiento de las fechas de siembra y/o el cambio de patrones de cultivos, en las demandas para riego, cuidando que las hipótesis que se formulan debe tener buenas bases agronómicas, sociales y económicas tales como insumos necesarios, mano de obra, posibles mercados (demandas).

Otra facilidad obtenida de la interpretación de los resultados, recordando que la demanda tradicionalmente podía ser sobre o subestimada, es que la demanda obtenida proviene de un cálculo racional al intentar evaluar la mayor cantidad de factores que afectan esta demanda, lo que

permite fijar razonables predimensionamientos de las infraestructuras para riego: y no diseñar las obras para las condiciones más críticas de la demanda olvidándonos del periodo de recurrencia de la misma, la cual puede ser muy alta. Esto conduce a diseñar estructuras que puedan funcionar bajo estas condiciones, pero que también pueden estar ociosas la mayor parte de su vida útil.

Por lo que es importante fijarse que el modelo utilizado provee información suficiente para hacer un análisis de distribución de probabilidades de las demandas mensuales y/o anuales, a fin de ajustar mejor los predimensionamientos.

Factores considerados en el método del Umbral Óptimo:

El primer factor considerado es el clima. Este se manifiesta en el proceso de evapotranspiración. Por lo que la evaporación (Tabla 3.4) y la precipitación (Tabla 3.3) medidas o estimadas son datos de entrada al modelo.

Un segundo factor considerado es el fitotécnico. Dicho factor se evalúa a partir del efecto producido por parámetros como coeficiente de altura y frondosidad del cultivo o coeficiente de desarrollo foliar (α) (Tabla 7.1),

Tabla 7.1 Coeficiente de desarrollo foliar para el cálculo de la evapotranspiración máxima.

<u>Cultivos</u>	<u>Ejemplo</u>	<u>a</u>
muy frondosos, altos, de largo período vegetativo (>5 meses), o sembrados muy tupidos.	caña de azúcar, pasto elefante, sorgo forrajero, etc.	6.2
frondosos, de mediana estatura, de 3 - 5 meses de desarrollo.	maíz, sorgo grano, arroz, tabaco, algodón, yuca, tomate, etc.	4.8
poco frondosos, baja estatura, de rápido y corto desarrollo (3 meses), o sembrados muy separadamente.	cañote, maní, hortalizas bajas, frutales espaciados, etc.	3.4

Tabla 7.2 Coeficiente de densidad de enraizamiento, r , para el cálculo del umbral óptimo de riego. (Norero, 1976 c).

<u>Característica radicular</u>	<u>Ejemplo</u>	<u>r</u>
muy profusas	gramíneas, pratenses	0.7 - 1.0
profusas	maíz, sorgo, arroz, girasol	0.5 - 0.7
moderadamente densas	caña de azúcar, soya, algodón, maní	0.3 - 0.5
poco densas	papa, tabaco, hortalizas, banano	0.2 - 0.4

duración del ciclo de desarrollo o periodo de crecimiento en días (T_c) y coeficiente de enraizamiento (r) (Tabla 7.2). El coeficiente de desarrollo foliar refleja el efecto del tamaño y densidad del follaje en la evapotranspiración. El periodo de crecimiento del cultivo permite introducir un factor que pondera el efecto de las diferentes etapas del crecimiento vegetativo en la evapotranspiración, dicho factor esta relacionado con el grado de desarrollo foliar y con la profundidad enraizada promedio en cada mes del ciclo vegetativo. El coeficiente de densidad de enraizamiento considera la capacidad de extracción de agua del suelo por parte de las raíces.

Un tercer factor que relaciona el suelo con el cultivo es la profundidad enraizable o zona radicular típica (Tabla 7.3).

Estos factores pueden ser datos de entrada al modelo (programa) (Anexo 1) o tomados de una matriz de valores medios que forma parte de un archivo de datos y que conformaron los autores para veinte y seis (26) cultivos utilizando tablas de la referencia citada y que fue complementada por los mismos, estimando los datos faltantes por consensos con profesionales en agronomía y revisando la bibliografía existente (Tabla 7.4).

Tabla 7.3 Zona radicular típica, que contribuye la mayor parte del agua aprovechable. (Adaptado con modificaciones, de Grassi, 1976;.

<u>Tipo de suelo</u>	<u>Zona radicular, R_x, cms.</u>		
	a) Hortalizas, papas	b, Maíz, algodón, tabaco, sorgo, etc.	c) Alfalfa, pastos, arbustos
arenoso	40	65	80
franco arenoso	40	80	80
franco	50	80	100
franco arcilloso	35	70	80
arcilloso	20	40	60

TABLA 7.4 (A)

COLUMNA	DENOMINACION
1	CULTIVO
2	TIEMPO DE CULTIVO
3	COEFICIENTE DE ENRAIZAMIENTO
4	COEFICIENTE DE DESARROLLO FOLIAR
5	PROF.TIPICA DE ENRAIZAMIENTO EN ARCILLA
6	PROF.TIPICA DE ENRAIZAMIENTO EN ARCILLA
7	PROF.TIPICA DE ENRAIZAMIENTO EN ARCILLA
8	PROF.TIPICA DE ENRAIZAMIENTO EN SUELO
9	PROF.TIPICA DE ENRAIZAMIENTO EN SUELO F
10	PROF.TIPICA DE ENRAIZAMIENTO EN SUELO F
11	PROF.TIPICA DE ENRAIZAMIENTO EN SUELO F
12	PROF.TIPICA DE ENRAIZAMIENTO EN SUELO F
13	PROF.TIPICA DE ENRAIZAMIENTO EN SUELO F
14	PROF.TIPICA DE ENRAIZAMIENTO EN ARENA

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
ALGODON	4	0.4	4.8	40	40	40	74	70	40	40	80	80	65
ARROZ	4	0.6	4.8	70	40	70	74	70	70	70	80	80	65
PLATANO	12	0.3	3.4	50	20	50	40	35	50	50	50	40	40
CANA	12	0.4	6.2	100	60	100	87	80	100	100	100	80	80
CARROTA	3	0.3	3.4	50	20	50	40	35	50	50	50	40	40
CEBOLLA	4	0.3	3.4	50	20	50	40	35	50	50	50	40	40
FRIJOL	4	0.3	3.4	50	20	50	40	35	50	50	50	40	40
GUANABANA	12	0.4	3.4	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
SUAYABA	12	0.4	3.4	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
LECHIZA	10	0.4	3.4	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
LIMON	12	0.4	3.4	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
MAIZ	4	0.6	4.8	70	40	70	74	70	70	70	80	80	65
MANGO	12	0.4	3.4	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
MANI	3	0.4	3.4	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
MELON	3	0.3	3.4	20	20	20	40	35	20	20	50	40	40
NISPERO	12	0.4	3.4	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
BATATA	4	0.3	3.4	50	20	50	40	35	50	50	50	40	40
PASTO	12	0.85	5.5	60	60	60	87	80	60	60	100	80	80
PATILLA	3	0.3	3.4	20	20	20	40	35	20	20	50	40	40
PIHENTON	3	0.4	4	40	40	40	74	70	40	100	80	80	65
SORGO	4	0.6	4.8	70	40	40	74	70	70	70	80	80	65
SOYA	5	0.3	3.4	50	20	50	40	35	50	50	50	40	40
TABACO	4	0.3	4.8	50	40	50	74	70	40	40	80	80	65
TOMATE	3	0.6	4.8	50	20	50	74	70	40	40	80	80	65
UVA	12	0.4	3.4	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
YUCA	18	0.3	4.8	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80

TABLA 7.4 (B)

El cuarto factor, el edáfico (suelo) se considera a través de su textura la cual lleva asociados una densidad aparente (Fig 7.1), un coeficiente hidrodinámico (Fig 7.2) y valores de capacidad de campo (C.C) y punto de marchitez permanente (P.M.P) que sirven para calcular la fracción volumétrica de agua aprovechable. La textura puede ser obtenida por mediciones o estimada a través de una subrutina del modelo (programa) que clasifica el suelo por su textura conocidos los porcentajes de combinación de arcilla, limo y arena. Los valores restantes también pueden ser medidos o estimados de una matriz de datos medios al conocer la textura del suelo y que forma parte de un archivo de datos del programa creado usando figuras de la referencia citada (Tabla 7.5). Los factores agroeconómicos son evaluados a través de los patrones de cultivo, fecha de siembra y forma de explotación del cultivo si es intensiva o no.

A continuación se menciona los datos utilizados para estimar la demanda de riego, las hipótesis utilizadas y un ejemplo de secuencia de cálculo para una serie cualquiera.

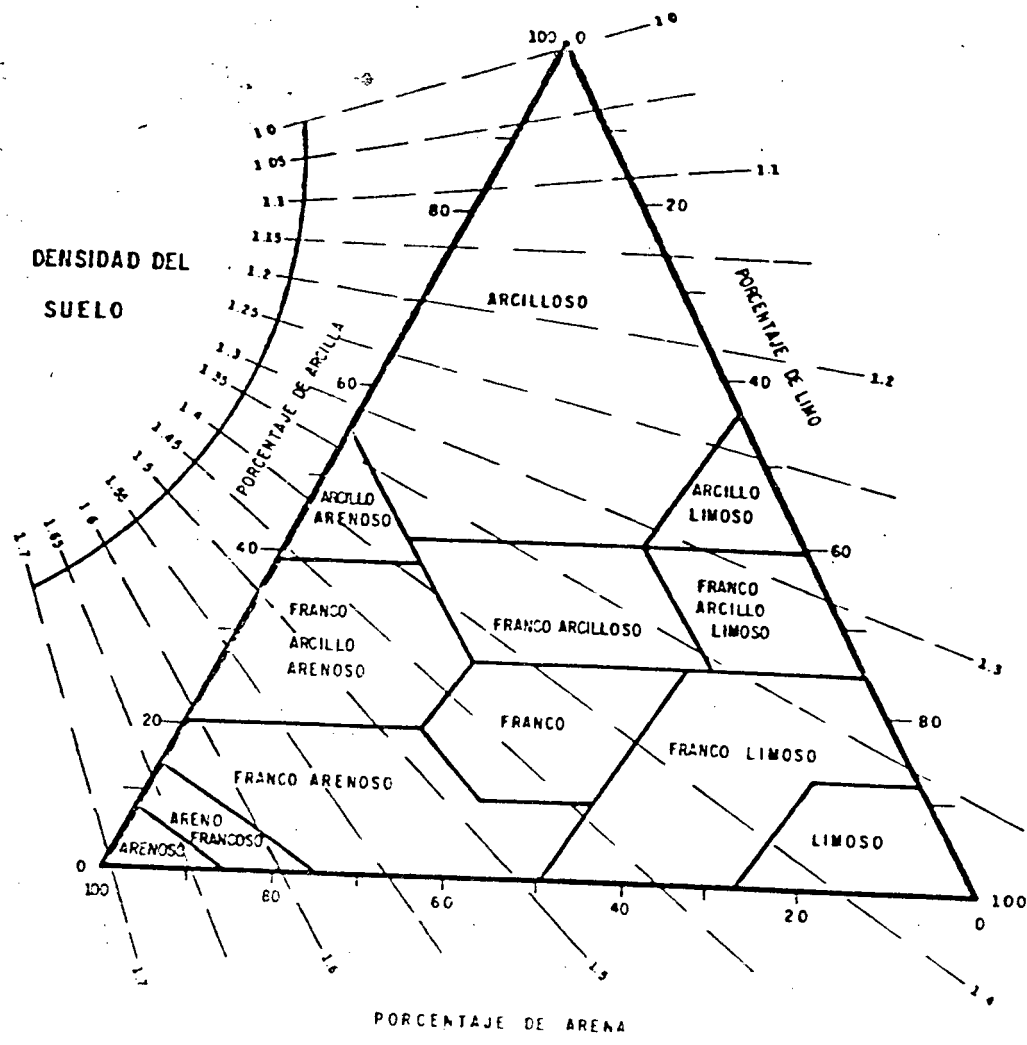


Figura 22. Relación entre densidad aparente del suelo y su textura.

FIGURA # 7.1

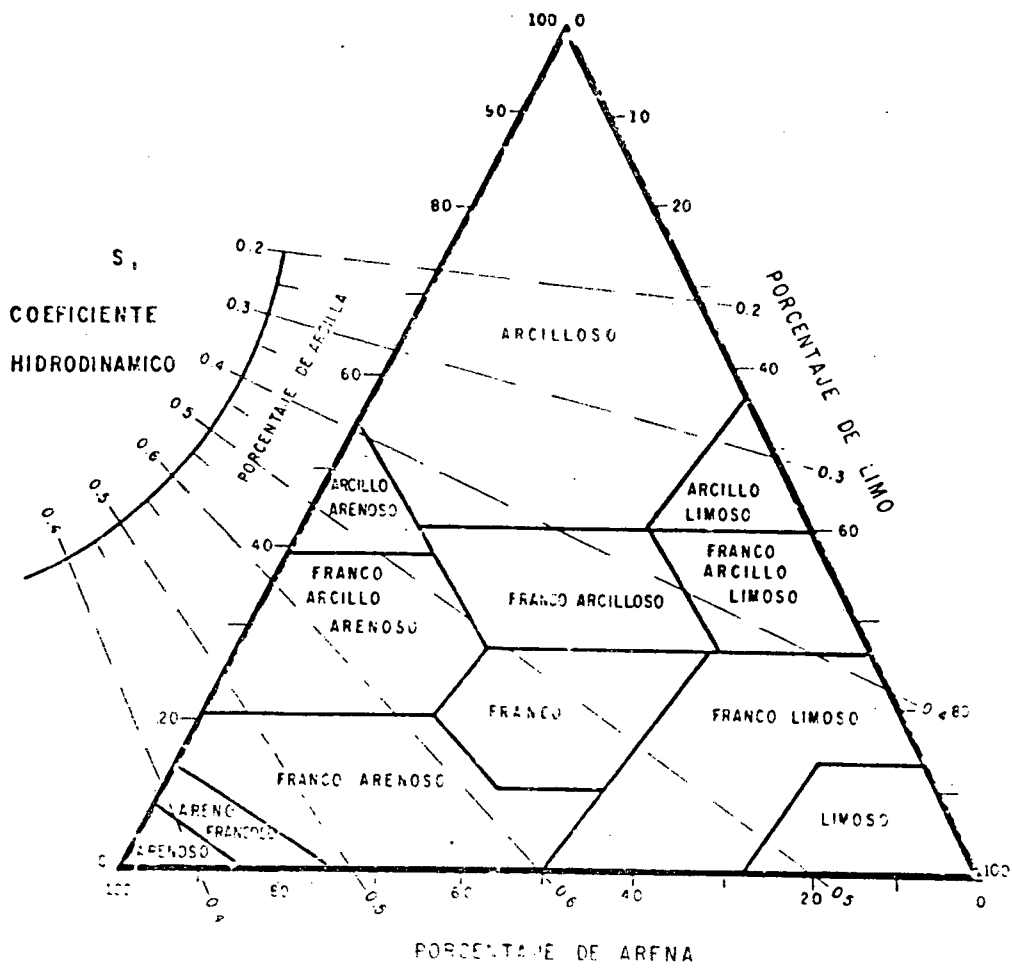


Figura Relación entre el coeficiente hidrodinámico del suelo y su textura.

FIGURA # 7.2

SUELO	DENSIDAD APARENTE	COEFICIENTE HIDRODINAMICO	CAPACIDAD DE CAMPO	PTO. DE MARCHITEZ
ARCILLA LIMOSA	1.27	0.33	31.3	13.9
ARCILLA	1.63	0.3	31.16	18.64
ARCILLA ARENOSA	1.3	0.48	31	15
FRANCO ARC-LIMOSA	1.33	0.38	28.3	12.6
FRANCO ARCILLOSA	1.49	0.45	27.31	13
FRANCO ARC-ARENOSA	1.48	0.6	18.2	8.1
FRANCO LIMOSA	1.4	0.5	23.2	10.3
FRANCO	1.49	0.55	23.92	9.99
FRANCO ARENOSA	1.75	0.55	14.79	6.19
ARENA	1.65	0.39	9	4

TABLA # 7.5

8.- PROCEDIMIENTO TEORICO PARA
EL CALCULO DE LA DEMANDA

PROCEDIMIENTO TEORICO PARA EL CALCULO DE LA DEMANDA

En el modelo desarrollado para el cálculo de la demanda, uno de los resultados intermedios importantes es la evapotranspiración real. Para su determinación se ha empleado el método denominado del "Umbral Optimo de Riego" desarrollado por A. Norero, en el cual se calcula la óptima provisión de agua, considerando como tal a aquella que mantiene en el suelo el nivel de humedad sobre el punto de marchitamiento incipiente.

Dicho método toma en consideración una serie de factores, tales como clima, suelo y aquellos que relacionan suelo-cultivo.

A continuación se describe el procedimiento de calculo del metodo.

Como datos de entrada para el cálculo de las necesidades de agua por el método del Umbral Optimo de Riego se requieren los siguientes parámetros:

- Capacidad de Campo, en %
- Coeficiente de enraizamiento, adimensional.
- Coeficiente hidrodinámico del suelo, adimensional.
- Coeficiente de desarrollo foliar, adimensional.

- Densidad aparente, adimensional.
- Duración del ciclo de cultivo, en días.
- Duración del mes, en días.
- Evaporación mensual, en cm/día
- Profundidad típica de enraizamiento, en cm.
- Punto de marchitez, en %
- Precipitación mensual, en cm/día.

Conocidos estos datos, la secuencia de cálculo es la descrita a continuación:

a.- Se calcula la profundidad enraizada promedio de cada mes:

$$R = 1,8 (t/t_c) \cdot (1,5 - (t/t_c)) \cdot R_x$$

donde:

t_c : Duración del ciclo del cultivo

t : Para el primer $t=15$ días, en el segundo $t=45$ días y así sucesivamente.

R_x : Profundidad típica de enraizamiento

b.- Se calcula la fracción volumétrica de agua aprovechablemente:

$$A = ((W_c - W_m) / 100) \cdot \gamma$$

donde:

W_c : Capacidad de campo

Wm: Punto de marchitez

γ : Densidad aparente

c.- Lámina aprovechable total por mes, será:

$$LA = A * R$$

d.- Se calculo la evaporación máximo promedio mensual:

$$ETX = (0,3 + a (t/tc)^2 (1 - (t/tc)))EV$$

donde:

EV: Evaporación mensual

e.- Se determina el umbral de riego, U. Este término está definido como la fracción de la humedad volumétrica aprovechable que ya ha sido utilizada a la tasa máxima ETX, cuando se produce el marchitamiento incipiente:

$$U = (r.s(1 - ETX))^{1/3}$$

donde:

r: Coeficiente de densidad de enraizamiento.

s: Coeficiente hidrodinámico.

f.- La lámina a la tasa máxima, ETX, al producirse el marchitamiento incipiente será:

$$Lr = U * LA$$

g.- La necesidad neta mensual de agua, D_r se calcula por:

$$D_r = ETX * (N - P)$$

donde:

N: duración del mes

P: precipitación mensual.

h.- Finalmente, el número teórico de riegos necesarios en cada mes:

$$NR = D_r / L_r$$

Ejemplo Numérico

- Caña de azúcar en suelo Franco Arcilloso sembrado en el mes de Abril con los datos de precipitación P promedios y de evaporación de Tina Standar Ev.

- Duración del ciclo de cultivo, $T_c=12$ meses.

- Coeficiente de desarrollo Foliar (Tabla 7.4) $a=6.2$

- Coeficiente de enraizamiento (ver tabla 7.4), $r=0.4$

- Profundidad típica de enraizamiento (Tabla 7.4),

$R_x=80$ cms.

- Densidad aparente (ver tabla 7.5), $\rho=1.49$

- Capacidad de Campo (ver tabla 7.5), $W_c=27.31\%$

- Punto de Marchitez (ver tabla 7.5), $W_m=13\%$

- Coeficiente hidrodinámica del suelo (Tabla 7.5),

$S=0.45$

Procedimiento

a.- Cálculo de la profundidad enraizada promedio de cada mes: (anexo 3 fila 4)

$$R = 1.8 (T/T_c) (1.5 - T/T_c) \cdot R_x$$

$$R = 1.8 (15/360) (1.5 - 15/360) \cdot 80 \text{ cms.}$$

$$R = 8.8 \text{ cms. (profundidad promedio para el mes)}$$

TABLA 7.4 (A)

COLUMNA	DENOMINACION
1	CULTIVO
2	TIEMPO DE CULTIVO
3	COEFICIENTE DE ENRAIZAMIENTO
4	COEFICIENTE DE DESARROLLO FOLIAR
5	PROF.TIPICA DE ENRAIZAMIENTO EN ARCILLA
6	PROF.TIPICA DE ENRAIZAMIENTO EN ARCILLA
7	PROF.TIPICA DE ENRAIZAMIENTO EN ARCILLA
8	PROF.TIPICA DE ENRAIZAMIENTO EN SUELO
9	PROF.TIPICA DE ENRAIZAMIENTO EN SUELO F
10	PROF.TIPICA DE ENRAIZAMIENTO EN SUELO F
11	PROF.TIPICA DE ENRAIZAMIENTO EN SUELO F
12	PROF.TIPICA DE ENRAIZAMIENTO EN SUELO F
13	PROF.TIPICA DE ENRAIZAMIENTO EN SUELO F
14	PROF.TIPICA DE ENRAIZAMIENTO EN ARENA

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
ALGODON		4	0.4	4.8	40	40	40	74	70	40	40	80	80	65
ARROZ		4	0.6	4.8	70	40	70	74	70	70	70	80	80	65
PLATANO		12	0.3	3.4	50	20	50	40	35	50	50	50	40	40
CANA		12	0.4	6.2	100	60	100	87	80	100	100	100	80	80
CARAOTA		3	0.3	3.4	50	20	50	40	35	50	50	50	40	40
CEBOLLA		4	0.3	3.4	50	20	50	40	35	50	50	50	40	40
FRIJOL		4	0.3	3.4	50	20	50	40	35	50	50	50	40	40
GUINABANA		12	0.4	3.4	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
GUAYABA		12	0.4	3.4	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
LECHOZA		10	0.4	3.4	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
LIMON		12	0.4	3.4	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
MAIZ		4	0.6	4.8	70	40	70	74	70	70	70	80	80	65
MANGO		12	0.4	3.4	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
MANI		3	0.4	3.4	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
MELON		3	0.3	3.4	20	20	20	40	35	20	20	50	40	40
NISPERO		12	0.4	3.4	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
BATATA		4	0.3	3.4	50	20	50	40	35	50	50	50	40	40
PASTO		12	0.85	5.5	60	60	60	87	80	60	60	100	80	80
PATILLA		3	0.3	3.4	20	20	20	40	35	20	20	50	40	40
PIMENTON		3	0.4	4	40	40	40	74	70	40	100	80	80	65
SORGO		4	0.6	4.8	70	40	70	74	70	70	70	80	80	65
SOYA		5	0.3	3.4	50	20	50	40	35	50	50	50	40	40
TABACO		4	0.3	4.8	50	40	50	74	70	40	40	80	80	65
TOMATE		3	0.6	4.8	50	20	50	50	50	50	40	80	80	65
UVA		12	0.4	3.4	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
YUCA		18	0.3	4.8	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80

TABLA 7.4 (B)

SUELO	DENSIDAD APARENTE	COEFICIENTE HIDRODINAMICO	CAPACIDAD DE CAMPO	PTO. DE MARCHITEZ
ARCILLA LIMOSA	1.27	0.33	31.3	13.9
ARCILLA	1.63	0.3	31.16	18.64
ARCILLA ARENOSA	1.3	0.48	31	15
FRANCO ARC-LIMOSA	1.33	0.38	28.3	12.6
FRANCO ARCILLOSA	1.49	0.45	27.31	13
FRANCO ARC-ARENOSA	1.48	0.6	18.2	8.1
FRANCO LIMOSA	1.4	0.5	23.2	10.3
FRANCO	1.49	0.55	23.92	9.99
FRANCO ARENOSA	1.75	0.55	14.79	6.19
ARENA	1.65	0.39	9	4

TABLA 7.5

de Abril).

b.- Fracci3n volum3trica de agua aprovechable (anexo 3 fila 5)

$$A = ((W_c - W_m) / 100).$$

$$A = ((27.31 - 13) / 100) \times 1.49$$

$$A = 0.21 \text{ cm/cm.}$$

c.- L3mina aprovechable total por mes (anexo 3 fila 6)

$$L_a = A \times R$$

$$L_a = 0.21 \text{ cm/cm} \times 8.8 \text{ cms.}$$

$$L_a = 1.87 \text{ cms.}$$

d.- Evapotranspiraci3n m3xima promedio mensual ETX:
(Anexo 3 fila 7).

$$ETX = (0.3 + a(T/T_c)^2 (1 - T/T_c)) E_v$$

$$ETX = (0.3 + 6.2(15/360)^2 (1 - 15/360))$$

$$247.9/30 \times 10^{-1}$$

$$ETX = 0.26 \text{ cm/día.}$$

e.- Umbral de Riego (anexo 3 fila 8)

$$U = (r.S. (1 - ETX))^{1/3}$$

$$U = (0.4 \times 0.45 (1 - 0.26))^{1/3}$$

$$U = 0.51$$

f.- Lámina utilizada a la tasa máxima ETX, al producirse el marchitamiento incipiente (anexo 3 fila 9).

$$Lr = U.La$$

$$Lr = 0.51 \times 1.87$$

$$Lr = 0.95 \text{ cms.}$$

g.- La necesidad neta mensual de agua, Dr, en cms/mes (anexo 3 fila 10)

$$Dr = ETX \cdot N - P - Ac.$$

$$Dr = 0.26 \text{ cm/día} \times 30 \text{ días} - 3.59 \text{ cms} - 0.00$$

$$Dr = 4.10 \text{ cms}$$

h.- Número teórico de riegos en cada mes, (anexo 3 fila 11)

$$Nr = Dr / Lr$$

$$Nr = 4.10 \text{ cms.} / 0.95 \text{ cms} = 6.86$$

9.- METODO DE RIEGO A
IMPLEMENTAR

METODO DE RIEGO A IMPLEMENTAR

Una vez obtenida la demanda máxima de riego, se escogió el método de riego, el cual será por aspersión debido a las siguientes causas.

- 1) Utilización de infraestructura construida y nunca utilizada para riego por aspersión (estación de bombeo y estanque elevado regulador).
- 2) El método de riego escogido va a ser usado con un sistema de riego ya establecido, por lo que los agricultores poseen derechos adquiridos que deben ser respetados, definiendo que el trazado de las tuberías principales y secundarias sea: usando la vialidad existente para molestar lo menos a los usuarios.
- 3) El tamaño de las parcelas 5.5 has brutas promedio ameritan que el riego sea lo más técnico posible para obtener una producción satisfactoria.
- 4) Debido a problemas de agua para abastecimiento humano en la fuente (embalse Clavellinos), se debe aumentar en lo

posible la eficiencia global en el sistema.

5) Los valores promedio máximos de velocidad de viento presentes en la zona (8) Km/h medidos para una altura de dos metros, no indican un posible patrón desuniforme de aplicación.

10.- CRITERIO PARA EL TRAZADO
DE LA TUBERIA

CRITERIOS PARA EL TRAZADO DE LA TUBERIA.

Las características generales de la forma de riego que se han definido anteriormente permiten iniciar en la fase de anteproyecto el posible trazado de la tubería que funcionara como red principal. El trazado de la red será de forma ramificada, ya que es el más económico porque la seguridad en la distribución utilizando una red mallada no justifica esta adopción que sería de costo más elevado.

En comentarios anteriores se mencionó una estación de bombeo construida para riego por aspersión, con lo cual queda fijo el punto de partida de la tubería principal.

Al complementar el plano topográfico y parcelamiento facilitado por el I.A.N con la información suministrada del plano edafológico de la zona de las Manoas se puede observar que de las tres (3) texturas de suelo predominantes en la zona esta se encuentran delimitando claramente dos sectores, por lo que los autores dispusieron trazar dos canales que se unirían para formar la red principal y que de cada uno de ellos partirían ramales que definirían tramos más cortos con un área de influencia directa de cada uno de ellos de aproximadamente 100 has (20

tomas).

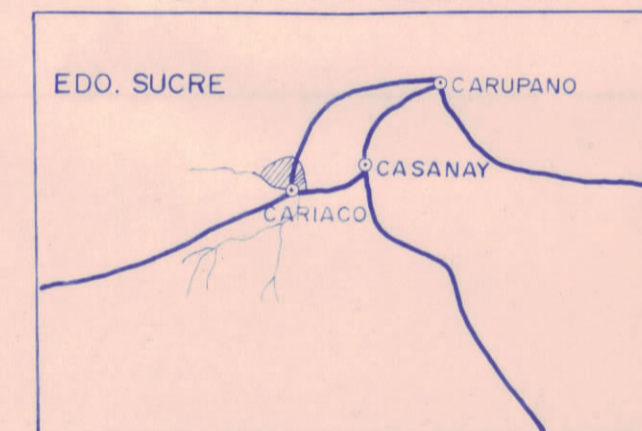
Aparte de las consideraciones anteriores los autores intentaron colocar las tuberías en los bordes de la vialidad existente porque al ser el parcelamiento de forma regular permiten un fácil replanteo de puntos.



LEYENDA

1-2	CARIACO FRANCO-ARENOSO
1-5	CARIACO FRANCO-ARCILLO-ARENOSO
1-6	CARIACO FRANCO-ARCILLOSO
1-0	CARIACO ARCILLOSO
2-0	CARINICUAO ARCILLOSO
3-0	MANOAS ARCILLOSO
4-0	CAMPOMA ARCILLOSO

UBICACION RELATIVA



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA

TRABAJO ESPECIAL		ESTUDIO AGROLOGICO DETALLADO	
INTEGRANTES: Perez P. Teresa Rincones D. Yurubi Urbina U. Franklin		SISTEMA DE RIEGO CARIACO II ETAPA SECTOR ESTE-LAS MANOAS	
FUENTE: MOP 1967		TIPOS DE SUELOS	
DIBUJO: R. Ferialta	Fecha: FEBRERO 87	Escala 1:20.000	

11.- CALCULO DEL GASTO DE DISEÑO

CALCULO DEL GASTO DE DISEÑO

Como fue expresado con anterioridad; el método de riego a emplear será el de aspersión, el cual deberá funcionar a la demanda de los usuarios.

Garantizar el 100 % del servicio es considerar que todos los usuarios harían uso simultaneo del mismo. En redes con gran número de derivaciones, como en nuestro caso, la probabilidad de que esto suceda es muy baja. El cálculo de una red de riego de este tipo se basa en la hipótesis ya mencionada.

Se usan teorías diversas para establecer supuestos de cálculo que permitan economizar las redes de distribución. Entre todos los aplicables el más extendido para las redes de un sistema de riego por aspersión, funcionando a la demanda de los usuarios, resulta ser el método de M. Clement (Anexo 2) cuya aplicación es relativamente sencilla.

La utilización de esta teoría permite la reducción de los gastos por tramo en cantidades verdaderamente

importantes. Esto implica que se debe calcular el gasto máximo por tramo como punto de partida para la aplicación de la referida teoría.

Para conocer el gasto máximo de un tramo cualquiera, se debe recordar que estos poseen un área de influencia de cien hectáreas (100 ha.) aproximadamente, equivalente a 20 tomas (5 ha. por toma). Teniendo en consideración lo antes expuesto, bastaría con calcular el gasto necesario en una toma de riego quedando resuelta así esta parte del problema.

Al querer evaluar el gasto necesario en una toma, los autores encontraron la dificultad de que al aplicar el método del Umbral Óptimo; para calcular la lámina necesaria asociada al tipo de cultivo escogido (Café de Azúcar) y a la textura del suelo, se obtenían así tres láminas, tomando la decisión de hallar cuatro patrones de siembra para cada caso, donde cada uno de estos patrones corresponde a una fecha determinada de siembra, correspondiendo las mismas a: Enero, Febrero, Marzo y Abril, con lo que se verificaría el efecto que tiene la fecha de siembra sobre las demandas, estas fechas fueron tomadas de acuerdo a las propuestas en el programa agronómico elaborado para la Primera Etapa del Sistema.

Cabe destacar, a título de información, que el programa elaborado para el cálculo de las láminas requeridas puede ser aplicado a diferentes tipos de cultivos, con lo que se facilitaría los cálculos en caso de querer implementar un plan agronómico como el mencionado anteriormente, pudiéndose de esta manera corregir la situación existente, como lo es el de tener a la Caña de Azúcar como cultivo predominante limitando de esta manera el desarrollo agrícola de la zona (Las Manosas).

Una vez corrido el programa para cada patrón de siembra y tipo de suelo, se consideró aquella lámina cuyo valor fuera mayor, resultando en nuestro caso la correspondiente al mes de Mayo y fecha de siembra Enero, como caso más desfavorable (ver anexo 3), ya que esta satisface las necesidades de los otros casos. Posteriormente se procede al cálculo de la forma tradicional aplicando para tal fin el método explicado por el Ing. Javier López (Ref.10).

Metodología de Cálculo:

En la zona de las Manosas el cultivo de la caña de azúcar se realiza entre los meses Enero-Abril.

Para el diseño de la Tubería se tomó la demanda máxima obtenida al sembrar el cultivo en el mes de Enero. Esta demanda máxima es de 17,27 cm/mes. (Para los calculos posteriores ver Tabla 11-1)

- Calculo de q ficticio:

$$q = (L_a \text{ (cm/mes)} \cdot 10 \text{ (mm/cm)} \cdot 10000 \text{ (m}^2\text{)}) / (\# \text{ de días del mes} \cdot \text{Eficiencia} \cdot 86400) = \text{lps/ha.}$$

donde:

- L_a : es la demanda máxima mensual.

- Eficiencia: 0,65

$$q = (17,27 \cdot 10) / 30 \cdot (10000 / (0,65 \cdot 86400)) = 1,025 \text{ lps/ha.}$$

- Cálculo del caudal real por hectárea:

$q = q(\text{ficticio}) \cdot (\# \text{ días de la semana} \cdot 24 \text{ h}) / (\# \text{ días que funciona el aspersor a la semana} \cdot \# \text{ de horas diarias que trabaja})$

$$q = 1,025 \cdot (24 \text{ h} \cdot 7 \text{ días}) / (18 \text{ h} \cdot 6 \text{ días})$$

$$q = 1,59 \text{ lps/ha.} \quad (\text{columna 10})$$

Multiplicando los valores de la columna 10 por las áreas de las columnas 2, 4 y 6 se obtienen los caudales por cada tipo de suelo, columnas 3, 5 y 7

Ejm:

$A_1 = 465.08$ ha $A_2 = 782.43$ ha. $A_3 = 136.35$ ha.

$Q/A = 1.59$

obtenemos:

$1.59 * 465.08 = 741.58$ lps = Q_1

$1.59 * 782.43 = 1247.60$ lps = Q_2

$1.59 * 136.55 = 136.55$ lps = Q_3

- La sumatoria de las áreas de cada tipo de suelo nos da el área total por tramo, columna 9.

$A_1 + A_2 + A_3 = 465.09 + 782.43 + 136.55 = 1384.06$

- Verificando el caudal por Ha. se dividen los valores de la columna 8 (sumatoria de los Q_1, Q_2, Q_3) entre los valores de la columna 9 obteniendo el caudal por Ha., columna 10.

$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 741.58 + 1247.60 + 136.55 = 2206.91$ lps

$A_t = A_1 + A_2 + A_3 = 1384.06$ ha.

$Q/A = 2206.91 / 1384.06 = 1.59$

- Caudal módulo resulta de multiplicar el caudal por hectárea (columna 10) por 5 ha. que constituye la superficie por parcela, columna 11.

$Q/A = 1.59$ lps/ha

1.59 lps/ha * 5 ha = 7.97 lps = q(modulo)

- El número de tomas se calcularon a partir de la división del área total por tramo (columna 9) entre la superficie

promedio de cada parcela (5 ha.), redondeando el resultado por exceso, columna 12.

$A(\text{total}) = 1384.06 \text{ ha}$

$A(\text{parcela}) = 5 \text{ ha}$

$$At/Ap = 1384.06/5 = 276.81 = 277 \text{ tomas}$$

- Utilizando la teoría de propbabilidades de Clement (anexo 2) se calculò el nuevo número de tomas, columna 13.

$$K = n \cdot p + \mu \cdot (n \cdot p)^{1/2}$$

donde:

- n: # de tomas

- p: # de horas que funcionará el áspersor/24 horas=

p: 0.75

- μ : aproximadamente 1.654 para una probabilidad del 95%

- q: caudal modulo

sustituyendo valores:

- n: 27 - p: 0.75 - μ : 1.654

obtenemos el valor de:

K: 220

- Con los valores obtenidos de la columna 13 se multiplicaron por los valores de la columna 11 obteniendose el caudal corregido por Clement, anotados en la columna 14.

K: 220 y q: 7.97

Entonces:

$$K \cdot q = 220 \cdot 7,97 = 1753,97$$

- Seguidamente se realizo una reducci3n por 1rea.

a.- Para areas comprendidas entre 500 y 100 Has. se le aplic3 una reducci3n del 20% del caudal por tramo obtenido por Clement, columna 15.

En nuestro caso el $A_t = 1384,06$ ha es $>$ que el valor estipulado, por lo que no se le aplica lo antes expuesto

b.- Para areas mayores de 1000 Has. se le aplic3 una reducci3n del 30% al caudal por tramo obtenido por Clement, columna 16.

$A_t = 1384,06$ ha $>$ que 1000 ha, entonces se aplica la reducci3n mencionada

$$1384,06 \cdot 0,30 = 526,19$$

- Finalmente el caudal total (columna 17) se obtiene restando al caudal obtenido, por Clement, la reducci3n por 1rea.

$$Q \text{ (Clement)} = 1753,97 \quad 30\% \cdot Q = 526,19$$

$$Q_{\text{real}} = 1753,97 - 526,19 = 1227,78 \text{ lps}$$

Tramos	FRANCO	ARCILLOSO	ARCILLOSO	FRANCO	ARENOSO	θ (lps)	Area total	θ/A	q(modulo) # TOMAS	k	k*q(modulo)	20%Qc	30%Qc	Q		
(1)	Area(ha)	θ (lps)	Area(ha)	θ (lps)	Area(ha)	θ (lps)	(lps/ha)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)
A'-A	465.08	741.58	782.43	1247.6	136.55	217.73	2206.91	1384.06	1.59	7.97	277	220	1753.97	526.19	1227.78	
A-B	49.13	158.06	137.89	219.85	15.21	24.25	402.16	252.22	1.59	7.97	51	43	342.81		342.81	
B-1	29.25	46.64	86.75	138.32	13.21	21.06	206.02	129.21	1.59	7.97	26	23	183.36		183.36	
A-C	365.95	583.51	644.55	1027.75	121.34	193.48	1604.74	1131.84	1.59	7.97	227	181	1443.04	432.91	1010.13	
C-C2	25.08	39.99	174.84	278.79			318.78	199.92	1.59	7.97	40	35	279.04		279.04	
C-D	340.87	543.52	469.71	748.96	121.34	193.48	1485.96	931.92	1.59	7.97	187	150	1195.89	239.18	956.71	
D-H	51.56	82.21	198.32	316.22	1	1.59	400.02	250.88	1.59	7.97	50	43	342.81		342.81	
H-11	49.58	79.06	86.74	138.31	1	1.59	218.96	137.32	1.59	7.97	28	25	199.32		199.32	
H-N	1.98	3.16	111.58	177.92			181.08	113.56	1.59	7.97	23	21	167.43		167.43	
N-12	1.98	3.16	29.5	47.04			50.2	31.48	1.59	7.97	7	7	55.81		55.81	
N-13			82.08	130.88			130.88	82.08	1.59	7.97	17	16	127.56		127.56	
D-E	289.31	461.31	271.39	432.74	120.39	191.96	1086.01	681.09	1.59	7.97	137	111	884.96	176.99	707.97	
E-3	7.43	11.85	67.84	108.17	52.68	84	204.02	127.95	1.59	7.97	26	23	184.52		184.52	
E-F	281.88	449.46	203.55	324.56	67.66	107.89	881.91	553.09	1.59	7.97	111	91	725.50	145.10	580.40	
F-10	9.33	14.88	50.76	80.94	2.68	4.27	100.09	62.77	1.59	7.97	13	13	103.65		103.64	
F-6	272.53	434.55	152.79	243.63	64.98	103.61	781.79	490.3	1.59	7.97	98	81	645.78		645.78	
G-4	12.9	20.57	71.06	113.31	13.46	21.46	155.34	97.42	1.59	7.97	20	19	151.48		151.48	
G-H	259.65	414.02	81.73	130.32	51.52	82.15	626.49	392.9	1.59	7.97	79	66	526.19		526.19	
H-9	15.55	24.79	15.8	25.19	3.63	5.79	55.77	34.98	1.59	7.97	7	7	55.80		55.80	
H-I	244.1	389.22	65.93	105.13	3.63	5.79	500.14	313.66	1.59	7.97	63	53	422.55		422.55	
I-5	93.13	148.5	10.08	16.07	1.83	2.92	167.49	105.04	1.59	7.97	21	19	151.48		151.48	
I-J	150.97	240.72	55.85	89.05	46.06	73.44	403.21	252.88	1.59	7.97	51	44	350.78		350.78	
J-8	14.26	22.74	35.1	55.97			78.71	49.36	1.59	7.97	10	7	55.81		55.81	
J-K	136.71	217.99	20.75	33.09	46.06	73.44	324.52	203.52	1.59	7.97	41	36	287.02		287.02	
K-7	37.13	59.2	18.45	29.42	20.63	32.89	121.51	76.21	1.59	7.97	16	15	119.58		119.59	
X-L	99.58	158.78	2.3	3.67	25.43	40.55	203	127.31	1.59	7.97	26	23	183.37		183.37	
L-6	39.28	62.63	2.3	3.67	25.43	40.55	106.85	67.01	1.59	7.97	14	12	103.64		103.64	
L-14	60.3	96.15					96.15	60.3	1.59	7.97	12	12	95.67		95.67	

TABLA # 11.1

Estación de bombeo - Estanque.

El funcionamiento de los grupos de bombeo, es automático y comandado por la detección de los niveles del plano de agua en el estanque. El volumen necesario para esta regulación es 147.334 lts para una variación de niveles de 0.9 metros y una frecuencia máxima de encendido de 6 por hora.

Se pueden considerar dos situaciones en cuanto al funcionamiento estación de bombeo-estanque:

1.-Bombas trabajando,estanque llenándose.

Las bombas deben ser capaces de compensar el volumen de control en 8 minutos y de dar el caudal máximo probable necesario para la red.

Caudal de entrada al estanque:

$Q_{ee} = \text{Volumen de control} / \text{tiempo de llenado.}$

$Q_{ee} = 147.334 \text{ lts} / 8 \text{ minutos} * 60 \text{ seg} = 306,95 \text{ lps.}$

Caudal de bombeo:

$$Q_b = Q_{red} + Q_{ee} = 1227.78 \text{ lps} + 306.95 \text{ lps} .$$

$$Q_b = 1534.73 \text{ lps} .$$

2.-Bombas paradas, estanque vaciandose.

El estanque suministrará el caudal a la red, en el tiempo de dos minutos, momento en que las bombas estan paradas.

Caudal de salida del estanque:

$$Q_{se} = \text{Volumen de control} / \text{tiempo de vaciado} .$$

$$Q_{se} = 147.334 \text{ lts} / 2 \text{ minutos} * 60 \text{ seg} .$$

$$Q_{se} = 1227.78 \text{ lps} .$$

12.- SELECCION DE LA TUBERIA

SELECCION DE TUBERIAS

Para la escogencia de los diámetros se hizo necesario analizar los casos de bombas prendidas y bombas apagadas.

Para el primer caso se calcularon los diámetros utilizando la fórmula de Marquardt que nos da una primera combinación en este nivel de anteproyecto (Tabla 11.2) Esta fórmula es usada en operaciones intermitentes:

$$D = (\beta)^{0,25} * K * (Q)^{0,5}$$

donde:

K es el coeficiente de Bresse y vale aproximadamente 1,2. Para valores de K entre 1 y 1,5 resultan velocidades de 1,28 m/seg a 0,57 m/seg.

D es el diámetro económico, en m;

Q es el gasto en m³/seg;

β = número de horas diarias de servicio real/24 horas.

Los diámetros para el segundo caso fueron escogidos de una gráfica de diámetros económicos de tuberías(14). Los diámetros para cada tramo aparecen en la tabla 11.3.

Tramos	θ	D(mm)	L (m)	Diametro (mm)	alfa (∞)	J (m)	ΣJ (m)
EstB-A ²	1534.73	1383	1000	1400	8.281E-10	0.65	0.65
A ² -A	1227.78	1237	25	1250	1.438E-09	0.02	0.67
A-B	342.81	654	1125	650	3.474E-08	1.91	2.58
B-1	183.36	478	2460	500	1.247E-07	4.72	7.3
A-C	1010.13	1122	1275	1100	2.158E-09	1.24	1.91
C-C2	279.04	590	2100	600	5.13E-08	3.6	5.51
C-D	950.33	1092	1040	1100	2.68E-09	0.9	2.81
D-M	342.81	654	1075	650	3.474E-08	1.83	4.64
M-11	191.34	499	1425	500	1.247E-07	2.96	7.6
M-N	167.43	457	875	450	2.082E-07	2.37	7.01
N-12	47.84	264	800	250	3.645E-06	3.74	10.75
N-13	119.59	399	825	400	3.696E-07	2.13	9.14
D-E	701.59	940	390	950	5.473E-09	0.39	3.2
E-3	350.80	661	1450	650	3.474E-08	2.57	5.77
E-F	580.40	851	205	850	9.407E-09	0.25	3.45
F-10	95.67	360	640	350	7.081E-07	2.09	5.54
F-6	645.78	897	550	900	7.121E-09	0.62	4.07
G-4	135.54	435	1130	400	3.696E-07	3.67	7.74
G-H	526.19	810	405	800	1.264E-08	0.55	4.62
H-9	55.80	264	710	250	3.645E-06	4.41	9.03
H-I	422.55	726	335	750	1.731E-08	0.42	5.04
I-5	151.48	435	1280	400	3.696E-07	5.11	10.15
I-J	350.78	661	415	650	3.474E-08	0.74	5.78
I-8	55.81	264	570	250	3.645E-06	3.54	0.32
J-K	287.02	598	500	600	5.13E-08	0.9	6.68
K-7	111.61	386	950	350	7.081E-07	4.13	10.81
K-L	183.37	478	885	500	1.247E-07	1.7	8.38
L-6	95.67	360	950	350	7.081E-07	3.11	11.49
L-14	95.67	345	1175	350	7.081E-07	3.84	12.22

TABLA 11.2 (A)

Tramo		Cota terreno (m)		Presión Estática (m)		Presión Dinámica (m)	
Estb	A'	15,17	12,2	-	2,97	68,96	71,28
	A	12,2	12,0	2,97	3,17	71,28	71,46
	A B	12,0	11,4	3,17	3,77	71,46	70,15
	B 1	11,4	8,0	3,77	7,17	70,15	68,03
	A C	12,0	8,7	3,17	6,47	71,46	73,52
	C C2	8,7	5,3	6,47	9,87	73,52	73,32
	C D	8,7	8,4	6,47	6,77	73,52	72,92
	D M	8,4	6,5	6,77	8,67	72,92	72,99
	M 11	6,5	3,85	8,67	11,32	72,99	72,68
	M N	6,5	4,3	8,67	10,87	72,99	72,82
	N 12	4,3	3,65	10,87	11,52	72,82	69,73
	N 13	4,3	9,5	10,87	5,67	72,82	65,49
	D E	8,4	8,6	6,77	6,57	71,96	71,37
	E 3	8,6	11,5	6,57	3,67	72,92	66,86
	E F	8,6	8,35	6,57	6,82	72,33	72,33
	F 10	8,35	7,10	6,82	8,07	72,33	71,49
	F G	8,35	7,60	6,82	7,57	72,33	72,46
	G 4	7,60	8,0	7,57	7,17	72,46	68,39
	G H	7,60	6,10	7,57	9,07	72,46	73,41
	H 9	6,10	5,10	9,07	12,05	73,41	70,0
	H I	6,10	4,60	9,07	10,57	73,41	74,49
	I 5	4,60	8,0	10,57	7,17	74,49	65,98
	I J	4,6	4,7	10,57	10,47	74,49	73,65
	I 8	4,7	3,5	10,47	11,67	73,65	71,31
	J K	4,7	6,0	10,47	9,17	73,65	71,45
	K 7	6,0	2,5	9,17	12,67	71,45	70,82
	K L	6,0	6,2	9,17	8,97	71,45	69,55
	L 6	6,2	3,8	8,97	11,37	69,55	68,84
	L 14	6,2	8,15	8,97	7,02	69,55	63,76

Tabla 11.2 (b)

Tramos	Q	L (m)	Diametro (mm)	alfa (∞)	J (m)	ΣJ (m)
Estq-A'	1227.78	150	1300	1.188E-09	0.09	0.09
A'-A	1227.78	25	1250	1.438E-09	0.02	0.11
A-B	342.81	1125	500	1.147E-07	6.87	6.98
B-1	183.36	2460	450	2.082E-07	7.88	14.86
A-C	1010.13	1275	900	7.121E-09	3.28	3.39
C-C2	279.04	2100	500	1.247E-07	8.76	12.15
C-D	950.33	1040	800	1.264E-08	4.24	7.63
D-M	342.81	1075	550	7.837E-08	4.12	11.75
M-11	191.34	1425	400	3.696E-07	8.77	20.52
M-N	167.43	875	350	7.081E-07	8.06	19.81
N-12	47.84	800	250	3.645E-06	3.74	23.55
N-13	119.59	825	300	0.0000015	8.64	28.45
D-E	701.59	390	750	1.731E-08	1.24	8.87
E-3	350.80	1450	550	7.837E-08	5.81	14.68
E-F	580.40	205	700	2.422E-07	0.64	9.51
F-10	95.67	640	300	0.0000015	4.43	13.94
F-6	645.78	550	750	1.731E-08	1.5	11.01
G-4	135.54	1130	350	7.081E-07	7.04	18.05
G-H	526.19	405	650	3.474E-08	1.52	12.53
H-9	55.80	710	250	3.645E-06	4.41	16.94
H-I	422.55	335	600	5.13E-08	1.24	13.77
I-5	151.48	1280	350	7.081E-07	9.79	23.56
I-J	350.78	415	550	7.837E-08	1.66	15.43
I-8	55.81	570	250	3.645E-06	3.54	18.97
J-K	287.02	500	500	1.247E-07	2.2	17.63
K-7	111.61	950	300	0.0000015	8.75	26.38
K-L	183.37	885	350	7.081E-07	9.64	27.27
L-6	95.67	950	300	0.0000015	6.58	33.85
L-14	95.67	1175	300	0.0000015	8.14	35.41

TABLA 11.3 (A)

Tramo	Cota terreno	Presión Estática	Presión Dinámica				
Est - A'	43,0	12,2	-	30,8	36	66,71	
A' A	12,2	12,0	30,8	31,0	66,71	66,89	
A B	12,0	11,4	31,0	31,6	66,89	60,62	
B 1	11,40	8,0	31,6	35,0	60,62	56,14	
A C	12,0	8,7	31,0	34,3	66,89	66,91	
C C2	8,7	5,3	34,3	37,7	66,91	61,55	
C D	8,7	8,4	34,3	34,6	66,91	62,97	
D M	8,4	6,5	34,6	36,5	62,97	60,75	
M 11	6,5	3,85	36,5	39,15	60,75	54,63	
M N	6,5	4,3	36,5	38,7	60,75	54,89	
N N	4,3	3,65	38,7	39,35	54,89	51,8	
N D	4,3	9,5	38,7	33,50	54,89	41,05	
D E	8,4	8,6	34,6	34,40	62,97	61,53	
E E	8,6	11,5	34,4	31,50	61,53	52,82	
E F	8,6	8,35	34,4	34,65	61,53	61,14	
F F	10	8,35	7,10	34,65	35,90	61,14	57,96
F G	8,35	7,60	34,65	35,40	61,14	60,39	
G G	4	7,60	8,0	35,4	35,0	60,39	52,95
G H	7,60	6,10	35,4	36,9	60,39	60,37	
H H	9	6,10	5,10	36,9	37,9	60,37	56,96
H I	9	6,10	4,60	36,9	38,4	60,37	60,63
I I	5	4,60	8,00	38,4	35,0	60,63	47,44
I I	5	4,60	4,70	38,4	38,30	60,63	58,87
I I	8	4,70	3,50	38,3	39,5	58,87	56,53
J K	7	4,70	6,0	38,3	37,0	58,87	55,37
K K	7	6,0	2,5	37,0	40,5	55,37	50,12
K L	6	6,0	6,2	37,0	36,8	55,37	45,53
L L	6	6,2	3,8	36,8	39,2	45,53	41,35
L L	14	6,2	8,15	36,8	34,85	45,53	35,44

Tabla 11.3 (b)

Comparando los dos casos se escogió la solución que satisface a ambos "caso de bombeo" (tabla 11.2)

Conocidos estos diámetros, en el nivel de anteproyecto bastara con tomar diámetros por arriba y por debajo de estos y hacer tantas combinaciones con ellos como sea posible, para determinar la mas económica usando el método de programación lineal desarrollado por M. Calhoun, el cual es citado y explicado en el anexo 4.

Metodología de cálculo:

Estación de bombeo - A'

$$Q_b = 1534,73 \text{ lps} = 1,53 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$\beta = 18 \text{ horas} / 24 \text{ horas} = 0,75$$

$$K = 1,2$$

$$D = (0,75)^{0,25} * 1,2 * (1,53)^{0,5}$$

$$D = 1400 \text{ mm.}$$

A' - Estanque.

$$Q = 306,95 \text{ lps.}$$

$$D = (0,75)^{0,25} * 1,2 * (0,306)^{0,5}$$

$$D = 600 \text{ mm.}$$

Cálculo de las pérdidas desde la estación de bombeo hasta el estanque.

$$J = \alpha * L * Q^{1,85} \text{ donde}$$

$$\alpha = (1,21957 * 10^{10}) / (D^{4,87} * C^{1,85})$$

L es la longitud del tramo en m.

D es el diámetro de la tubería en mm.

C es el coeficiente de rugosidad.

Q es el caudal en lts/seg.

Pérdidas desde la estación de bombeo hasta A':

$$J = (1,21957 * 10^{10}) / (1000^{4,87} * 120^{1,85})$$

$$J = 0,65 \text{ m.}$$

Pérdidas desde A' hasta el estanque:

$$J = (1,21957 * 10^{10}) / (600^{4,87} * 120^{1,85})$$

$$J = 0,31 \text{ m.}$$

$$\text{Sumatoria de las pérdidas} = 0,69 + 0,31 = 0,96 \text{ m.}$$

Δh de las bombas:

cota terreno del estanque + altura de el estanque + 5 m de presión adicional = h + sumatoria de las pérdidas hasta el estanque + cota de la estación de bombeo.

$$\Delta h = 43 \text{ m.} + 36 \text{ m.} + 5 \text{ m.} + 0,96 = 15,17$$

$$\Delta h = 70 \text{ m}$$

Potencia de las bombas:

$$\text{Caudal por bomba} = 1534,73 \text{ lps} / 5 \text{ bombas} = 306,9 \text{ lps}$$

Caudal por bomba= 310 lps.

$$HP = (Q(\text{lbs/seg}) * h(m)) / (76 * \text{Eficiencia})$$

$$HP = (310 \text{ lps} * 70 \text{ m.}) / (76 * 0,75)$$

$$HP = 380,7 \text{ aproximadamente } 381 \text{ HP}$$

Potencia instalada: 5 bombas * 381 HP

Potencia instalada: 1905 HP.

Se puede observar que los valores de las presiones (tabla 11.3 b) oscilan 64,80 m.c.a y 75,53 m.c.a (93 libras /pulgada² y 108 libras/pulgada², por lo tanto los aspersores a utilizar son los de alta presión (tabla 11.4)

Aspersores	Presión(m.c.a)	Presión(lbs/plg ²).
baja presión	7 - 21	10 - 30
Media presión	21 - 49	30 - 70
Alta presión	49 - 98	70 - 140

Tabla 11.4

Cálculo del tiempo de operación efectivo:

T.O.E = (número de días que opera por semana * operación del aspersor en h/día) / número de días de la semana.

T.O.E = (6 días/semana * 18 h/día) / 7 días/semana

T.O.E = 15.43 horas/día.

Dimensiones de las parcelas:

ancho= 1000 * 100 * 0,032808 = 328'

largo= 500 * 100 * 0.032808 =1640'

Caudal módulo:

$$Q = 7,97 \text{ lps}$$

$$Q = 7,97 \text{ lps} * 3,6 = 28.69 \text{ m}^3/\text{hora.}$$

$$Q = 28,69 \text{ m}^3/\text{h} * 4,4 = 126.24 \text{ galones/minuto}$$

Dirección predominante de los vientos:

Este y Este-Noreste

Pendiente:

Pendiente media aproximada de 1,5 por mil en dirección Este, Oeste y Norte

Velocidad media promedio a 2 metros sobre el suelo:

Corresponde al mes de Mayo con 10.1 km/h.

Infiltración básica:

para los tres tipos de suelo predominantes: arcilloso, franco arcilloso y franco arenoso la infiltración básica aparece en la tabla 11.5. Para el diseño se utilizó la mínima infiltración básica correspondiente al suelo arcilloso que es de 8 mm/hora

Calculo, en parcelas cultivadas con Caña de Azúcar.-

Espaciamiento adecuado entre laterales:

-Tiempo necesario para cubrir todo el campo.

$$T = (1640 \text{ pies}) / (160 \text{ pies/mov} * 2 \text{ mov/día})$$

$$T = 5,13 \text{ días} < 5,33 \text{ días (frecuencia de riego teórica)}$$

Número requerido de aspersores:

$$N^{\circ} = (\text{distancia total del lateral en pies}) / (\text{espaciamiento entre aspersores en pie})$$

$$N = 328' / 140' = 2 \text{ aspersores.}$$

Galones por minuto por aspersor:

$$\text{G.P.M. /asp.} = \text{G.P.M. total} / N \text{ de asp.} = 126.24 / 2 = 63,12$$

G.P.M.

Selección de aspersores:

-Tasa de aplicación:

$$\text{T.A (cm/h)} = (\text{G.P.M/asp.} * 244,6) / (\text{pies entre laterales} * \text{pie entre aspersores})$$

$$\text{T.A} = (63,12 * 244,6) / (160 * 140) = 0.69 \text{ cm/h} < 0,8 \text{ cm/h (entrada básica).}$$

-Diámetro de tiro:

$$\text{d.t} \geq \text{espaciamiento entre aspersores} / 0,60 \geq 234 \text{ pies}$$

Con el gasto de 63,12 g.p.m , el diametro de tiro de

234 pies y la presión a la cual trabajara el aspersor se selecciona el tipo de aspersor a utilizar.

En nuestro caso para presiones comprendidas entre 93 y 108 libras/pulgada cuadrada recomendamos el aspersor 102DH Rain Gun de .5 pulgadas.

Tramos	Q	D(mm)	L (m)	Diametro (mm)	alfa ()	J (m)	\sum J (m)	V1 (m/seg)
EstB-A'	1534.73	1383	1000	1400	8.281E-10	0.65	0.65	1
A'-A	1227.78	1237	25	1250	1.438E-09	0.02	0.67	1
A-B	342.81	654	1125	650	3.474E-08	1.91	2.58	1.03
B-1	183.36	478	2460	500	1.247E-07	4.72	7.3	0.93
A-C	1010.13	1122	1275	1100	2.158E-09	1.24	1.91	1.06
C-C2	279.04	590	2100	600	5.13E-08	3.6	5.51	0.99
C-D	950.33	1092	1040	1100	2.68E-09	0.9	2.81	1
D-M	342.81	654	1075	650	3.474E-08	1.83	4.64	1.03
M-11	191.34	499	1425	500	1.247E-07	2.96	7.6	0.97
M-N	167.43	457	875	450	2.082E-07	2.37	7.01	1.05
N-12	47.84	264	800	250	3.645E-06	3.74	10.75	0.97
N-13	119.59	399	825	400	3.696E-07	2.13	9.14	0.95
D-E	701.59	940	390	950	5.473E-09	0.39	3.2	0.99
E-3	350.80	661	1450	650	3.474E-08	2.57	5.77	1.06
E-F	580.40	851	205	850	9.407E-09	0.25	3.45	1.02
F-10	95.67	360	640	350	7.081E-07	2.09	5.54	0.99
F-6	645.78	897	550	900	7.121E-09	0.62	4.07	1.02
G-4	135.54	435	1130	400	3.696E-07	3.67	7.74	1.08
G-H	526.19	810	405	800	1.264E-08	0.55	4.62	1.05
H-9	55.80	264	710	250	3.645E-06	4.41	9.03	1.14
H-I	422.55	726	335	750	1.731E-08	0.42	5.04	0.96
I-5	151.48	435	1280	450	2.082E-07	2.88	7.92	0.95
I-J	350.78	661	415	650	3.474E-08	0.74	5.78	1.06
I-8	55.81	264	570	250	3.645E-06	3.54	0.32	1.14
J-K	287.02	598	500	600	5.13E-08	0.9	6.68	1.02
K-7	111.61	386	950	350	7.081E-07	4.13	10.81	1.16
K-L	183.37	478	885	500	1.247E-07	1.7	8.38	0.93
L-6	95.67	360	950	350	7.081E-07	3.11	11.49	0.99
L-14	95.67	345	1175	350	7.081E-07	3.84	12.22	0.99

TABLA 11.2 (A)

Espaciamiento adecuado entre laterales:

$$T = (1640 \text{ pies}) / (160 \text{ pies/mov} * 2 \text{ mov/día})$$

$$T = 5,13 \text{ días}$$

$$Fr = 30 / 5,63 = 5,33 \text{ días}$$

$$5,13 < 5,33$$

Separación entre laterales: 80 pies

Separación entre aspersores:

$$S = 80 * 0,5 = 40 \text{ Pies}$$

Caudal por aspersor:

$$126,24 \text{ gpm} / 16 \text{ aspersores} = 7,89 \text{ gpm}$$

Tiempo de aplicación:

$$T.A = (7,89 * 244,6) / (40 \text{ pies} * 80 \text{ pies})$$

$$T.A = 0,60 \text{ cm/h} < 0,8 \text{ cm/h}$$

PRECIPITACIONES MAXIMAS ADMISIBILES EN MM H

	PENDIENTE 0-5 %		PENDIENTE 5-8 %		PENDIENTE 8-12 %		PENDIENTE 12 %	
	Con vegetación	Sin vegetación	Con vegetación	Sin vegetación	Con vegetación	Sin vegetación	Con vegetación	Sin vegetación
1. Arena gruesa de textura uniforme hasta 1,80 m.	30,8	30,8	38,1	38,1	38,1	25,4	25,4	12,7
2. Arena gruesa sobre suelo más compacto	44,7	38,1	31,8	25,4	25,4	19,0	19,0	10,2
3. Arenoso franco de textura uniforme	44,5	25,4	31,8	20,3	25,4	15,2	19,0	10,2
4. Arenoso franco sobre subsuelo más compacto	31,8	19,0	25,4	12,7	19,0	10,2	12,8	7,6
5. Limoso franco de textura uniforme hasta 1,80 m.	25,4	12,7	20,3	10,2	15,2	7,6	10,2	5,1
6. Limoso franco sobre subsuelo más compacto	15,2	7,5	12,7	6,4	10,2	3,8	7,6	2,5
7. Arcilloso o franco arcilloso	5,0	3,8	3,8	2,5	3,0	2,0	2,5	1,5

VALORES DE LA VELOCIDAD DE INFILTRACION EN MM. H. PARA UN SUELO DESNUDO, SEGUN MC CULLOCH Y SCHRUNK

TEXTURA	Buena estructura y mucha materia organica		Mala estructura y poca materia organica	
Arena gruesa ...	19,25	13	13	9
Arena fina ...	13/19	9	8	8
Franco-arenoso ...	13	8	7	7
Franco-limoso ...	10	7	6	6
Franco-arcilloso ...	8	6		

Tabla 11.5

13.- C O N C L U S I O N E S

CONCLUSIONES

-El utilizar el método de el Umbral Optimo para calcular las demandas de agua, nos permite afinar la lámina de riego necesaria en la Segunda Etapa al permitir usar parámetros que antes eran evaluados aisladamente y que ahora pueden ser evaluados de una forma integral. Esta metodología también se puede usar para revisar las demandas en la Primera Etapa del Sistema de riego, para diferentes combinaciones de cultivos, basados en el plan agronómico de la mencionada etapa y ser comparadas con las necesidades estimadas a la fecha para que las autoridades competentes puedan implementar las directices necesarias para la optimización de el sistema de riego, con lo cual el personal a cargo de este podrá ejercer un mayor control sobre los parceleros y aplicar la ansiada idea de una tarifa de agua con la finalidad de recuperar las inversiones anteriores y la necesaria para la realización de este anteproyecto pudiéndose convertir el sistema en un ente autofinanciable y ser ejemplo piloto para el resto de los sistemas de riego que presentan situaciones similares.

-La existencia de infraestructuras como la estación de

bombeo y el estanque elevado permitirá reducir gastos de lo que otra forma sería una fuerte inversión y a la vez se estarían utilizando estructuras ociosas.

-El método de riego a implantar será el de aspersión por la existencia de suelos pesados, pendientes de terreno de 1 por mil, velocidades medias promedio anuales de 6.79 Km/Hora . Todas estas condiciones hacen necesario esta forma de riego y la continuación de este anteproyecto hasta el nivel de proyecto y su ejecución.

14.- R E C O M E N D A C I O N E S

RECOMENDACIONES

A través del desarrollo del presente anteproyecto los autores han llamado la atención sobre situaciones no recomendables presentes en el sistema de riego, para lo cual se han permitido hacer las siguientes recomendaciones para su pronta corrección, y las cuales no son más que un resumen de las situaciones mencionadas.

1) Es necesario cambiar el patrón de cultivo de la II Etapa Sector Este-Las Manchas con uno o una combinación de cultivos más acorde con las texturas de suelo presente en la zona. /

2) Recalcular las láminas utilizadas en el riego de la I Etapa; así como verificar su variación con la fecha de siembra para escoger la más adecuada.

3) Hacer una evaluación de la estructura del estanque regulador por medio de ensayos no destructivos para detectar posibles filtraciones.

4) Reemplazar todas las tuberías dentro del estanque.

5) Preveer y colaborar para la obtención de un nuevo local para los bomberos forestales de cariacó, los cuales actualmente tienen su sede en el edificio construido para la estación de bombeo.

6) La tubería a colocar como red principal debe ser de acero, por presentar el mas alto módulo de elasticidad, por pertenecer la zona a una región sísmica activa. Aunque se puede usar otro tipo de tubería para los diámetros pequeños, es bueno recordar que los empalmes de estas deben permitir deflexiones pequeñas debido a movimientos sísmicos.

7) La colocación de las tuberías se hará en zanjas enterradas de tal forma que la profundidad medida sobre el lomo de la tubería menos enterrada sea de un metro, para evitar limitaciones en las labores agrícolas, en el caso de atravesar una ó varias parcelas la tubería por el trazado.

X 8) La tubería debe tener una cierta pendiente de para poder facilitar el funcionamiento de la red por gravedad al estar paradas las bombas y solo el estanque estar supliendo el consumo de la red.

9) Los diámetros sugeridos en esta primera aproximación, pueden ser corregidos y obtener una mejor combinación usando el método de programación lineal descrito por Calhoun (anexo 4).

15. - A N E X O S

A N E X O 1

CODIFICACIÓN (EN LENGUAJE BASIC) DEL PROGRAMA ELABORADO
PARA EL CALCULO DE LA DEMANDA POR EL METODO DEL UMBRAL
OPTIMO

```

100 CLS
200 CLEAR
300 MODE 8
400 PRINT CSR(20,2)"MODELO PARA CALCULO":PRINT CSR(18,3)"DE LA DEMANDA DE RIEGO"
:PRINT CSR(10,4)"POR EL METODO DEL UMBRAL OPTIMO":PRINT CSR(21,5)"PROF. ALDO NORE
RO":PRINT CSR(19,6)"VERSION BASIC OCT./85"
500 PRINT CSR(25,17),"AUTORES: TERESA PEREZ":PRINT CSR(44,18)"YURUBI RINCONES":P
RINT CSR(44,19)"FRANKLIN URBINA"
600 MODE 0
700 STOP
800 CLEAR: DIM S$(10,23)
900 FOR N=0 TO 9
1000 READ S$(N,23)
1100 NEXT N
1200 DATA "ARCILLA LIMOSA [0]","ARCILLA [1]","ARCILLA ARENOSA [2]","FRANCO ARC-L
IMOSA [3]","FRANCO ARCILLOSA [4]","FRANCO ARC-ARENOSA [5]","FRANCO LIMOSA [6]","
FRANCO [7]","FRANCO ARENOSA [8]","ARENA [9]"
1300 CLS:MODE 8:PRINT CSR(26,12)"ENTRADA DE DATOS":MODE 0:STOP:PRINT CSR(26,14)"
EL SUELO ESTA CLASIFICADO (S/N)":
1400 R#=INKEY#:IF R#="" THEN 1400
1500 IF R#="S" THEN 5900
1600 IF R#="N" THEN 1800
1700 GOTO 1400
1800 REM CLASIFICACION DE SUELOS
1900 CLS
2000 PRINT CSR(25,11)"% ARCILLA=":LOCATE 36,11:INPUT A
2100 PRINT CSR(25,12)"% ARENA=":LOCATE 34,12:INPUT S
2200 PRINT CSR(25,13)"% LIMO=":LOCATE 33,13:INPUT L
2300 CLS
2400 PRINT CSR(25,11)"% ARCILLA=";A:PRINT CSR(25,12)"% ARENA=";S:PRINT CSR(25,13
)"% LIMO=";L:PRINT CSR(30,15)"DATOS CORRECTOS (S/N)?"
2500 R#=INKEY#:IF R#="" THEN 2500
2600 IF R#="S" THEN 2900
2700 IF R#="N" THEN 1900
2800 GOTO 2500
2900 IF A>30 THEN GOTO 4000
3000 IF A>20 THEN GOTO 3500
3100 IF L>50 THEN GOTO 4800
3200 IF S<=50 THEN GOTO 4600
3300 IF S<=80 THEN GOTO 4400
3400 LET N=10
3500 GOTO 5700
3600 IF L>50 THEN GOTO 5000
3700 IF S<=50 THEN GOTO 5200
3800 LET N=6
3900 GOTO 5700
4000 IF L>50 THEN GOTO 5400
4100 IF S<=50 THEN GOTO 5600
4200 LET N=3
4300 GOTO 5700
4400 LET N=9

```

```

4500 GOTO 5700
4600 LET N=8
4700 GOTO 5700
4800 LET N=7
4900 GOTO 5700
5000 LET N=4
5100 GOTO 5700
5200 LET N=5
5300 GOTO 5700
5400 LET N=1
5500 GOTO 5700
5600 LET N=2
5700 PRINT CSR(15,17)"EL SUELO ES DE TEXTURA ";S$(N,23):STOP
5800 GOTO 7700
5900 CLS:MODE 8:PRINT CSR(15,3)"ESCOJA TEXTURA DE SUELO [?]" :MODE 0
6000 FOR I=0 TO 9
6100 PRINT CSR(30,1+5)S$(I,23)
6200 NEXT I
6300 R$=INKEY$:IF R$=""THEN 6300
6400 DIM T$(1)
6500 RESTORE 7100
6600 FOR N=0 TO 9
6700 READ T$
6800 IF R$=T$ THEN 7200
6900 NEXT N
7000 GOTO 6300
7100 DATA "0","1","2","3","4","5","6","7","8","9"
7200 PRINT CSR(5,16)"EL SUELO ES DE TEXTURA ";S$(N,23);" (S/N)?"
7300 R$=INKEY$:IF R$="" THEN 7300
7400 IF R$="S"THEN 7700
7500 IF R$="N" THEN 5900
7600 GOTO 7300
7700 TS=N
7800 CLS:PRINT CSR(7,12)"LA DENSIDAD AFARENTE Y EL COEF.HIDRODINAMICO SON CONOC
IDDS. (S/N)?" :
7900 R$=INKEY$:IF R$="" THEN 7900
8000 IF R$="S"THEN 9700
8100 IF R$="N"THEN 8300
8200 GOTO 7900
8300 DIM DS(9,3)
8400 RESTORE 9000
8500 FOR I=0 TO 9
8600 FOR J=0 TO 3
8700 READ DS(I,J)
8800 NEXT J
8900 NEXT I
9000 DATA 1.27,0.33,31.3,13.9,1.63,0.30,31.16,18.64,1.30,0.48,31.15
9100 DATA 1.33,0.38,28.3,12.6,1.49,0.45,27.31,13.1,1.48,0.6,18.2,8.1
9200 DATA 1.4,0.5,23.2,10.3,1.49,0.55,23.92,9.99,1.75,0.55,14.79,6.19
9300 DATA 1.65,0.39,9,4

```

```

9400 RO= DS(TS,0):CH= DS(TS,1):CC= DS(TS,2):FM= DS(TS,3)
9500 GOTO 10100
9600 GOTO 10100
9700 CLS:PRINT CSR(30,8)"DENSIDAD AFARENTE=":LOCATE 49,8:INFUT RO
9800 PRINT CSR(30,9)"COEF.HIDRODINAMICO=":LOCATE 50,9:INPUT CH
9900 PRINT CSR(30,10)"CAP.CAMPO(%)=":LOCATE 44,10:INPUT CC
10000 PRINT CSR(30,11)"PTO.MARCHITEZ(%)=":LOCATE 49,11:INPUT FM
10100 CLS:PRINT CSR(30,8)"DENSIDAD AFARENTE=":RO
10200 PRINT CSR(30,9)"COEF.HIDRODINAMICO=":CH
10300 PRINT CSR(30,10)"CAP.CAMPO(%)=":CC
10400 PRINT CSR(30,11)"PTO. MARCHITEZ=":FM
10500 PRINT CSR(5,15)"DATOS CORRECTOS (S/N)?":
10600 R#=INKEY#:IF R#=" "THEN 10600
10700 IF R#="S"THEN 11000
10800 IF R#="N"THEN 9700
10900 GOTO 10600
11000 IF VF#="S" THEN 15300
11100 IF VF#="N" THEN 17700
11200 CLS:DIM TC#(26,19)
11300 RESTORE 11700
11400 FOR N=1 TO 26
11500 READ TC#(N,19)
11600 NEXT N
11700 DATA"ALGODON [1]","ARROZ [2]","CAMBUR [3]","CANA DE AZUCAR [4]","CARAOTA [
5]","CEBOLLA [6]","FRIJOL [7]","GUANABANA [8]","GUAYABA [9]","LECHOZA [10]","LIM
ON [11]","MAIZ [12]","MANGO [13]"
11800 DATA"MANI [14]","MELON [15]","NISPERO [16]","PAPA [17]","PASTO [18]","PATI
LLA [19]","PIMENTON [20]","SORGO [21]","SOYA [22]","TABACO [23]","TOMATE [24]","
UVA [25]","YUCA [26]"
11900 DIM D(26,13)
12000 RESTORE 12700
12100 FOR N=1 TO 26
12200 FOR I=1 TO 13
12300 READ D(N,I)
12400 NEXT I
12500 NEXT N
12600 GOTO 15300
12700 DATA 4,0,4,4,8,40,40,40,74,70,40,40,80,80,65
12800 DATA 4,0,6,4,8,70,40,70,74,70,70,70,80,80,65
12900 DATA 12,0,3,3,4,50,20,50,40,35,50,50,50,40,40
13000 DATA 12,0,4,6,2,100,60,100,87,80,100,100,100,80,80
13100 DATA 3, 0,3,3,4,50,20,50,40,35,50,50,50,40,40
13200 DATA 4,0,3,3,4,50,20,50,40,35,50,50,50,40,40
13300 DATA 4,0,3,3,4,50,20,50,40,35,50,50,50,40,40
13400 DATA 12,0,4,3,4,100,100,100,100,100,100,100,100,100,100
13500 DATA 12,0,4,3,4,100,100,100,100,100,100,100,100,100,100
13600 DATA 10,0,4,3,4,100,100,100,100,100,100,100,100,100,100
13700 DATA 12,0,4,3,4,100,100,100,100,100,100,100,100,100,100
13800 DATA 4,0,6,4,8,70,40,70,74,70,70,70,80,80,65
13900 DATA 12,0,4,3,4,100,100,100,100,100,100,100,100,100,100

```

```

14000 DATA 3,0,4,3.4,100,100,100,100,100,100,100,100,100,100,100
14100 DATA 3,0.3,3.4,20,20,20,40,35,20,20,50,40,40
14200 DATA 12,0.4,3.4,100,100,100,100,100,100,100,100,100,100,100
14300 DATA 4,0.3,3.4,50,20,50,40,35,50,50,50,40,40
14400 DATA 12,0.85,5.5,60,60,60,87,80,60,60,100,80,80
14500 DATA 3,0.3,3.4,20,20,20,40,35,20,20,50,40,40
14600 DATA 3,0.4,4.0,40,40,40,74,70,40,40,80,80,65
14700 DATA 4,0.6,4.8,70,40,70,74,70,70,70,80,80,65
14800 DATA 5,0.3,3.4,50,20,50,40,35,50,50,50,40,40
14900 DATA 4,0.3,4.8,50,40,50,74,70,50,50,80,80,65
15000 DATA 3,0.6,4.8,40,40,40,74,70,40,40,80,80,65
15100 DATA 12,0.4,3.4,100,100,100,100,100,100,100,100,100,100,100
15200 DATA 12,0.3,4.8,80,80,80,80,80,80,80,80,80,80,80
15300 CLS:FOR N=1 TO 13
15400 PRINT CSR(30,N+3)TC$(N,19)
15500 NEXT N
15600 PRINT CSR(15,18)"EL CULTIVO ESTA EN ESTE GRUPO (S/N)?:
15700 R$=INKEY$:IF R$="" THEN 15700
15800 IF R$="S" THEN 17100
15900 IF R$="N" THEN 16300
16000 GOTO 15700
16100 CLS:PRINT CSR(30,11)"PARA PODER CONTINUAR":PRINT CSR(32,12)"DEBE ESCOGER U
N":PRINT CSR(30,13)"CULTIVO O SU SIMILAR":PRINT CSR(32,14)"FAVOR PULSAR F12":STO
P
16200 GOTO 15300
16300 CLS:FOR N=14 TO 26
16400 PRINT CSR(30,N-10)TC$(N,19)
16500 NEXT N
16600 PRINT CSR(15,18)"EL CULTIVO ESTA EN ESTE GRUPO (S/N)?:
16700 R$=INKEY$:IF R$="" THEN 16700
16800 IF R$="S" THEN 17100
16900 IF R$="N" THEN 16100
17000 GOTO 16700
17100 LOCATE 1,18:PRINT SPC (80):PRINT CSR (10,18)"ESCOJA SU CULTIVO [?]=":LOCAT
E 33,18:INPUT C
17200 LOCATE 1,18:PRINT SPC (80):PRINT CSR(15,18)"SU CULTIVO ES ";TC$(C,19);" (S
/N)?"
17300 R$=INKEY$ :IF R$="" THEN 17300
17400 IF R$="S" THEN 17700
17500 IF R$="N" THEN 17100
17600 GOTO 17300
17700 CLS
17800 PRINT CSR(32,3)"DATOS DEL MODELO":
17900 PRINT CSR(10,8)"EL SUELO ES ";S$(15,23);
18000 PRINT CSR(10,9)"DENSIDAD APARENTE=";RO;
18100 PRINT CSR(10,10)"COEF.HIDRODINAMICO=";CH;
18200 PRINT CSR(10,11)"CAP.CAMPO=";CC;"(%)";
18300 PRINT CSR(10,12)"PTO.MARCHITEZ=";PM;"(%)";
18400 PRINT CSR(10,13)"EL CULTIVO ES ";TC$(C,19);
18500 PRINT CSR(10,14)"TIEMPO DE CULTIVO=";D(C,1);" meses";

```

```

18600 PRINT CSR(10,15)"COEF.DENSIDAD ENRAIZAMIENTO=";D(C,2);
18700 PRINT CSR(10,16)"COEF.DESARROLLO FOLIAR=";D(C,3);
18800 PRINT CSR(10,17)"PROF.TIPICA ENRAIZAMIENTO=";D(C,4+TS);" cm":STOP
18900 IF VS#="S" THEN 19000
19000 IF VF#="S" THEN 24300
19100 IF VS#="S" THEN 24300
19200 CLS:PRINT CSR(9,12)"LONG. REGISTRO DE ANOS=":LOCATE 32,12:INPUT LR:PRINT C
SR(37,12)"ANO INICIAL=":LOCATE 49,12:INPUT AN
19300 AF=AN+LR-1:CLS:MODE 8:PRINT CSR(27,1)"SERIE DE ANOS":MODE 0
19400 DIM FR(LR,12):DIM EV(LR,12):DIM M$(12,3)
19500 FOR I=1 TO 12:READ M$(I,3):NEXT I
19600 DATA"ENE","FEB","MAR","ABR","MAY","JUN","JUL","AGO","SEP","OCT","NOV","DIC
"
19700 FOR I=6 TO 80 STEP 6:PRINT CSR(I,3)":":NEXT I
19800 FOR I=1 TO 78 STEP 6:PRINT CSR(I,3)"":NEXT I
19900 FOR I=1 TO 12:N=2*(3*I+1):PRINT CSR(N,3) M$(I,3):NEXT I
19950 L=1
20000 I=1
20100 FOR P=1 TO 4
20200 PRINT CSR(3,4*I+1)"ANO [";AN;"]";
20300 LOCATE 1,4*I+2:PRINT SPC(80):PRINT CSR(2,4*I+2)"PRP";
20400 FOR X=1 TO 12
20500 MODE 4:PRINT CSR(6*X+1,4*I+2)"":LOCATE 6*X+1,4*I+2:INPUT FR(L,X)
20600 MODE 0:PRINT CSR(6*X,4*I+2)":":LOCATE 6*X,4*I+2:PRINT PR(L,X);
20700 NEXT X
20800 PRINT CSR(5,4*I+3)"DATO CORRECTO (S/N)?";
20900 R#=INKEY#:IF R#="" THEN 20900
21000 IF R#="S" THEN 22100
21100 IF R#="N" THEN 21300
21200 GOTO 20900
21300 PRINT CSR(5,4*I+3)"QUE MES DESEA CORREGIR":LOCATE 29,4*I+3:INPUT CP:LOCATE
1,4*I+3:PRINT SPC(40);
21400 MODE 4:PRINT CSR(6*CP+1,4*I+2)"":LOCATE 6*CP+1,4*I+2:INPUT @5;PR(L,CP
)
21500 MODE 0:PRINT CSR(6*CP,4*I+2)":":LOCATE 6*CP,4*I+2:PRINT ROUND (PR(L,
CP),-2)
21600 PRINT CSR(5,4*I+3)"DESEA CORREGIR OTRO MES (S/N)?";
21700 R#=INKEY#:IF R#="" THEN 21700
21800 IF R#="S" THEN 22000
21900 IF R#="N" THEN 22100
22000 LOCATE 1,4*I+3:PRINT SPC(40):GOTO 21300
22100 LOCATE 1,4*I+3:PRINT SPC(40);
22200 LOCATE 1,4*I+3:PRINT SPC(80):PRINT CSR(2,4*I+3)"EVP";
22300 FOR X=1 TO 12
22400 MODE 4:PRINT CSR(6*X+1,4*I+3)"":LOCATE 6*X+1,4*I+3:INPUT EV(L,X)
22500 MODE 0:PRINT CSR(6*X,4*I+3)":":LOCATE 6*X,4*I+3:PRINT EV(L,X);
22600 NEXT X
22700 PRINT CSR(5,4*I+4)"DATO CORRECTO (S/N)?"
22800 R#=INKEY#:IF R#="" THEN 22800
22900 IF R#="S" THEN 24000

```

```

23000 IF R#="N" THEN 23200
23100 GOTO 22800
23200 PRINT CSR(5,4*I+4)"QUE MES DESEA CORREGIR":LOCATE 29,4*I+4:INPUT CE:LOCATE
1,4*I+4:PRINT SPC(40);
23300 MODE 4:PRINT CSR(6*CE+1,4*I+3)" ":LOCATE 6*CE+1,4*I+3:INPUT @5;EV(L,CE
)
23400 MODE 0:PRINT CSR(6*CE,4*I+3)"! !":LOCATE 6*CE,4*I+3:PRINT ROUND (EV(L,
CE),-2);
23500 PRINT CSR(5,4*I+4)"DESEA CORREGIR OTRO MES (S/N)?";
23600 R#=INKEY#:IF R#="" THEN 23600
23700 IF R#="S" THEN 23900
23800 IF R#="N" THEN 24000
23900 LOCATE 1,4*I+4:PRINT SPC(40): GOTO 23200
24000 LOCATE 1,4*I+4:PRINT SPC(40);
24100 IF AN=AF THEN 24300
24200 AN=AN+1:I=I+1:L=L+1:NEXT F:FOR Y=5 TO 20:LOCATE 1,Y:PRINT SPC(80):NEXT Y:G
OTO 20000
24300 ERASE RS:DIM RS(12*LR,9)
24400 CLS:PRINT CSR(22,12)"DESEA ESCOGER MES DE SIEMBRA (S/N)?"
24500 R#=INKEY#:IF R#="" THEN 24500
24600 IF R#="S" THEN 24900
24700 IF R#="N" THEN 25500
24800 GOTO 24500
24900 CLS:FOR I=1 TO 12:PRINT CSR(36,I+3)M$(I,3);" [";I;"]":NEXT I
25000 PRINT CSR(30,18)"ESCOJA EL MES [?]":LOCATE 48,18:INPUT ME
25100 FOR MI=1 TO 12
25200 IF ME=MI THEN 25500
25300 NEXT MI
25400 GOTO 25100
25500 CLS:PRINT CSR(22,12)"LA FORMA DE CULTIVO ES INTENSIVA (S/N)?";
25600 FC#=INKEY#:IF FC#="" THEN 25600
25700 IF FC#="S" THEN 26000
25800 IF FC#="N" THEN 26000
25900 GOTO 25600
26000 CLS:PRINT CSR(24,12)"EL CULTIVO ES PERMANENTE (S/N)?";
26100 VC#=INKEY#:IF VC#="" THEN 26100
26200 IF VC#="S" THEN 26500
26300 IF VC#="N" THEN 26500
26400 GOTO 26100
26500 IF ME<>0 THEN 26700
26600 MI=1:GOTO 26800
26700 MI=ME
26800 T=15
26900 DIM DM(1,12):RESTORE 27100
27000 FOR I=1 TO 12:READ DM(1,I):NEXT I
27100 DATA 31,28,31,30,31,30,31,31,30,31,30,31
27200 FOR I=1 TO LR
27300 FOR M=MI TO 12
27400 F=M+((I-1)*12)
27500 RS(F,1)=1.8*(T/(D(C,1)*30))*(1.5-(T/(D(C,1)*30)))*D(C,4+TS)

```

```

27600 IF VC#="N" THEN 28000
27700 IF RS(F-1,1)>=RS(F,1) THEN 27900
27800 GOTO 28000
27900 RS(F,1)=RS(F-1,1)
28000 RS(F,2)=((CC-PM)/100)*R0
28100 RS(F,3)=RS(F,1)*RS(F,2)
28200 RS(F,4)=(.3+D(C,3)*((T/(D(C,1)*30))^2)*(1-(T/(D(C,1)*30))))*((EV(I,M)/10)/
DM(1,M))
28300 RS(F,5)=(ABS(D(C,2)*CH*(1-RS(F,4))))^(1/3)
28400 RS(F,6)=RS(F,3)*RS(F,5)
28500 RS(F,7)=RS(F,4)*DM(1,M)-(PR(I,M)/10)-RS(F-1,9)
28600 IF RS(F,7)=>0 THEN 28900
28700 RS(F,7)=0;RS(F,9)=(PR(I,M)/10)-(RS(F,4)*DM(1,M))+RS(F-1,9)
28750 IF RS(F,3)>RS(F,9) THEN 29000
28800 RS(F,9)=RS(F,3):GOTO 29000
28900 RS(F,9)=0
29000 RS(F,8)=RS(F,7)/RS(F,6)
29100 IF T=D(C,1)*30-15 THEN 29500
29200 IF M=12 THEN 29400
29300 T=T+30:GOTO 30000
29400 T=T+30:MI=1:GOTO 30100
29500 IF FC#="S" THEN 29700
29600 T=15:GOTO 30100
29700 IF M=12 THEN 29900
29800 T=15:GOTO 30000
29900 T=15:MI=1:GOTO 30100
30000 NEXT M
30100 NEXT I
30200 REM RS(F,1)=R;RS(F,2)=A;RS(F,3)=LA;RS(F,4)=ETX;RS(F,5)=U;RS(F,6)=Lr;RS(F,7
)=Dr;RS(F,8)=Nr;RS(F,9)=Ac
30300 CLS:MODE 8:PRINT CSR(25,2)"DATOS DE SALIDA":MODE 0
30400 AN=AF-LR+1
30500 DIM RE$(12,3):RESTORE 30700
30600 FOR I=1 TO 12:READ RE$(I,3):NEXT I
30700 DATA "N","PR","EV","R","A","LA","ETX","U","Lr","Dr","Nr","Ac"
30800 PRINT CSR(10,4)"N= # DE DIAS DEL MES";
30900 PRINT CSR(10,5)"PR= PRECIPITACION [mm/mes]";
31000 PRINT CSR(10,6)"EV= EVAPORACION [mm/mes]";
31100 PRINT CSR(10,7)"R= PROF.ENRAIZADA FROM.MENSUAL [cm/mes]";
31200 PRINT CSR(10,8)"A= FRAC.VOL. AGUA APROVECHABLE [cm/cm]";
31300 PRINT CSR(10,9)"LA= LAM.APROVECHABLE MENSUAL [cm/mes]";
31400 PRINT CSR(10,10)"ETX= EVAPOTRANSPIRACION MAX.FROM.MENSUAL [cm/dia]";
31500 PRINT CSR(10,11)"U= UMBRAL DE RIEGO";
31600 PRINT CSR(10,12)"Lr= LAMINA UTILIZADA POR LA PLANTA [cm/riego]";
31700 PRINT CSR(10,13)"Dr= NECESIDAD NETA MENSUAL DE AGUA [cm/mes]";
31800 PRINT CSR(10,14)"Nr= # TEORICO DE RIEGOS MENSUALES";
31900 PRINT CSR(10,15)"Ac= LAM. AGUA ACUMULADA [cm/mes]";
32000 STOP
32100 FOR P=1 TO LR

```

```

32200 FOR Z=4 TO 22:LOCATE 1,Z:PRINT SPC(80):NEXT Z
32300 FOR Y=5 TO 17
32400 FOR X=1 TO 78 STEP 6
32500 PRINT CSR(X,Y) "      !":NEXT X:NEXT Y
32600 PRINT CSR(3,4)"AND [":AN;"J":
32700 FOR I=1 TO 12:PRINT CSR(2,5+I)RE$(I,3):NEXT I
32800 FOR W=1 TO 12:PRINT CSR(6*W+2,5)M$(W,3):PRINT CSR(6*W+1,6)DM(1,W):PRINT CS
R(6*W,7)PR(P,W):PRINT CSR(6*W,8)EV(P,W):NEXT W
32900 FOR Y=1 TO 9
33000 FOR X=1 TO 12
33100 V=6*X:Q=Y+B:LOCATE V,Q:J=RS(X+(P-1)*12,Y):PRINT ROUND(J,-2):NEXT X:NEXT Y:
STOP:AN=AN+1:NEXT P
33200 AN=AF-LR+1
33300 CLS:LOCATE 24,12:PRINT "DESEA IMPRIMIR RESULTADOS (S/N)?":
33400 R$=INKEY$: IF R$="" THEN 33400
33500 IF R$="S" THEN 33800
33600 IF R$="N" THEN 43700
33700 GOTO 33400
33800 LPRINT CHR$(27);"@":
33900 LPRINT CHR$(27);"0";CHR$(80);
34000 LPRINT CHR$(27);"C";CHR$(66);
34100 LPRINT CHR$(27);"W";CHR$(1);
34200 LPRINT CHR$(27);"B";CHR$(5);CHR$(50);CHR$(0);
34300 LPRINT CHR$(11);
34400 LPRINT CHR$(27);"1";CHR$(0);
34500 LPRINT "      MODELO PARA CALCULO"
34600 LPRINT "      DE LA DEMANDA DE RIEGO"
34700 LPRINT "POR EL METODO DEL UMBRAL OPTIMO"
34800 LPRINT "      PROF.ALDO NORERO"
34900 LPRINT "      VERSION BASIC OCT.85"
35000 LPRINT CHR$(11);
35100 LPRINT CHR$(27);"1";CHR$(8);
35200 LPRINT CHR$(9);"AUTORES:TERESA PEREZ"
35300 LPRINT CHR$(9);"      YURUBI RINCONES"
35400 LPRINT CHR$(9);"      FRANKLIN URBINA"
35500 LPRINT CHR$(12);
35600 LPRINT CHR$(27);"B";CHR$(15);CHR$(40);CHR$(0);
35700 LPRINT CHR$(11);
35800 LPRINT CHR$(27);"1";CHR$(0);
35900 LPRINT CHR$(9);"DATOS DEL MODELO"
36000 LPRINT CHR$(27);"W";CHR$(0);
36100 LPRINT CHR$(10);
36200 LPRINT CHR$(27);"1";CHR$(10);
36300 LPRINT CHR$(9);"EL SUELO ES ";S$(TS,23)
36400 LPRINT CHR$(9);"DENSIDAD APARENTE=";RO
36500 LPRINT CHR$(9);"COEFICIENTE HIDRODINAMICO=";CH
36600 LPRINT CHR$(9);"CAPACIDAD DE CAMPO=";CC;"(%)"
36700 LPRINT CHR$(9);"PUNTO DE MARCHITEZ=";PM
36800 LPRINT CHR$(9);"EL CULTIVO ES ";TC$(C,19)
36900 LPRINT CHR$(9);"TIEMPO DE CULTIVO=";D(C,1);" meses"

```

```

37000 LPRINT CHR$(9);"COEF.DENSIDAD ENRAIZAMIENTO=";D(C,2)
37100 LPRINT CHR$(9);"COEF.DESARROLLO FOLIAR=";D(C,3)
37200 LPRINT CHR$(9);"PROF.TIPICA ENRAIZAMIENTO=";D(C,4+TS);" cms"
37300 LPRINT CHR$(11);
37400 LPRINT CHR$(27);"W";CHR$(1);
37500 LPRINT CHR$(27);"1";CHR$(0);
37600 LPRINT CHR$(9);"DATOS DE SALIDA"
37700 LPRINT CHR$(27);"W";CHR$(0);
37800 LPRINT CHR$(10);
37900 LPRINT CHR$(27);"1";CHR$(10);
38000 LPRINT CHR$(9);"N=# DE DIAS DEL MES"
38100 LPRINT CHR$(9);"PR=PRECIPITACION [mm/mes]"
38200 LPRINT CHR$(9);"EV=EVAPORACION [mm/mes]"
38300 LPRINT CHR$(9);"R=PROF.ENRAIZADA PROM.MENSUAL [cm/mes]"
38400 LPRINT CHR$(9);"A=FRAC.VOL. AGUA APROVECHABLE [cm/cm]"
38500 LPRINT CHR$(9);"ETX=EVAPOTRANSPIRACION MAX.PROM.MENSUAL [cm/dia]"
38600 LPRINT CHR$(9);"U=UMBRAL DE RIEGO"
38700 LPRINT CHR$(9);"Lr=LAMINA UTILIZADA POR LA PLANTA [cm/riego]"
38800 LPRINT CHR$(9);"Dr=NECESIDAD NETA MENSUAL DE AGUA [cm/mes]"
38900 LPRINT CHR$(9);"Nr=# TEORICO DE RIEGOS MENSUALES"
39000 LPRINT CHR$(9);"Ac=LAM. AGUA ACUMULADA [cm/mes]"
39100 LPRINT CHR$(12);
39200 LPRINT CHR$(27);"B";CHR$(15);CHR$(0);
39300 FOR F=1 TO LR
39400 LPRINT CHR$(27);"-";CHR$(1);
39500 LPRINT CHR$(11);
39600 LPRINT CHR$(27);"1";CHR$(5);
39700 LPRINT "AND [";AN;"]"
39800 FOR I=1 TO 12
39900 LPRINT " ";M$(I,3);" ";
40000 NEXT I
40100 LPRINT CHR$(10);
40200 LPRINT CHR$(27);"1";CHR$(0);
40300 LPRINT "! ";RE$(1,3);" ";
40400 FOR X=1 TO 12
40500 LPRINT DM(1,X);" ";
40600 NEXT X
40700 LPRINT CHR$(10);
40800 LPRINT "! ";RE$(2,3);" ";
40900 FOR X=1 TO 12
41000 LPRINT USING "###.#";PR(F,X);:LPRINT "!";
41100 NEXT X
41200 LPRINT CHR$(10);
41300 LPRINT "! ";RE$(3,3);" ";
41400 FOR X=1 TO 12
41500 LPRINT USING "###.#";EV(F,X);:LPRINT "!";
41600 NEXT X
41700 LPRINT CHR$(10);
41800 LPRINT "! ";RE$(4,3);" ";
41900 FOR X=1 TO 12

```

```
42000 LPRINT USING "###.#";RS(X+(P-1)*12,1);:LPRINT "!";
42100 NEXT X
42200 LPRINT CHR$(10);
42300 FOR Y=2 TO 9
42400 LPRINT "!";:LPRINT USING "& &";RE$(Y+3,3);:LPRINT "!";
42500 FOR X=1 TO 12
42600 LPRINT USING "##.##";RS(X+(F-1)*12,Y);:LPRINT "!";
42700 NEXT X
42800 LPRINT CHR$(10);
42900 NEXT Y
43000 IF FRAC(F/2)=0 THEN 43300
43100 LPRINT CHR$(27);"B";CHR$(40);CHR$(0);
43200 GOTO 43500
43300 LPRINT CHR$(12);
43400 LPRINT CHR$(27);"B";CHR$(15);CHR$(0);
43500 AN=AN+1:NEXT F
43600 LPRINT CHR$(12);
43700 CLS:PRINT CSR(22,12)"DESEA CAMBIAR EL CULTIVO (S/N)?";
43800 VP$=INKEY$:IF VP$=" " THEN 43800
43900 IF VP$="S" THEN 44200
44000 IF VP$="N" THEN 44200
44100 GOTO 43800
44200 CLS:PRINT CSR(22,12)"DESEA CAMBIAR EL TIPO DE SUELO (S/N)?";
44300 VS$=INKEY$:IF VS$=" " THEN 44300
44400 IF VS$="S" THEN 1300
44500 IF VS$="N" THEN 44700
44600 GOTO 44300
44700 IF VP$="S" THEN 15300
44800 CLS:PRINT CSR(22,12)"DESEA OTRA COPIA DE RESULTADOS (S/N)?";
44900 R$=INKEY$:IF R$=" " THEN 44900
45000 IF R$="S" THEN 45300
45100 IF R$="N" THEN 45400
45200 GOTO 44900
45300 AN=AN-LR+1:GOTO 33800
45400 CLS:END
```

A N E X O 2

METODO DE CALCULO DE M. CLEMENT

A N E X O 2

METODO DE CALCULO DE M. CLEMENT

Se basa este método en la aplicación de la teoría de las probabilidades a la determinación de los caudales de cálculo de los diversos tramos de tubería.

El supuesto de cálculo general es el siguiente:

Una conducción dividida en tramos suministra agua a una serie de tomas.

El volumen que puede derivarse, como máximo, por cada una de ellas es denominado módulo de riego.

Varias tomas pueden estar reunidas en el mismo punto, lo que equivale a considerar tomas con caudales diferentes.

Debemos distinguir ahora dos posibilidades: (Ver tabla 1).

El cálculo de un tramo cualquiera será:

	(1) <i>Supuestos hechos por el calculista</i>	(2) <i>Utilización por el agricultor</i>
a) Caudal ficticio continuo en una toma unitaria	q	q_1
b) Duración de la jornada de riego	T	T_1
c) Dotación de una toma unitaria o módulo de riego	M	M
d) Tiempo medio de funcionamiento de una toma en horas	$t = \frac{q \cdot 24}{M}$	$t_1 = \frac{q_1 \cdot 24}{M}$
f) Número de tomas servidas por el tramo de conducción que se calcula	n	n
g) Superficie unitaria servida por cada toma ...	S	S
h) Caudal medio de la canalización en ese tramo	$Q = \frac{q \cdot n \cdot 24}{T}$	$Q_1 = \frac{q_1 \cdot n \cdot 24}{T}$
i) Rendimiento de la instalación	$r = \frac{T}{24}$	$r_1 = \frac{T_1}{24}$
j) Número medio de tomas en funcionamiento simultáneo a plena carga	$n' = \frac{Q}{M}$	$n'_1 = \frac{Q_1}{M}$
Probabilidad de funcionamiento en una toma a plena carga	$p = \frac{t}{T} = \frac{q}{M}$	$p_1 = \frac{t_1}{T_1} = \frac{q_1}{M}$
Probabilidad de no funcionamiento	$W = 1 - p$	$W_1 = 1 - p_1$
Probabilidad de funcionamiento simultáneo de K tomas cualesquiera	p^k	p_1^k
Probabilidad de no funcionamiento de las (n - k) tomas restantes	$W^{n-k} = (1 - p)^{n-k}$	$W_1^{n-k} = (1 - p_1)^{n-k}$
Probabilidad simultánea de funcionamiento de k tomas determinadas y del no funcionamiento de las (n - k) tomas restantes	$p^k \cdot W^{n-k}$	$p_1^k \cdot W_1^{n-k}$
Número de casos en que hay k tomas abiertas y (n - k) cerradas sobre un total de n tomas ...	$\binom{n}{k}$	$\binom{n}{k}$
Probabilidad de funcionamiento simultáneo de k tomas cualesquiera	$\binom{n}{k} \cdot p^k \cdot W^{n-k}$	$\binom{n}{k} \cdot p_1^k \cdot W_1^{n-k}$

TABLA 1

$$K = pn (1 + ((1/pn) - (1/n))^{1/2})$$

Veamos un ejemplo:

Sea una canalización que alimenta 12 tomas para las cuales $p=1/4$.

$$W = 3/4, \text{ con } T=24 \text{ h.}$$

Calcularemos las probabilidades de tener 8, 9, 10, 11 y 12 tomas como abiertas simultáneamente. (Ver tabla 2)

Se deduce de este cuadro que si calculamos el tramo con un caudal suficiente para abastecer 7 tomas, tendremos un servicio correcto en el 99,72 por 100 de los casos.

Naturalmente, hemos supuesto que, dentro de la jornada de riego, la probabilidad de que se abra una toma es igual a todas horas. Y esto no es cierto. Existen ciertos factores que inducen al agricultor a regar a determinadas horas del día. Se disminuye así la exactitud del método, sobre todo cuando p es grande.

Pero hay un factor que contribuye a corregir esta tendencia de regar a la misma hora.

Núm. de tomas k abiertas	Probabilidad de un caso	$\binom{n}{k}$	Probabilidad en % de tener k tomas funcionando p_k	Probabilidad acumulada: $100 \frac{K}{12} P_k$
12	$\left(\frac{1}{4}\right)^{12} \cdot \left(\frac{3}{4}\right)^0 = 5.96047 \cdot 10^{-4}$	$\binom{12}{12} = 1$	0.00000596	99.99999404
11	$\left(\frac{1}{4}\right)^{11} \cdot \left(\frac{3}{4}\right)^1 = 17.88141 \cdot 10^{-4}$	$\binom{12}{11} = 12$	0.00021456	99.99977948
10	$\left(\frac{1}{4}\right)^{10} \cdot \left(\frac{3}{4}\right)^2 = 53.64423 \cdot 10^{-4}$	$\binom{12}{10} = 66$	0.00354052	99.99623896
9	$\left(\frac{1}{4}\right)^9 \cdot \left(\frac{3}{4}\right)^3 = 160.93269 \cdot 10^{-4}$	$\binom{12}{9} = 220$	0.03540519	99.96083377
8	$\left(\frac{1}{4}\right)^8 \cdot \left(\frac{3}{4}\right)^4 = 482.79807 \cdot 10^{-4}$	$\binom{12}{8} = 495$	0.23898504	99.72184873

TABLA 2

Si se produce colapso de la instalación por coincidir mayor demanda de la prevista en determinado tramo, los agricultores que han tenido dificultades de riego buscan otro horario en días sucesivos. Se corrige así el efecto anterior, produciéndose realmente un turno natural, aun cuando los perjudicados son casi siempre los mismos.

Pero continuemos con el método de M. Clement.

Podríamos establecer un cuadro como el expuesto para cada tramo a calcular, con lo que determinaríamos así el número de tomas K abiertas, que hemos de considerar para obtener una seguridad F , prevista.

Pero este proceso es enormemente pesado, aunque fácil de realizar con ordenador electrónico.

Es mucho más fácil utilizar la ley de los grandes números y asimilar los valores de la probabilidad acumulada a los resultados de calcular la integral:

$$F = \int_0^U (U - u) e^{-u} du = (1/(1,4142)) \cdot e^{-((x)^2/e/2)} dx$$

en la que

$$U = (K - np) / (np)^{1/2}$$

La integral de la función de Gauss está tabulada y no hay dificultad alguna en la obtención del número K a partir del valor

$$F = \int_0^u \phi(u) du$$

$$K = np \left(1 + U \left(\frac{1}{np} \right)^{-1/2} \right)$$

Esta es la fórmula de M. Clement.

En el cuadro anterior podemos observar que para tener una calidad $F = 99,9$ por 100 basta con asignar a la conducción un caudal suficiente para que rieguen ocho tomas a la vez.

Este mismo ejemplo podemos resolver por la fórmula de M. Clement.

$$\text{Para } F = 99,9 \% \quad U = 3,09$$

Así:

$$K = 1/4 \cdot 12(1 + 3,09 (0,333-0,083)^{0,50}) = 7,62$$

Naturalmente, K debería ser redondeado a 8, con lo que obtendríamos el mismo resultado con un trabajo mucho menor.

Damos en el cuadro 3 los valores más corrientes de U para las diversas calidades de funcionamiento.

Ya hemos visto el procedimiento de cálculo, basado en unos supuestos hechos por el operador. Pero la red de riego no se va a comportar así. Como ya hemos explicado, la probabilidad de apertura de una toma no es la misma a cualquier hora del día. Pero además el agricultor no tiene en cuenta los supuestos de cálculo y, dentro de lo que se le permite, obra a su antojo.

Así, el funcionamiento se asemeja más a lo que sería si conociésemos la manera como será usado el sistema.

En la fórmula general:

$$K = p1.n (1 + U1((1/(p1.n)) - (1/n))^{0,50})$$

Y conocido K podemos averiguar U1 y, por ende, la calidad K1.

VALORES DE U PARA LAS DIVERSAS CALIDADES DE FUNCIONAMIENTO
 PARA LA APLICACION DE LA FORMULA DE CLEMENT

<i>Coefficiente calidad F en %</i>	<i>Valor de U</i>
50	0
55	0,126
60	0,253
65	0,386
70	0,524
75	0,674
80	0,842
85	1,037
90	1,282
95	1,645
96	1,751
97	1,881
98	2,054
99	2,327
99,50	2,575
99,90	3,090
99,95	3,28
99,98	3,49

CUADRO 3

$$U1 = K - (p1.n) / (p1.n.W1)^{0,50}$$

Supongamos que en el ejemplo anterior fijamos $F = 90\%$.

Entonces:

$$U = 1,282$$

$$K = 0,25.12(1 + 1,282 (0,333 - 0,083)^{0,50}) = 4,82 = 5 \text{ tomas.}$$

Veamos el coeficiente real de calidad F , si el agricultor cree que precisa un 20% más de agua, o por cambio de cultivo o acumulación de cultivos muy exigentes en un área, realmente la necesita:

$$U1 = (5 - (0,30.12)) / (0,3.12.0,70)^{0,50} = 0,88$$

y $F1 = 81\%$.

En este ejemplo aparece claro, y no pretendemos sacar inferencias generalizadas de unos pocos casos, que la repercusión de una variación importante de las cantidades de agua utilizadas repercute, sí, en la calidad de funcionamiento de la conducción, pero no de manera que

altere en forma sustancial el servicio.

Si T no fuera igual a 24 horas, sería preciso corregir q.

En lugar de usar ese valor en la determinación de probabilidades en la fórmula de Clement, lo sustituiríamos por

$$q^2 = (q \cdot 24)/T = q/r$$

$$p^2 = p/r$$

Esta mayoración es independiente de la demanda y viene impuesta por las condiciones de riego, la costumbre de la instalación o las necesidades de la instalación.

MODELO PARA CALCULO
DE LA DEMANDA DE RIEGO
POR EL METODO DEL UMBRAL OPTIMO
PROF. ALDO NORERO
VERSION BASIC OCT. 85

A N E X O 3

AUTORES: TERESA PEREZ
YURUBI RINCONES
FRANKLIN URBINA

DATOS DEL MODELO

EL SUELO ES FRANCO ARENOSA [8]
DENSIDAD APARENTE= 1.75
COEFICIENTE HIDRODINAMICO= .55
CAPACIDAD DE CAMPO= 14.79 (%)
PUNTO DE MARCHITEZ= 6.19
EL CULTIVO ES CANA DE AZUCAR [4]
TIEMPO DE CULTIVO= 12 meses
COEF.DENSIDAD ENRAIZAMIENTO= .4
COEF.DESARROLLO FOLIAR= 6.2
PROF.TIPICA ENRAIZAMIENTO= 80 cms

DATOS DE SALIDA

N=# DE DIAS DEL MES
PR=PRECIPITACION [mm/mes]
EV=EVAPORACION [mm/mes]
R=PROF. ENRAIZADA PROM. MENSUAL [cm/mes]
A=FRAC. VOL. AGUA APROVECHABLE [cm/cm]
ETX=EVAPOTRANSPIRACION MAX. PROM. MENSUAL [cm/dia]
U=UMBRAL DE RIEGO
Lr=LAMINA UTILIZADA POR LA PLANTA [cm/riego]
Dr=NECESIDAD NETA MENSUAL DE AGUA [cm/mes]
Nr=# TEORICO DE RIEGOS MENSUALES
Ac=LAM. AGUA ACUMULADA [cm/mes]

DATOS DEL MODELO

EL SUELO ES FRANCO ARCILLOSA [4]
DENSIDAD APARENTE= 1.49
COEFICIENTE HIDRODINAMICO= .45
CAPACIDAD DE CAMPO= 27.31 (%)
PUNTO DE MARCHITEZ= 13
EL CULTIVO ES CANA DE AZUCAR [4]
TIEMPO DE CULTIVO= 12 meses
COEF.DENSIDAD ENRAIZAMIENTO= .4
COEF.DESARROLLO FOLIAR= 6.2
PROF.TIPICA ENRAIZAMIENTO= 80 cms

DATOS DE SALIDA

N=# DE DIAS DEL MES
PR=PRECIPITACION [mm/mes]
EV=EVAPORACION [mm/mes]
R=PROF.ENRAIZADA PROM.MENSUAL [cm/mes]
A=FRAC.VOL. AGUA APROVECHABLE [cm/cm]
ETX=EVAPOTRANSPIRACION MAX.PROM.MENSUAL [cm/dia]
U=UMBRAL DE RIEGO
Lr=LAMINA UTILIZADA POR LA PLANTA [cm/riego]
Dr=NECESIDAD NETA MENSUAL DE AGUA [cm/mes]
Nr=# TEORICO DE RIEGOS MENSUALES
Ac=LAM. AGUA ACUMULADA [cm/mes]

DATOS DEL MODELO

EL SUELO ES FRANCO ARCILLOSA [4]
DENSIDAD APARENTE= 1.49
COEFICIENTE HIDRODINAMICO= .45
CAPACIDAD DE CAMPO= 27.31 (%)
PUNTO DE MARCHITEZ= 13
EL CULTIVO ES CANA DE AZUCAR [4]
TIEMPO DE CULTIVO= 12 meses
COEF.DENSIDAD ENRAIZAMIENTO= .4
COEF.DESARROLLO FOLIAR= 6.2
PROF.TIPICA ENRAIZAMIENTO= 80 cms

DATOS DE SALIDA

N=# DE DIAS DEL MES
PR=PRECIPITACION [mm/mes]
EV=EVAPORACION [mm/mes]
R=PROF.ENRAIZADA PROM.MENSUAL [cm/mes]
A=FRAC.VOL. AGUA AFROVECHABLE [cm/cm]
ETX=EVAPOTRANSPIRACION MAX.PROM.MENSUAL [cm/dia]
U=UMBRAL DE RIEGO
Lr=LAMINA UTILIZADA POR LA PLANTA [cm/riego]
Dr=NECESIDAD NETA MENSUAL DE AGUA [cm/mes]
Nr=# TEORICO DE RIEGOS MENSUALES
Ac=LAM. AGUA ACUMULADA [cm/mes]

DATOS DEL MODELO

EL SUELO ES ARCILLA [1]
DENSIDAD APARENTE= 1.63
COEFICIENTE HIDRODINAMICO= .3
CAPACIDAD DE CAMPO= 31.16 (%)
PUNTO DE MARCHITEZ= 18.64
EL CULTIVO ES CANA DE AZUCAR [4]
TIEMPO DE CULTIVO= 12 meses
COEF.DENSIDAD ENRAIZAMIENTO= .4
COEF.DESARROLLO FOLIAR= 6.2
PROF.TIPICA ENRAIZAMIENTO= 60 cms

DATOS DE SALIDA

N=# DE DIAS DEL MES
PR=PRECIPITACION [mm/mes]
EV=EVAPORACION [mm/mes]
R=PROF.ENRAIZADA PROM.MENSUAL [cm/mes]
A=FRAC.VOL. AGUA APROVECHABLE [cm/cm]
ETX=EVAPOTRANSPIRACION MAX.PROM.MENSUAL [cm/dia]
U=UMBRAL DE RIEGO
Lr=LAMINA UTILIZADA POR LA PLANTA [cm/riego]
Dr=NECESIDAD NETA MENSUAL DE AGUA [cm/mes]
Nr=# TEORICO DE RIEGOS MENSUALES
Ac=LAM. AGUA ACUMULADA [cm/mes]

DATOS DEL MODELO

EL SUELO ES ARCILLA [1]
DENSIDAD APARENTE= 1.63
COEFICIENTE HIDRODINAMICO= .3
CAPACIDAD DE CAMPO= 31.16 (%)
PUNTO DE MARCHITEZ= 18.64
EL CULTIVO ES CANA DE AZUCAR [4]
TIEMPO DE CULTIVO= 12 meses
COEF.DENSIDAD ENRAIZAMIENTO= .4
COEF.DESARROLLO FOLIAR= 6.2
PROF.TIPICA ENRAIZAMIENTO= 60 cms

DATOS DE SALIDA

N=# DE DIAS DEL MES
PR=PRECIPITACION [mm/mes]
EV=EVAPORACION [mm/mes]
R=PROF.ENRAIZADA PROM.MENSUAL [cm/mes]
A=FRAC.VOL. AGUA APROVECHABLE [cm/cm]
ETX=EVAPOTRANSPIRACION MAX.PROM.MENSUAL [cm/dia]
U=UMBRAL DE RIEGO
Lf=LAMINA UTILIZADA POR LA PLANTA [cm/riego]
Dr=NECESIDAD NETA MENSUAL DE AGUA [cm/mes]
Nr=# TEORICO DE RIEGOS MENSUALES
Ac=LAM. AGUA ACUMULADA [cm/mes]

DATOS DEL MODELO

EL SUELO ES ARCILLA [1]
DENSIDAD APARENTE= 1.63
COEFICIENTE HIDRODINAMICO= .3
CAPACIDAD DE CAMPO= 31.16 (%)
PUNTO DE MARCHITEZ= 18.64
EL CULTIVO ES CANA DE AZUCAR [4]
TIEMPO DE CULTIVO= 12 meses
COEF.DENSIDAD ENRAIZAMIENTO= .4
COEF.DESARROLLO FOLIAR= 6.2
PROF.TIPICA ENRAIZAMIENTO= 60 cms

DATOS DE SALIDA

N=# DE DIAS DEL MES
PR=PRECIPITACION [mm/mes]
EV=EVAPORACION [mm/mes]
R=PROF.ENRAIZADA PROM.MENSUAL [cm/mes]
A=FRAC.VOL. AGUA APROVECHABLE [cm/cm]
ETX=EVAPOTRANSPIRACION MAX.PROM.MENSUAL [cm/dia]
U=UMBRAL DE RIEGO
Lr=LAMINA UTILIZADA POR LA PLANTA [cm/riego]
Dr=NECESIDAD NETA MENSUAL DE AGUA [cm/mes]
Nr=# TEORICO DE RIEGOS MENSUALES
Ac=LAM. AGUA ACUMULADA [cm/mes]

ANO [1988]

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
N	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
PR	35.9	29.7	17.5	35.9	44.4	117.8	138.8	149.4	96.6	76.6	88.4	61.8
EV	178.2	192.2	249.1	247.9	257.0	180.1	182.8	194.1	188.0	193.8	164.7	149.9
R	0.0	0.0	0.0	6.6	18.6	29.1	38.1	45.6	51.6	56.1	59.1	60.6
A	0.00	0.00	0.00	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
LA	0.00	0.00	0.00	1.34	3.79	5.93	7.77	9.30	10.52	11.44	12.05	12.36
ETX	0.00	0.00	0.00	0.26	0.32	0.31	0.40	0.53	0.63	0.71	0.66	0.58
U	0.00	0.00	0.00	0.45	0.43	0.44	0.42	0.38	0.35	0.33	0.34	0.37
Lr	0.00	0.00	0.00	0.60	1.64	2.59	3.24	3.57	3.73	3.74	4.14	4.55
Dr	0.00	0.00	0.00	4.10	5.45	0.00	0.00	0.00	6.60	14.31	11.06	11.92
Nr	0.00	0.00	0.00	6.86	3.31	0.00	0.00	0.00	1.77	3.83	2.67	2.62
Ac	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.54	4.11	2.65	0.00	0.00	0.00	0.00

ANO [1989]

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
N	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
PR	35.9	29.7	17.5	35.9	44.4	117.8	138.8	149.4	96.6	76.6	88.4	61.8
EV	178.2	192.2	249.1	247.9	257.0	180.1	182.8	194.1	188.0	193.8	164.7	149.9
R	60.6	60.6	60.6	60.6	60.6	60.6	60.6	60.6	60.6	60.6	60.6	60.6
A	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
LA	12.36	12.36	12.36	12.36	12.36	12.36	12.36	12.36	12.36	12.36	12.36	12.36
ETX	0.64	0.61	0.43	0.26	0.32	0.31	0.40	0.53	0.63	0.71	0.66	0.58
U	0.35	0.36	0.41	0.45	0.43	0.44	0.42	0.38	0.35	0.33	0.34	0.37
Lr	4.35	4.44	5.05	5.52	5.36	5.39	5.15	4.74	4.38	4.04	4.24	4.55
Dr	16.18	14.20	11.63	4.10	5.45	0.00	0.00	0.00	6.60	14.31	11.06	11.92
Nr	3.72	3.20	2.30	0.74	1.02	0.00	0.00	0.00	1.51	3.54	2.61	2.62
Ac	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.54	4.11	2.65	0.00	0.00	0.00	0.00

DATOS DEL MODELO

EL SUELO ES ARCILLA [1]
DENSIDAD APARENTE= 1.63
COEFICIENTE HIDRODINAMICO= .3
CAPACIDAD DE CAMPO= 31.16 (%)
PUNTO DE MARCHITEZ= 18.64
EL CULTIVO ES CANA DE AZUCAR [4]
TIEMPO DE CULTIVO= 12 meses
COEF.DENSIDAD ENRAIZAMIENTO= .4
COEF.DESARROLLO FOLIAR= 6.2
PROF.TIPICA ENRAIZAMIENTO= 60 cms

DATOS DE SALIDA

N=# DE DIAS DEL MES
PR=PRECIPITACION [mm/mes]
EV=EVAPORACION [mm/mes]
R=PROF.ENRAIZADA FROM.MENSUAL [cm/mes]
A=FRAC.VOL. AGUA APROVECHABLE [cm/cm]
ETX=EVAPOTRANSPIRACION MAX.FROM.MENSUAL [cm/dia]
U=UMBRAL DE RIEGO
Lr=LAMINA UTILIZADA POR LA PLANTA [cm/riego]
Dr=NECESIDAD NETA MENSUAL DE AGUA [cm/mes]
Nr=# TEORICO DE RIEGOS MENSUALES
Ac=LAM. AGUA ACUMULADA [cm/mes]

DATOS DEL MODELO

EL SUELO ES FRANCO ARCILLOSA [4]
DENSIDAD APARENTE= 1.49
COEFICIENTE HIDRODINAMICO= .45
CAPACIDAD DE CAMPO= 27.31 (%)
PUNTO DE MARCHITEZ= 13
EL CULTIVO ES CANA DE AZUCAR [4]
TIEMPO DE CULTIVO= 12 meses
COEF.DENSIDAD ENRAIZAMIENTO= .4
COEF.DESARROLLO FOLIAR= 6.2
PROF.TIPICA ENRAIZAMIENTO= 80 cms

DATOS DE SALIDA

N=# DE DIAS DEL MES
PR=PRECIPITACION [mm/mes]
EV=EVAPORACION [mm/mes]
R=PROF.ENRAIZADA PROM.MENSUAL [cm/mes]
A=FRAC.VOL. AGUA APROVECHABLE [cm/cm]
ETX=EVAPOTRANSPIRACION MAX.PROM.MENSUAL [cm/dia]
U=UMBRAL DE RIEGO
Lr=LAMINA UTILIZADA POR LA PLANTA [cm/riego]
Dr=NECESIDAD NETA MENSUAL DE AGUA [cm/mes]
Nr=# TEORICO DE RIEGOS MENSUALES
Ac=LAM. AGUA ACUMULADA [cm/mes]

ANO [1988]

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
N	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
PR	35.9	29.7	17.5	35.9	44.4	117.8	138.8	149.4	96.6	76.6	88.4	61.8
EV	178.2	192.2	249.1	247.9	257.0	180.1	182.8	194.1	189.0	193.8	164.7	149.9
R	0.0	0.0	0.0	8.8	24.8	38.8	50.8	60.8	68.8	74.8	78.8	80.8
A	0.00	0.00	0.00	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21
LA	0.00	0.00	0.00	1.87	5.28	8.26	10.82	12.95	14.66	15.94	16.79	17.22
ETX	0.00	0.00	0.00	0.26	0.32	0.31	0.40	0.53	0.63	0.71	0.66	0.58
U	0.00	0.00	0.00	0.51	0.50	0.50	0.48	0.44	0.41	0.37	0.39	0.42
Lr	0.00	0.00	0.00	0.95	2.62	4.13	5.16	5.69	5.94	5.96	6.60	7.26
Dr	0.00	0.00	0.00	4.10	5.45	0.00	0.00	0.00	6.60	14.31	11.06	11.92
Nr	0.00	0.00	0.00	4.30	2.08	0.00	0.00	0.00	1.11	2.40	1.68	1.64
Ac	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.54	4.11	2.65	0.00	0.00	0.00	0.00

ANO [1989]

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
N	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
PR	35.9	29.7	17.5	35.9	44.4	117.8	138.8	149.4	96.6	76.6	88.4	61.8
EV	178.2	192.2	249.1	247.9	257.0	180.1	182.8	194.1	189.0	193.8	164.7	149.9
R	80.8	80.8	80.8	80.8	80.8	80.8	80.8	80.8	80.8	80.8	80.8	80.8
A	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21
LA	17.22	17.22	17.22	17.22	17.22	17.22	17.22	17.22	17.22	17.22	17.22	17.22
ETX	0.64	0.61	0.43	0.26	0.32	0.31	0.40	0.53	0.63	0.71	0.66	0.58
U	0.40	0.41	0.47	0.51	0.50	0.50	0.48	0.44	0.41	0.37	0.39	0.42
Lr	6.93	7.08	8.05	8.81	8.55	8.60	8.21	7.56	6.98	6.44	6.76	7.26
Dr	16.18	14.20	11.63	4.10	5.45	0.00	0.00	0.00	6.60	14.31	11.06	11.92
Nr	2.34	2.00	1.44	0.47	0.64	0.00	0.00	0.00	0.95	2.22	1.64	1.64
Ac	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.54	4.11	2.65	0.00	0.00	0.00	0.00

DATOS DEL MODELO

EL SUELO ES FRANCO ARENOSA [8]
DENSIDAD APARENTE= 1.75
COEFICIENTE HIDRODINAMICO= .55
CAPACIDAD DE CAMPO= 14.79 (%)
PUNTO DE MARCHITEZ= 6.19
EL CULTIVO ES CANA DE AZUCAR [4]
TIEMPO DE CULTIVO= 12 meses
COEF.DENSIDAD ENRAIZAMIENTO= .4
COEF.DESARROLLO FOLIAR= 6.2
PROF.TIPICA ENRAIZAMIENTO= 80 cms

DATOS DE SALIDA

N=# DE DIAS DEL MES
PR=PRECIPITACION [mm/mes]
EV=EVAPORACION [mm/mes]
R=PROF.ENRAIZADA PROM.MENSUAL [cm/mes]
A=FRAC.VOL. AGUA APROVECHABLE [cm/cm]
ETX=EVAPOTRANSPIRACION MAX.PROM.MENSUAL [cm/dia]
U=UMBRAL DE RIEGO
Lr=LAMINA UTILIZADA POR LA PLANTA [cm/riego]
Dr=NECESIDAD NETA MENSUAL DE AGUA [cm/mes]
Nr=# TEORICO DE RIEGOS MENSUALES
Ac=LAM. AGUA ACUMULADA [cm/mes]

ANO [1988]

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
N	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
PR	35.9	29.7	17.5	35.9	44.4	117.9	138.8	149.4	96.6	76.6	88.4	61.8
EV	178.2	192.2	249.1	247.9	257.0	180.1	182.8	194.1	188.0	193.8	164.7	149.9
R	0.0	0.0	0.0	8.8	24.8	38.8	50.9	60.8	68.8	74.8	78.8	80.8
A	0.00	0.00	0.00	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
LA	0.00	0.00	0.00	1.32	3.72	5.83	7.64	9.14	10.35	11.25	11.85	12.15
ETX	0.00	0.00	0.00	0.26	0.32	0.31	0.40	0.53	0.63	0.71	0.66	0.58
U	0.00	0.00	0.00	0.55	0.53	0.53	0.51	0.47	0.43	0.40	0.42	0.45
Lr	0.00	0.00	0.00	0.72	1.98	3.11	3.89	4.29	4.48	4.50	4.98	5.48
Dr	0.00	0.00	0.00	4.10	5.45	0.00	0.00	0.00	6.60	14.31	11.06	11.92
Nr	0.00	0.00	0.00	5.70	2.75	0.00	0.00	0.00	1.47	3.18	2.22	2.18
Ac	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.54	4.11	2.65	0.00	0.00	0.00	0.00

ANO [1989]

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
N	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
PR	35.9	29.7	17.5	35.9	44.4	117.8	138.8	149.4	96.6	76.6	88.4	61.8
EV	178.2	192.2	249.1	247.9	257.0	180.1	182.8	194.1	188.0	193.8	164.7	149.9
R	80.8	80.8	80.8	80.8	80.8	80.8	80.8	80.8	80.8	80.8	80.8	80.8
A	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
LA	12.15	12.15	12.15	12.15	12.15	12.15	12.15	12.15	12.15	12.15	12.15	12.15
ETX	0.64	0.61	0.43	0.26	0.32	0.31	0.40	0.53	0.63	0.71	0.66	0.58
U	0.43	0.44	0.50	0.55	0.53	0.53	0.51	0.47	0.43	0.40	0.42	0.45
Lr	5.23	5.35	6.08	6.65	6.45	6.49	6.20	5.71	5.27	4.86	5.10	5.48
Dr	16.18	14.20	11.63	4.10	5.45	0.00	0.00	0.00	6.60	14.31	11.06	11.92
Nr	3.09	2.66	1.91	0.62	0.84	0.00	0.00	0.00	1.25	2.94	2.17	2.18
Ac	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.54	4.11	2.65	0.00	0.00	0.00	0.00

DATOS DEL MODELO

EL SUELO ES FRANCO ARENOSA [8]
DENSIDAD APARENTE= 1.75
COEFICIENTE HIDRODINAMICO= .55
CAPACIDAD DE CAMPO= 14.79 (%)
PUNTO DE MARCHITEZ= 6.19
EL CULTIVO ES CANA DE AZUCAR [4]
TIEMPO DE CULTIVO= 12 meses
COEF.DENSIDAD ENRAIZAMIENTO= .4
COEF.DESARROLLO FOLIAR= 6.2
PROF.TIPICA ENRAIZAMIENTO= 80 cms

DATOS DE SALIDA

N=# DE DIAS DEL MES
PR=PRECIPITACION [mm/mes]
EV=EVAPORACION [mm/mes]
R=PROF.ENRAIZADA PROM.MENSUAL [cm/mes]
A=FRAC.VOL. AGUA APROVECHABLE [cm/cm]
ETX=EVAPOTRANSPIRACION MAX.PROM.MENSUAL [cm/dia]
U=UMBRAL DE RIEGO
Lr=LAMINA UTILIZADA POR LA PLANTA [cm/riego]
Dr=NECESIDAD NETA MENSUAL DE AGUA [cm/mes]
Nr=# TEORICO DE RIEGOS MENSUALES
Ac=LAM. AGUA ACUMULADA [cm/mes]

DATOS DEL MODELO

EL SUELO ES FRANCO ARCILLOSA [4]
DENSIDAD APARENTE= 1.49
COEFICIENTE HIDRODINAMICO= .45
CAPACIDAD DE CAMPO= 27.31 (%)
PUNTO DE MARCHITEZ= 13
EL CULTIVO ES CANA DE AZUCAR [4]
TIEMPO DE CULTIVO= 12 meses
COEF. DENSIDAD ENRAIZAMIENTO= .4
COEF. DESARROLLO FOLIAR= 6.2
PROF. TIPICA ENRAIZAMIENTO= 80 cms

DATOS DE SALIDA

N=# DE DIAS DEL MES
PR=PRECIPITACION [mm/mes]
EV=EVAPORACION [mm/mes]
R=PROF. ENRAIZADA PROM. MENSUAL [cm/mes]
A=FRAC. VOL. AGUA APROVECHABLE [cm/cm]
ETX=EVAPOTRANSPIRACION MAX. PROM. MENSUAL [cm/dia]
U=UMBRAL DE RIEGO
Lf=LAMINA UTILIZADA POR LA PLANTA [cm/riego]
Dr=NECESIDAD NETA MENSUAL DE AGUA [cm/mes]
Nr=# TEORICO DE RIEGOS MENSUALES
Ac=LAM. AGUA ACUMULADA [cm/mes]

DATOS DEL MODELO

EL SUELO ES FRANCO ARENOSA [8]
DENSIDAD APARENTE= 1.75
COEFICIENTE HIDRODINAMICO= .55
CAPACIDAD DE CAMPO= 14.79 (%)
PUNTO DE MARCHITEZ= 6.19
EL CULTIVO ES CANA DE AZUCAR [4]
TIEMPO DE CULTIVO= 12 meses
COEF. DENSIDAD ENRAIZAMIENTO= .4
COEF. DESARROLLO FOLIAR= 6.2
PROF. TIPICA ENRAIZAMIENTO= 80 cms

DATOS DE SALIDA

N=# DE DIAS DEL MES
PR=PRECIPITACION [mm/mes]
EV=EVAPORACION [mm/mes]
R=PROF. ENRAIZADA PROM. MENSUAL [cm/mes]
A=FRAC. VOL. AGUA APROVECHABLE [cm/cm]
ETX=EVAPOTRANSPIRACION MAX. PROM. MENSUAL [cm/dia]
U=UMBRAL DE RIEGO
Lr=LAMINA UTILIZADA POR LA PLANTA [cm/riego]
Dr=NECESIDAD NETA MENSUAL DE AGUA [cm/mes]
Nr=# TEORICO DE RIEGOS MENSUALES
Ac=LAM. AGUA ACUMULADA [cm/mes]

DATOS DEL MODELO

EL SUELO ES FRANCO ARCILLOSA (4)
DENSIDAD APARENTE= 1.49
COEFICIENTE HIDRODINAMICO= .45
CAPACIDAD DE CAMPO= 27.31 (%)
PUNTO DE MARCHITEZ= 13
EL CULTIVO ES MAIZ (12)
TIEMPO DE CULTIVO= 4 meses
COEF. DENSIDAD ENRAIZAMIENTO= .6
COEF. DESARROLLO FOLIAR= 4.8
PROF. TIPICA ENRAIZAMIENTO= 70 cms

DATOS DE SALIDA

N= # DE DIAS DEL MES
PR= PRECIPITACION [mm/mes]
EV= EVAPORACION [mm/mes]
R= PROF. ENRAIZADA PROM. MENSUAL [cm/mes]
A= PRAC. VOL. AGUA APROVECHABLE [cm/cm]
LA= LAM. APROVECHABLE MENSUAL [cm/mes]
ET= EVAPOTRANSPIRACION MAX. PROM. MENSUAL [cm/dia]
E= ENERGIA DE FUEGO
L= LAMINA UTILIZADA POR LA PLANTA [cm/riego]
DE= DEFICIT DE AGUA MENSUAL [cm/mes]
NR= # TEORICO DE RIEGOS MENSUALES
AC= LAM. AGUA ACUMULADA [cm/mes]

DATOS DEL MODELO

EL SUELO ES ARCILLA (1)
DENSIDAD APARENTE= 1.43
COEFICIENTE HIDRODINAMICO= .3
CAPACIDAD DE CAMPO= 31.16 (%)
PUNTO DE MARCHITEZ= 19.64
EL CULTIVO ES TONATE (24)
TIEMPO DE CULTIVO= 3 meses
COEF. DENSIDAD ENRAIZAMIENTO= .6
COEF. DESARROLLO FOLIAR= 4.8
PROF. TIPICA ENRAIZAMIENTO= 40 cms

DATOS DE SALIDA

N= # DE DIAS DEL MES
PR= PRECIPITACION [mm/mes]
E= EVAPORACION [mm/mes]
R= PROF. ENRAIZADA PROM. MENSUAL [cm/mes]
A= FRAC. VOL. AGUA APROVECHABLE [cm/cm]
EA= CAP. APROVECHABLE MENSUAL [cm/mes]
ST= EVAPOTRANSPIRACION MAX. PROM. MENSUAL [cm/dia]
U= UMBRAL DE RIEGO
E= CANTIDAD UTILIZADA POR LA PLANTA [cm/riego]
D= DEFICIT NETO MENSUAL DE AGUA [cm/mes]
N= # TIEMPO DE RIEGOS MENSUALES
ACC= CAP. AGUA ACUMULADA [cm/mes]

ANO [1987]

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
N	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
PR	35.9	29.7	17.5	35.9	44.4	117.8	138.8	149.4	96.6	76.6	88.4	61.8
EV	178.2	192.2	249.1	247.9	257.0	180.1	182.6	194.1	188.0	193.8	164.7	149.9
R	0.0	0.0	0.0	16.0	36.0	40.0	16.0	36.0	40.0	16.0	36.0	40.0
A	0.00	0.00	0.00	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
LA	0.00	0.00	0.00	3.27	7.35	8.16	3.27	7.35	8.16	3.27	7.35	8.16
ETX	0.00	0.00	0.00	0.34	0.75	0.51	0.24	0.56	0.54	0.26	0.49	0.41
U	0.00	0.00	0.00	0.49	0.36	0.44	0.51	0.43	0.44	0.51	0.45	0.47
Cr	0.00	0.00	0.00	1.61	2.63	3.62	1.68	3.15	3.57	1.67	3.31	3.86
Dr	0.00	0.00	0.00	6.60	18.69	3.63	0.00	0.00	5.69	0.31	5.98	6.64
Nr	0.00	0.00	0.00	4.11	7.12	1.00	0.00	0.00	1.59	0.18	1.81	1.72
Ac	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.27	0.74	0.00	0.00	0.00	0.00

ANO [1988]

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
N	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
PR	35.9	29.7	17.5	35.9	44.4	117.8	138.8	149.4	96.6	76.6	88.4	61.8
EV	178.2	192.2	249.1	247.9	257.0	180.1	182.6	194.1	188.0	193.8	164.7	149.9
R	16.0	36.0	40.0	16.0	36.0	40.0	16.0	36.0	40.0	16.0	36.0	40.0
A	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
LA	3.27	7.35	8.16	3.27	7.35	8.16	3.27	7.35	8.16	3.27	7.35	8.16
ETX	0.24	0.52	0.59	0.34	0.75	0.51	0.24	0.56	0.54	0.26	0.49	0.41
U	0.51	0.31	0.38	0.49	0.36	0.44	0.51	0.43	0.44	0.51	0.45	0.47
Cr	1.67	3.01	3.13	1.61	2.63	3.62	1.68	3.15	3.57	1.67	3.31	3.86
Dr	6.60	18.69	19.56	6.60	18.69	3.63	0.00	0.00	5.69	0.31	5.98	6.64
Nr	2.23	4.78	6.23	1.11	7.12	1.00	0.00	0.00	1.59	0.18	1.81	1.72
Ac	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.27	0.74	0.00	0.00	0.00	0.00

DATOS DEL MODELO

EL SUELO ES FRANCO ARENOSA (9)
DENSIDAD APARENTE= 1.75
COEFICIENTE HIDRODINAMICO= .55
CAPACIDAD DE CAMPO= 14.79 (%)
PUNTO DE MARCHITEZ= 5.19
EL CULTIVO ES TOMATE (24)
TIEMPO DE CULTIVO= 3 meses
COEF. DENSIDAD ENRAIZAMIENTO= .6
COEF. DESARROLLO FOLIAR= 4.8
PROF. TÍPICA ENRAIZAMIENTO= 90 cms

DATOS DE SALIDA

H= # DE DIAS DEL MES
P= PRECIPITACION [mm/mes]
E= EVAPORACION [mm/mes]
R= PROF. ENRAIZADA PROM. MENSUAL [cm/mes]
A= PROF. VOL. AGUA APROVECHABLE [cm-cm]
C= VOL. APROVECHABLE MENSUAL [cm/mes]
ETx= EVAPOTRANSPIRACION Mx PROM. MENSUAL [cm/día]
D= DURAN. DE RIEGO
L= LAMINA UTILIZADA POR LA PLANTA [cm/riego]
Dn= NECESIDAD NETA MENSUAL DE AGUA [cm/mes]
N= # TEÓRICO DE RIEGOS MENSUALES
Ac= VOL. AGUA ACUMULADA [cm/mes]

ANO [1987]

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
N	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
PR	35.9	29.7	17.5	35.9	44.4	117.8	138.8	149.4	76.6	76.6	88.4	61.8
EV	178.2	192.2	249.1	247.9	257.0	130.1	182.8	194.1	168.0	193.8	164.7	149.7
R	0.0	0.0	0.0	32.0	72.0	80.0	32.0	72.0	80.0	32.0	72.0	80.0
A	0.00	0.00	0.00	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
LA	0.00	0.00	0.00	4.82	10.84	12.04	4.82	10.84	12.04	4.82	10.84	12.04
ETX	0.00	0.00	0.00	0.34	0.75	0.51	0.24	0.56	0.54	0.26	0.49	0.41
U	0.00	0.00	0.00	0.60	0.44	0.54	0.63	0.52	0.53	0.63	0.55	0.58
Lr	0.00	0.00	0.00	2.90	4.74	6.54	3.03	5.68	6.44	3.01	5.97	6.96
Dr	0.00	0.00	0.00	6.60	18.69	3.63	0.00	0.00	4.14	0.31	5.98	6.64
Nr	0.00	0.00	0.00	2.28	3.94	0.55	0.00	0.00	0.64	0.10	1.00	0.75
Ac	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.82	2.29	0.00	0.00	0.00	0.00

ANO [1988]

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
N	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
PR	35.9	29.7	17.5	35.9	44.4	117.8	138.8	149.4	76.6	76.6	88.4	61.8
EV	178.2	192.2	249.1	247.9	257.0	130.1	182.8	194.1	168.0	193.8	164.7	149.7
R	32.0	72.0	80.0	32.0	72.0	80.0	32.0	72.0	80.0	32.0	72.0	80.0
A	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
LA	4.82	10.84	12.04	4.82	10.84	12.04	4.82	10.84	12.04	4.82	10.84	12.04
ETX	0.24	0.62	0.62	0.34	0.75	0.51	0.24	0.56	0.54	0.26	0.49	0.41
U	0.63	0.50	0.47	0.60	0.44	0.54	0.63	0.52	0.53	0.63	0.55	0.58
Lr	3.01	5.43	5.68	2.90	4.74	6.54	3.03	5.68	6.44	3.01	5.97	6.96
Dr	3.74	14.33	17.56	6.60	18.69	3.63	0.00	0.00	4.14	0.31	5.98	6.64
Nr	1.23	2.64	3.16	2.28	3.94	0.55	0.00	0.00	0.64	0.10	1.00	0.75
Ac	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.82	2.29	0.00	0.00	0.00	0.00

DATOS DEL MODELO

EL SUELO ES FRANCO ARENOSA [8]
DENSIDAD APARENTE= 1.75
COEFICIENTE HIDRODINAMICO= .55
CAPACIDAD DE CAMPO= 14.79 (%)
PUNTO DE MARCHITEZ= 6.19
EL CULTIVO ES PINENTON [20]
TIEMPO DE CULTIVO= 3 meses
COEF.DENSIDAD ENRAIZAMIENTO= .4
COEF.DESARROLLO FOLIAR= 4
PROF.TIPICA ENRAIZAMIENTO= 80 cms

DATOS DE SALIDA

N= # DE DIAS DEL MES
PR= PRECIPITACION [mm/mes]
EV= EVAPORACION [mm/mes]
R= PROF.ENRAIZADA PROM.MENSUAL [cm/mes]
A= FRAC.VOL. AGUA APROVECHABLE [cm/cm]
LA= LAM.APROVECHABLE MENSUAL [cm/mes]
ETX= EVAPOTRANSPIRACION MAX.PROM.MENSUAL [cm/dia]
U= UMBRAL DE RIEGO
Lr= LAMINA UTILIZADA POR LA PLANTA [cm/riego]
Dr= NECESIDAD NETA MENSUAL DE AGUA [cm/mes]
Nr= # TEORICO DE RIEGOS MENSUALES
Ac= LAM. AGUA ACUNULADA [cm/mes]

ANO [1987]

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
N	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
PR	35.9	29.7	17.5	35.9	44.4	117.8	138.8	149.4	96.6	76.6	88.4	61.8
EV	178.2	192.2	249.1	247.9	257.0	180.1	182.8	194.1	188.0	193.8	164.7	149.9
R	0.0	0.0	0.0	32.0	72.0	80.0	32.0	72.0	80.0	32.0	72.0	80.0
A	0.00	0.00	0.00	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
LA	0.00	0.00	0.00	4.82	10.84	12.04	4.82	10.84	12.04	4.82	10.84	12.04
ETX	0.00	0.00	0.00	0.32	0.66	0.46	0.23	0.50	0.48	0.25	0.44	0.37
U	0.00	0.00	0.00	0.53	0.42	0.49	0.55	0.48	0.49	0.55	0.50	0.52
Lr	0.90	0.90	0.90	2.55	4.55	5.93	2.66	5.19	5.85	2.65	5.39	6.23
Dr	0.00	0.00	0.00	6.14	16.12	1.96	0.00	0.00	0.46	0.00	4.28	5.26
Nr	0.00	0.00	0.00	2.41	3.54	0.33	0.00	0.00	0.08	0.00	0.79	0.84
Ac	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.82	4.23	0.00	0.05	0.00	0.00

ANO [1988]

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
N	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
PR	35.9	29.7	17.5	35.9	44.4	117.8	138.8	149.4	96.6	76.6	88.4	61.8
EV	178.2	192.2	249.1	247.9	257.0	180.1	182.8	194.1	188.0	193.8	164.7	149.9
R	32.0	72.0	80.0	32.0	72.0	80.0	32.0	72.0	80.0	32.0	72.0	80.0
A	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
LA	4.82	10.84	12.04	4.82	10.84	12.04	4.82	10.84	12.04	4.82	10.84	12.04
ETX	0.23	0.55	0.61	0.32	0.66	0.46	0.23	0.50	0.48	0.25	0.44	0.37
U	0.55	0.46	0.44	0.53	0.42	0.49	0.55	0.48	0.49	0.55	0.50	0.52
Lr	2.67	5.02	5.30	2.55	4.55	5.93	2.66	5.19	5.85	2.65	5.39	6.23
Dr	3.41	12.41	17.26	6.14	16.12	1.96	0.00	0.00	0.46	0.00	4.28	5.26
Nr	1.28	2.47	3.26	2.41	3.54	0.33	0.00	0.00	0.08	0.00	0.79	0.84
Ac	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.82	4.23	0.00	0.05	0.00	0.00

DATOS DEL MODELO

EL SUELO ES FRANCO ARCILLOSA [4]
DENSIDAD APARENTE= 1.49
COEFICIENTE HIDRODINAMICO= .45
CAPACIDAD DE CAMPO= 27.31 (%)
PUNTO DE MARCHITEZ= 13
EL CULTIVO ES CARAOTA [5]
TIEMPO DE CULTIVO= 4 meses
COEF.DENSIDAD ENRAIZAMIENTO= .3
COEF.DESARROLLO FOLIAR= 3.4
PROF.TIPICA ENRAIZAMIENTO= 35 cms

DATOS DE SALIDA

N= # DE DIAS DEL MES
PR= PRECIPITACION [mm/mes]
EV= EVAPORACION [mm/mes]
R= PROF.ENRAIZADA PROM.MENSUAL [cm/mes]
A= FRAC.VOL. AGUA APROVECHABLE [cm/cm]
LA= LAM.APROVECHABLE MENSUAL [cm/mes]
ETx= EVAPOTRANSPIRACION MAX.PROM.MENSUAL [cm/dia]
U= UMBRAL DE RIEGO
Lr= LAMINA UTILIZADA POR LA PLANTA [cm/riego]
Dr= NECESIDAD NETA MENSUAL DE AGUA [cm/mes]
Nr= # TEORICO DE RIEGOS MENSUALES
Ac= LAM. AGUA ACUMULADA [cm/mes]

DATOS DEL MODELO

EL SUELO ES FRANCO ARENOSA [8]
DENSIDAD APARENTE= 1.75
COEFICIENTE HIDRODINAMICO= .55
CAPACIDAD DE CAMPO= 14.79 (%)
PUNTO DE MARCHITEZ= 6.19
EL CULTIVO ES CARAOTA [5]
TIEMPO DE CULTIVO= 4 meses
COEF.DENSIDAD ENRAIZAMIENTO= .3
COEF.DESARROLLO FOLIAR= 3.4
PROF.TIPICA ENRAIZAMIENTO= 40 cms

DATOS DE SALIDA

N= # DE DIAS DEL MES
PR= PRECIPITACION [mm/mes]
EV= EVAPORACION [mm/mes]
R= PROF.ENRAIZADA PROM.MENSUAL [cm/mes]
A= FRAC.VOL. AGUA APROVECHABLE [cm/cm]
LA= LAM.APROVECHABLE MENSUAL [cm/mes]
ETX= EVAPOTRANSPIRACION MAX.PROM.MENSUAL [cm/dia]
U= UMBRAL DE RIEGO
Lr= LAMINA UTILIZADA POR LA PLANTA [cm/riego]
Dr= NECESIDAD NETA MENSUAL DE AGUA [cm/mes]
Nr= # TEORICO DE RIEGOS MENSUALES
Ac= LAM. AGUA ACUMULADA [cm/mes]

DATOS DEL MODELO

EL SUELO ES FRANCO ARENOSA [8]
DENSIDAD APARENTE= 1.75
COEFICIENTE HIDRODINAMICO= .55
CAPACIDAD DE CAMPO= 14.79 (%)
PUNTO DE MARCHITEZ= 6.19
EL CULTIVO ES LECHOZA [10]
TIEMPO DE CULTIVO= 12 meses
COEF. DENSIDAD ENRAIZAMIENTO= .4
COEF. DESARROLLO FOLIAR= 3.4
PROF. TIPICA ENRAIZAMIENTO= 100 cms

DATOS DE SALIDA

N= # DE DIAS DEL MES
PR= PRECIPITACION [mm/mes]
EV= EVAPORACION [mm/mes]
R= PROF. ENRAIZADA PROM. MENSUAL [cm/mes]
A= FRAC. VOL. AGUA APROVECHABLE [cm/cm]
LA= LITRO APROVECHABLE MENSUAL [cm/mes]
FLX= SWAMP TRANSPIRACION MAX. PROM. MENSUAL [cm/dia]
DE LINEAS DE RIEGO
LITRO LAMINA UTILIZADA POR LA PLANTA [cc/riego]
DE NECESIDAD NETA MENSUAL DE AGUA [cm/mes]
N= # TEORICO DE RIEGOS MENSUALES
ACC. LAB. AGUA ACUMULADA [cm/mes]

DATOS DEL MODELO

EL SUELO ES FRANCO ARCILLDOA [4]
DENSIDAD APARENTE= 1.49
COEFICIENTE HIDRODINAMICO= .45
CAPACIDAD DE CAMPO= 27.31 (%)
PUNTO DE MARCHITEZ= 13
EL CULTIVO ES LECHOZA [10]
TIEMPO DE CULTIVO= 12 meses
COEF.DENSIDAD ENRAIZAMIENTO= .4
COEF.DESARROLLO FOLIAR= 3.4
PROF.TIPICA ENRAIZAMIENTO= 100 cms

DATOS DE SALIDA

N= # DE DIAS DEL MES
PR= PRECIPITACION [mm/mes]
EV= EVAPORACION [mm/mes]
R= PROF. ENRAIZADA PROM. MENSUAL [cm/mes]
A= FRAC. VOL. AGUA APROVECHABLE [cm/cm]
LA= LAM. APROVECHABLE MENSUAL [cm/mes]
ETX= EVAL. TRANSPIRACION MAX. PROM. MENSUAL [cm/dia]
U= UNIDAD DE RIEGO
Lr= LAMINA UTILIZADA POR LA PLANTA [cm/riego]
Dr= NECESIDAD NETA MENSUAL DE AGUA [cm/mes]
Nr= # TEORICO DE RIEGOS MENSUALES
Ac= LAM. AGUA ACUNULADA [cm/mes]

DATOS DEL MODELO

EL SUELO ES FRANCO ARENOSA [8]
DENSIDAD APARENTE= 1.75
COEFICIENTE HIDRODINAMICO= .55
CAPACIDAD DE CAMPO= 14.79 (%)
PUNTO DE MARCHITEZ= 6.19
EL CULTIVO ES YUCA [26]
TIEMPO DE CULTIVO= 18 meses
COEF.DENSIDAD ENRAIZAMIENTO= .3
COEF.DESARROLLO FOLIAR= 4.8
PROF.TIPICA ENRAIZAMIENTO= 80 cms

DATOS DE SALIDA

N= # DE DIAS DEL MES
PR= PRECIPITACION [mm/mes]
EV= EVAPORACION [mm/mes]
R= PROF. ENRAIZADA PROM. MENSUAL [cm/mes]
A= FRAC. SOL. AGUA APROVECHABLE [cm/cm]
LA= LAM. APROVECHABLE MENSUAL [cm/mes]
ETA= EVAPOTRANSPIRACION MAX. PROM. MENSUAL [cm/dia]
U= URSO DE RIEGO
Lr= LAM. UTILIZADA POR LA PLANTA [cm/riego]
Dr= NECESIDAD NETA MENSUAL DE AGUA [cm/mes]
Nr= # TEORICO DE RIEGOS MENSUALES
Ac= LAM. AGUA ACUMULADA [cm/mes]

ANO L 1987]

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
N	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
PR	35.7	29.7	1.5	35.7	14.4	117.8	138.8	149.4	96.6	76.6	88.4	61.8
EV	178.2	192.2	249.1	247.7	257.0	190.1	182.8	194.1	188.0	193.8	164.7	149.9
R	0.0	0.0	0.0	5.9	17.0	27.2	36.6	45.0	52.6	59.2	65.0	69.9
A	0.00	0.00	0.00	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
LA	0.00	0.00	0.00	0.89	2.56	4.10	5.50	6.77	7.91	8.91	9.78	10.52
ETX	0.00	0.00	0.00	0.25	0.27	0.23	0.26	0.33	0.38	0.44	0.43	0.42
U	0.00	0.00	0.00	0.50	0.49	0.50	0.50	0.48	0.47	0.45	0.45	0.46
Lr	0.00	0.00	0.00	0.44	1.26	2.06	2.73	3.25	3.69	4.04	4.44	4.82
Dr	0.00	0.00	0.00	3.94	4.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.96	4.11	6.79
Nr	0.00	0.00	0.00	8.92	3.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24	0.92	1.41
Ac	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.10	5.50	6.77	4.74	0.00	0.00	0.00

ANO L 1988]

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
N	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
PR	35.7	29.7	1.5	35.7	14.4	117.8	138.8	149.4	96.6	76.6	88.4	61.8
EV	178.2	192.2	249.1	247.7	257.0	190.1	182.8	194.1	188.0	193.8	164.7	149.9
R	73.9	77.0	79.2	80.6	81.0	80.6	77.2	77.0	73.9	0.0	0.0	0.0
A	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.00	0.00	0.00
LA	11.12	11.59	11.92	12.12	12.19	12.12	11.92	11.59	11.12	0.00	0.00	0.00
ETX	0.54	0.67	0.61	0.67	0.61	0.54	0.47	0.40	0.37	0.39	0.00	0.00
U	0.42	0.38	0.32	0.30	0.33	0.42	0.41	0.46	0.41	0.00	0.00	0.00
Lr	4.72	4.88	5.76	6.67	8.36	7.12	5.30	5.37	6.56	0.00	0.00	0.00
Dr	13.01	15.88	23.28	21.36	20.8	1.53	0.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Nr	3.75	3.62	6.1	5.83	5.35	4.87	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ac	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.59	4.24	0.00	0.00	0.00

DATOS DEL MODELO

EL SUELO ES FRANCO ARENOSA [8]
DENSIDAD APARENTE= 1.75
COEFICIENTE HIDRODINAMICO= .55
CAPACIDAD DE CAMPO= 14.79 (%)
PUNTO DE MARCHITEZ= 6.19
EL CULTIVO ES PAPA [17]
TIEMPO DE CULTIVO= 4 meses
COEF.DENSIDAD ENRAIZAMIENTO= .3
COEF.DESARROLLO FOLIAR= 3.4
PROF.TIPICA ENRAIZAMIENTO= 40 cms

DATOS DE SALIDA

N= # DE DIAS DEL MES
FR= PRECIPITACION [mm/mes]
EV= EVAPORACION [mm/mes]
R= PROF.ENRAIZADA PROM.MENSUAL [cm/mes]
A= FRAC.VOL. AGUA APROVECHABLE [cm/cm]
LA= LAM.APROVECHABLE MENSUAL [cm/mes]
ETX= EVAPOTRANSPIRACION MAX.PROM.MENSUAL [cm/dia]
U= UMBRAL DE RIEGO
Lr= LAMINA UTILIZADA POR LA PLANTA [cm/riego]
Ur= NECESIDAD NETA MENSUAL DE AGUA [cm/mes]
Nr= # TEORICO DE RIEGOS MENSUALES
Ac= LAM. AGUA ACUMULADA [cm/mes]

ANO [1987]

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
N	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
PR	35.9	29.7	17.5	35.9	44.4	117.8	138.8	149.4	96.6	76.6	88.4	61.8
EV	178.2	192.2	249.1	247.9	257.0	180.1	182.8	194.1	188.0	193.8	164.7	149.9
R	0.0	0.0	0.0	12.4	30.4	39.4	39.4	12.4	30.4	39.4	39.4	12.4
A	0.00	0.00	0.00	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
LA	0.00	0.00	0.00	1.86	4.57	5.93	5.93	1.86	4.57	5.93	5.93	1.86
ETX	0.00	0.00	0.00	0.29	0.50	0.48	0.37	0.22	0.38	0.50	0.34	0.17
U	0.00	0.00	0.00	0.49	0.44	0.44	0.47	0.51	0.47	0.44	0.48	0.52
Lr	0.00	0.00	0.00	0.91	1.99	2.62	2.79	0.94	2.14	2.58	2.83	0.96
Dr	0.00	0.00	0.00	5.00	10.95	2.59	0.00	0.00	0.00	7.54	1.46	0.00
Nr	0.00	0.00	0.00	5.48	5.49	0.99	0.00	0.00	0.00	2.92	0.52	0.00
Ac	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.45	1.86	0.26	0.00	0.00	0.99

ANO [1988]

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
N	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
PR	35.9	29.7	17.5	35.9	44.4	117.8	138.8	149.4	96.6	76.6	88.4	61.8
EV	178.2	192.2	249.1	247.9	257.0	180.1	182.8	194.1	188.0	193.8	164.7	149.9
R	30.4	39.4	39.4	12.4	30.4	39.4	39.4	12.4	30.4	39.4	39.4	12.4
A	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
LA	4.57	5.93	5.93	1.86	4.57	5.93	5.93	1.86	4.57	5.93	5.93	1.86
ETX	0.34	0.55	0.50	0.29	0.50	0.48	0.37	0.22	0.38	0.50	0.34	0.17
U	0.48	0.47	0.44	0.49	0.44	0.44	0.47	0.51	0.47	0.44	0.48	0.52
Lr	2.18	2.49	2.58	0.91	1.99	2.62	2.79	0.94	2.14	2.58	2.83	0.96
Dr	6.09	12.37	13.63	5.00	10.25	2.59	0.00	0.00	0.00	7.54	1.46	0.00
Nr	2.80	4.76	0.37	5.48	5.49	0.99	0.00	0.00	0.00	2.92	0.52	0.00
Ac	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.45	1.86	0.26	0.00	0.00	0.99

DATOS DEL MODELO

EL SUELO ES FRANCO ARCILLOSA [4]
DENSIDAD APARENTE= 1.49
COEFICIENTE HIDRODINAMICO= .45
CAPACIDAD DE CAMPO= 27.31 (%)
PUNTO DE MARCHITEZ= 13
EL CULTIVO ES YUCA [26]
TIEMPO DE CULTIVO= 18 meses
COEF.DENSIDAD ENRAIZAMIENTO= .3
COEF.DESARROLLO FOLIAR= 4.8
PROF.TIPICA ENRAIZAMIENTO= 80 cms

DATOS DE SALIDA

N= # DE DIAS DEL MES
PR= PRECIPITACION [mm/mes]
EV= EVAPORACION [mm/mes]
R= PROF.ENRAIZADA PROM.MENSUAL [cm/mes]
A= FRAC.VOL. AGUA APROVECHABLE [cm/cm]
LA= LAM.APROVECHABLE MENSUAL [cm/mes]
ETX= EVAPOTRANSPIRACION MAX.PROM.MENSUAL [cm/dia]
U= UMBRAL DE RIEGO
Lr= LAMINA UTILIZADA POR LA PLANTA [cm/riego]
Or= NECESIDAD NETA MENSUAL DE AGUA [cm/mes]
Nr= # TEORICO DE RIEGOS MENSUALES
Ac= LAM. AGUA ACUMULADA [cm/mes]

ANO [1987]

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
N	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
FR	35.9	29.7	17.5	35.9	44.4	117.8	138.8	149.4	96.6	76.6	88.4	61.8
EV	178.2	192.2	249.1	247.9	257.0	180.1	182.8	174.1	188.0	193.8	164.7	149.9
R	0.0	0.0	0.0	5.9	17.0	27.2	36.6	45.0	52.6	59.2	65.0	69.9
A	0.00	0.00	0.00	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21
LA	0.00	0.00	0.00	1.26	3.62	5.80	7.79	9.59	11.21	12.63	13.86	14.90
ETX	0.00	0.00	0.00	0.25	0.27	0.23	0.26	0.33	0.38	0.44	0.43	0.42
U	0.00	0.00	0.00	0.47	0.46	0.47	0.46	0.45	0.44	0.42	0.42	0.43
Lr	0.00	0.00	0.00	0.58	1.67	2.73	3.61	4.31	4.89	5.35	5.89	6.38
Dr	0.00	0.00	0.00	3.94	4.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.25	6.79
Nr	0.00	0.00	0.00	6.73	2.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.38	1.06
Ac	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.94	7.79	9.59	7.76	1.86	0.00	0.00

ANO [1988]

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
N	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
FR	35.9	29.7	17.5	35.9	44.4	117.8	138.8	149.4	96.6	76.6	88.4	61.8
EV	178.2	192.2	249.1	247.9	257.0	180.1	182.8	174.1	188.0	193.8	164.7	149.9
R	73.9	72.0	79.2	80.6	81.0	80.6	79.2	77.0	73.9	0.0	0.0	0.0
A	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.00	0.00	0.00
LA	15.75	16.42	16.89	17.38	17.27	17.18	16.89	16.42	15.75	0.00	0.00	0.00
ETX	0.54	0.57	0.81	0.83	0.91	0.54	0.47	0.40	0.27	0.00	0.00	0.00
U	0.40	0.35	0.30	0.28	0.30	0.39	0.42	0.43	0.46	0.00	0.00	0.00
Lr	6.26	5.80	4.79	4.85	5.11	6.78	7.02	7.11	7.29	0.00	0.00	0.00
Dr	13.01	15.06	23.35	21.38	20.62	4.53	0.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Nr	2.08	2.74	4.68	4.40	4.04	0.67	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ac	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.59	4.24	0.00	0.00	0.00

DATOS DEL MODELO

EL SUELO ES FRANCO ARENOSA [8]
DENSIDAD APARENTE= 1.75
COEFICIENTE HIDRODINAMICO= .55
CAPACIDAD DE CAMPO= 14.79 (%)
PUNTO DE MARCHITEZ= 6.19
EL CULTIVO ES MELON [15]
TIEMPO DE CULTIVO= 3 meses
COEF.DENSIDAD ENRAIZAMIENTO= .3
COEF.DESARROLLO FOLIAR= 3.4
PROF.TIPICA ENRAIZAMIENTO= 40 cms

DATOS DE SALIDA

N= # DE DIAS DEL MES
PR= PRECIPITACION [mm/mes]
EV= EVAPORACION [mm/mes]
R= PROF.ENRAIZADA PROM.MENSUAL [cm/mes]
A= FRAC.VOL. AGUA APROVECHABLE [cm/cm]
LA= LAM.APROVECHABLE MENSUAL [cm/mes]
ETX= EVAPOTRANSPIRACION MAX.PROM.MENSUAL [cm/dia]
U= UMBRAL DE RIEGO
Lr= LAMINA UTILIZADA POR LA PLANTA [cm/riego]
Dr= NECESIDAD NETA MENSUAL DE AGUA [cm/mes]
Nr= # TEORICO DE RIEGOS MENSUALES
Ac= LAM. AGUA ACUMULADA [cm/mes]

ANO [1987]

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
N	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
PR	35.9	29.7	17.5	35.9	44.4	117.8	138.8	149.4	96.6	76.6	88.4	61.8
EV	178.2	192.2	249.1	247.9	257.0	190.1	182.8	194.1	188.0	193.8	164.7	149.9
R	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16.0	36.0	40.0
A	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.15	0.15
LA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.41	5.42	6.02
ETX	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24	0.40	0.34
U	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.46	0.48
Lr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.21	2.51	2.88
Dr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.78	4.22
Nr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.11	1.46
Ac	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.32	0.00	0.00

ANO [1988]

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
N	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
PR	35.9	29.7	17.5	35.9	44.4	117.8	138.8	149.4	96.6	76.6	88.4	61.8
EV	178.2	192.2	249.1	247.9	257.0	190.1	182.8	194.1	188.0	193.8	164.7	149.9
R	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16.0	36.0	40.0
A	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.15	0.15
LA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.41	5.42	6.02
ETX	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24	0.40	0.34
U	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.46	0.48
Lr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.21	2.51	2.88
Dr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.78	4.22
Nr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.11	1.46
Ac	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.32	0.00	0.00

DATOS DEL MODELO

EL SUELO ES FRANCO ARENOSA [8]
DENSIDAD APARENTE= 1.75
COEFICIENTE HIDRODINAMICO= .55
CAPACIDAD DE CAMPO= 14.79 (%)
PUNTO DE MARCHITEZ= 6.19
EL CULTIVO ES CEBOLLA [6]
TIEMPO DE CULTIVO= 4 meses
COEF. DENSIDAD ENRAIZAMIENTO= .3
COEF. DESARROLLO FOLIAR= 3.4
PROF. TIPICA ENRAIZAMIENTO= 40 cms

DATOS DE SALIDA

N= # DE DIAS DEL MES
PR= PRECIPITACION [mm/mes]
EV= EVAPORACION [mm/mes]
R= PROF. ENRAIZADA PROM. MENSUAL [cm/mes]
A= FRAC. VOL. AGUA APROVECHABLE [cm/cm]
LA= LAM. APROVECHABLE MENSUAL [cm/mes]
ETX= EVAPOTRANSPIRACION MAX. PROM. MENSUAL [cm/dia]
U= UMBRAL DE RIEGO
Lr= LAMINA UTILIZADA POR LA PLANTA [cm/riego]
Dr= NECESIDAD NETA MENSUAL DE AGUA [cm/mes]
Nr= # TEORICO DE RIEGOS MENSUALES
Ac= LAM. AGUA ACUMULADA [cm/mes]

ANO [1987]

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
N	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
PR	35.9	29.7	17.5	35.9	44.4	117.8	138.8	149.4	96.6	76.6	88.4	61.8
EV	178.2	192.2	249.1	247.9	257.0	180.1	182.8	194.1	188.0	193.8	164.7	149.9
R	0.0	0.0	0.0	12.4	30.4	39.4	39.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
A	0.00	0.00	0.00	0.15	0.15	0.15	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
LA	0.00	0.00	0.00	1.86	4.57	5.93	5.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ETX	0.00	0.00	0.00	0.29	0.50	0.48	0.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
U	0.00	0.00	0.00	0.49	0.44	0.44	0.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Lr	0.00	0.00	0.00	0.91	1.99	2.62	2.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Dr	0.00	0.00	0.00	5.00	10.95	2.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Nr	0.00	0.00	0.00	5.48	5.49	0.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ac	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

ANO [1988]

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
N	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
PR	35.9	29.7	17.5	35.9	44.4	117.8	138.8	149.4	96.6	76.6	88.4	61.8
EV	178.2	192.2	249.1	247.9	257.0	180.1	182.8	194.1	188.0	193.8	164.7	149.9
R	0.0	0.0	0.0	12.4	30.4	39.4	39.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
A	0.00	0.00	0.00	0.15	0.15	0.15	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
LA	0.00	0.00	0.00	1.86	4.57	5.93	5.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ETX	0.00	0.00	0.00	0.29	0.50	0.48	0.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
U	0.00	0.00	0.00	0.49	0.44	0.44	0.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Lr	0.00	0.00	0.00	0.91	1.99	2.62	2.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Dr	0.00	0.00	0.00	5.00	10.95	2.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Nr	0.00	0.00	0.00	5.48	5.49	0.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ac	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

A N E X O 4

METODO DE PROGRAMACION LINEAL DESARROLLADO POR M. CALHOUM

A N E X O 4

El diseño óptimo de una red de tuberías fuè logrado a través del uso de programación lineal. Este ensayo ilustrará el uso de programación lineal para optimizar varios tipos de redes. Los valores tipos estan divididos en dos casos generales. En el caso de gravedad se conoce el origen. En el caso de bombeo no se conoce el origen.

El escritor es un miembro del equipo de diseño de secciones de canales y líneas de tuberías, División de diseño, Oficina del Ingeniero en jefe, Buró Estados Unidos de Reclamación. En los últimos 30 años aproximadamente esta sección ha estado diseñando sistemas de tuberías para transportar agua para irrigación y proyectos municipales. En la mayor parte de este periodo, un ingeniero de diseño, James E. Mandry, trabajò mientras le fuè posible en desarrollar los medios de optimizar los Sistemas. Su trabajo culminò en el ensayo el cual fuè publicado después de su muerte. El ensayo de Mandry describe una técnica de optimización clásica, principalmente el uso de cálculo para optimizar una función. En tal ensayo el costo de la tubería en un sistema de gravedad es expresado en términos de la

pérdida desde el origen; esta expresión está diferenciada y fijada igual a 0. El gradiente hidráulico económico está entonces resuelto; de esta manera se halla indirectamente el diámetro. Para un sistema de bombeo el costo de el diámetro y el costo de la energía de bombeo están expresadas en términos del tamaño de la tubería, esta expresión está diferenciada y fijada igual a cero (0), de esta manera resolviendo directamente para el tamaño de la tubería. El escritor ha trabajado con el problema y elaborado un programa de computación para optimizar los sistemas de tuberías usando los métodos de Mandry .

Otros métodos de optimización han sido estudiados, incluyendo la programación lineal y la programación dinámica. Como resultado, una nueva técnica de diseño ha sido desarrollada.

Un paquete extenso de computadora está ahora siendo desarrollado el cual consistirá en tres segmentos. La primera parte procesará los datos primarios en una forma que pueda ser aceptable el algoritmo simple x. La segunda parte resolverá el problema de programación lineal, y la última porción procesará las respuestas de una solución de programa lineal en un reporte el cual puede ser examinado y entendido sin más explicación.

Programación lineal aplicada a sistemas de tubería

Programación Matemática

- Caso de gravedad: Considera la función objetivo

$$Z = c_1.X_1 + c_2.X_2 + c_3.X_3 + \dots + c_n.X_n$$

el cual expresa el costo total de un sistema de distribución de tuberías de gravedad $c_1, c_2, c_3, \dots, c_n$ son costos por pie de tubería instalada. Para un tamaño dado y un tipo de tubería, estos costos son conocidos. Encuentre $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$, longitudes desconocidas de varios tamaños de tubería el cual minimizará la función objetivo sujeta a limitaciones.

$$a_{11}.X_1 + a_{12}.X_2 + \dots + a_{1j}.X_j \quad (<=, =, >=) \quad b_1$$

$$a_{21}.X_1 + a_{22}.X_2 + \dots + a_{2j}.X_j \quad (<=, =, >=) \quad b_2$$

$$a_{i1}.X_1 + a_{i2}.X_2 + \dots + a_{ij}.X_j \quad (<=, =, >=) \quad b_j$$

y $X_1 \geq 0, X_2 \geq 0, \dots, X_j \geq 0$.

Los coeficientes a_{ij} son constantes que evaluarán las pendientes de fricción y longitudes de un sistema de tuberías. Los coeficientes b_j son constantes que evalúan las pérdidas principales y las longitudes de un sistema de

tuberías.

- Caso bombeando. Considera la función objetivo

$$Z = c_1.X_1 + c_2.X_2 + \dots + c_n.X_n$$

el cual expresa el costo total de un sistema de tubería bombeada como la suma de los costos de toda sección de tubería en el sistema más el costo capitalizado de bombeo para el sistema. c_1 es el costo propio incremental de carga. c_2, \dots, c_n son los costos por pie de tubería instalada. Halle X_1 , la fuente de bombeo desconocida, y X_2, \dots, X_n las longitudes desconocidas de varios tamaños de tubería el cual minimizará la función objetivo sujeta a limitaciones

$$a_{11}.X_1 + a_{12}.X_2 + \dots + a_{1j}.X_j \quad (<=, =, >=) \quad b_1$$

$$a_{21}.X_2 + a_{22}.X_2 + \dots + a_{2j}.X_j \quad (<=, =, >=) \quad b_2$$

$$a_{i1}.X_1 + a_{i2}.X_2 + \dots + a_{ij}.X_j \quad (<=, =, >=) \quad b_i$$

y $X_1 \geq 0, X_2 \geq 0, \dots, X_j \geq 0.$

Los coeficientes a_{i1} evalúan la fuente de bombeo desconocida y tienen valores de cero (0) o uno (1). Los otros coeficientes a_{ij} le son dados constantes pertinentes a la pendiente de fricción y longitud característica de un sistema de tuberías. Los coeficientes b_j evalúan las longitudes y pérdidas principales de el sistema de

tuberias.

Sistema de programación lineal disponibles en el Buro de Reclamación.

ALPS- El sistema de programación lineal avanzada fue desarrollada por la compañía Honeywell para uso con las computadoras de series H-800/1800. El programa está escrito en Argot, un lenguaje de máquina Honeywell. En la instalación H-800 del Buró de Reclamación, ALPS fue almacenado en un cassette magnético y no hay provisiones hechas para llamarlo desde otro programa. De acuerdo al Manual:

"El asistir a los gerentes y científicos en tomar decisiones costosas y a tiempo en donde se envuelven variables y números grandes, Honeywell ofrece ALPS 800/1800 (ALPS System) para operaciones de investigación con computadoras HW 800 y 1800. ALPS puede ser usada en un gran rango de problemas de optimización lineal. Muchas veces puede ser usada para determinar algunas de las mejores asignaciones de recursos tales como tiempo y materiales, para actividades competitivas. En cualquier caso, el problema es formulado como una función lineal de valor el cual va a ser maximizado o minimizado mientras que es

limitado por un conjunto indeterminado de ecuaciones lineales simultáneas y/o desiguales. El sistema más versátil y eficiente de este tipo, ALPS usa un logaritmo simple revisado, incluyendo sub-optimización y la forma de producto de el inverso. Más de 40 agendas fueron ofrecidas, incluyendo el análisis de sensibilidad y opciones de programación paramétrica. Incidentalmente, el ALPS puede ser usado para resolver sistemas de ecuaciones lineales, ejemplo, cualquier sistema para el cual exista una solución y optimización no es requerida, muchos de tales sistemas pueden ser resueltos simultáneamente solo difieren vectores del lado mano-derecha".

LINPRO. LINPRO está disponible en el sistema-tiempo general electric. Esta escrito en BASIC y provee de una solución de programación lineal conveniente para pequeños problemas. Este programa está en el dominio público y está listado en figura 1

LINEP. LINEP es similar a LINPRO excepto que está escrito en FORTRAN y no es del dominio público. Debido al hecho de que los datos de INPUT deben ser tipeados, es menos conveniente que LINPRO.

CDM4 . CDM4 está disponible en la comparación de

control de datos de las computadoras de series 3600/3800. El Buró de Reclamación renta computadoras tiempo 3800 por servicios de administración de ciencias ambientales, colorado. De el manual:

"En resolver sistemas de ecuaciones, el CDM4 usa el método revisado simplex, con el inverso en forma producto. Un logaritmo de dos fases es usado. Si el problema tiene base trabajable para empezar, la fase 1 de la computadora es entrada. En esta fase, el sistema intenta forzar la trabajabilidad, sino es posible, el diagnóstico es dado. Si el problema es hecho trabajable, la computadora entra en fase 2, y el sistema considera una solución trabajable después de otra en manera ordenada, hasta que el óptimo (si hay alguno) es hallado

Todas las operaciones de matriz, fueron ejecutadas con una precisión simple, forma de punto flotante 48 bit. CDM4 provee para múltiples funciones objetivas, múltiples lados de mano derecha, y programación paramétrica al igual que un logaritmo de programación separable. el sistema distribuido permite problemas hasta las 400 filas 999 variables no artificiales (incluyendo slacks generador automáticamente), las cuales pueden ser agrupadas en 69 conjuntos de variables especiales empleadas en logaritmos de

programación separables. la provisión es hecha hasta para 4000 entradas de matriz no cero. El código CDM4 puede ser acostumbrado a encajar en el tamaño de un problema específico en exceso de 400 filas"

Costos:

Los costos de tubería igual al costo total instalado de la tubería. Incluidos en el costo va la excavación de la zanja de tubería, colocación de la tubería y el relleno de la zanja. Los costos varían con el tamaño, la clase de cabeza y localización. El Buró de Reclamación tiene un grupo de análisis de costos el cual estima el costo de una tubería por pie de cualquier tamaño y clase de fuente en lugar dado.

El costo por pie incremental de carga de bombeo es más difícil de obtener:

- 1.- El costo de la planta de bombeo.
- 2.- El costo de energía de las bombas, y
- 3.- El costo de operación, mantenimiento y reparación (reemplazo) .

Fórmulas de fricción.

Varias fórmulas de fricción de tuberías pueden ser

usadas para determinar la fricción de pérdida de carga por pie de tubería. En la oficina de Reclamación, la fórmula de Scobey es usada. Así pues

$$H = V^2 / c^2 * d^{1.25}$$

en el cual c puede ser 0.345 para tuberías de 4 a 21 pulgadas y 0.370 para tuberías de más de 21 pulgadas. Los términos H es la carga por pérdida de presión en pie por 1000 pie de tubería, V es la velocidad en pie por segundo; c es el coeficiente de fricción Scobey para tuberías de concreto (esto puede ser usado también con un mortero-cilindro forrado de acero y tuberías de asbesto cemento); y d es el diámetro interior de la tubería en pulgadas. Otras fórmulas comunes de fricción de tuberías son la de Darcy-Weisbach, Mannings, y Hazen-Williams.

Sistema ilustrativo de tuberías.

Ejemplo 1: Sistema de gravedad - línea única.

Un sistema de tubería el cual tiene los siguientes datos debe ser medido y optimizado. (figura 1. Vista de perfil-sistema de una sola línea de tuberías, Tabla 1. Datos para el ejemplo).

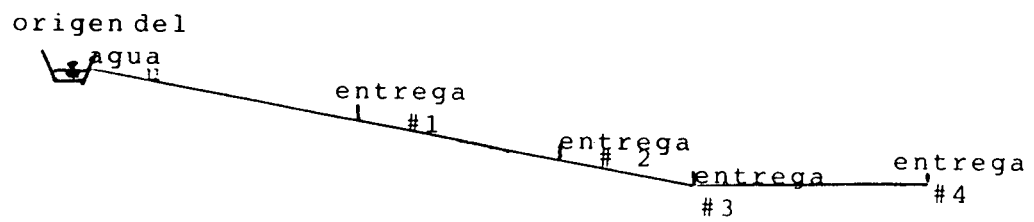


Figura 1. Vista de perfil - Sistema de una sola
línea de tuberías.

Capacidad	Longitud	Salida	Entrega	Elevación requerida	Entrega a la salida
1	2000'	16cfs	1	90'	4cfs
2	1500'	12cfs	2	80'	6cfs
3	1000'	6cfs	3	70'	4cfs
4	2200'	2cfs	4	70'	2cfs

Tabla 1. Datos para ejemplo 1

Entrega	Carga de presión disponible. (100-Elev.Reque. Entrega.)	Distancia (desde la Fuente)	inclinación
1	10'	2200'	.005
2	20'	3500'	.00571
3	30'	4500'	.00667
4	30'	6700'	.00448

Tabla 2. Cálculos de la inclinación para ejemplo 1.

La elevación de la fuente del agua es El.100. Desde esto y los requerimientos de elevación conocidos localizados en distancias dadas, la inclinación para cada entrega puede ser calculada. (Tabla 2. Cálculos de la inclinación para el ejemplo 1).

Por inspección, la inclinación mínima es desde la entrega 3 hasta la entrega 4. Los tamaños de la tubería pueden ahora ser calculados los cuales tendrán inclinaciones hidráulicas que son mayores que o menores que el control de la inclinación de 0.00448. (Tabla 3. Decisiones posibles de tuberías para ejemplo 1).

La función objetiva es minimizada.

$$Z = 12.3 X_1 + 10.35 X_2 + 12.3 X_3 + 10.35 X_4 + 8.45 X_5 + 6.68 X_6 + 5. X_7 + 3.92 X_8.$$

Las represiones de la longitud son expresadas como la suma de las longitudes bajo estudio y en una capacidad particular iguala la longitud de esa capacidad. 0:

$$\begin{array}{rcl} X_1 + X_2 & & = 2000 \\ & X_3 + X_4 & = 1500 \\ & & X_5 + X_6 & = 1000 \\ & & & X_7 + X_8 & = 2200 \end{array}$$

Las represiones hidráulicas deben ser escritas para cada posible punto de control hidráulico. Para la entrega 1:

$$100. - .00357 X1 - .00827 X2 \geq 90.$$

Sustrayendo 100 de cada lado de la expresión y después multiplicando por (-1) resulta:

$$0.00357 X1 + .00827 X2 \leq 10$$

Para entrega 2:

$$100. - .00357 X1 - .00827 X2 - .0021 X3 - .00465 X4 \geq 80$$

Esto se convierte

$$.00357 x1 + .00827 x2 + .00201 x3 + .00465 x4 \leq 20.$$

Para entrega 3:

$$100. - .00357 x1 - .00827 X2 - .00201 X3 - .00465 X4 + .00261 X5 + .0068 X6 \leq 30$$

Esto se convierte

$$.00357 X1 + .0827 X2 + .00201 X3 + .00465 X4 + .00261 X5 + .0068 X6 \leq 30.$$

Para entrega 4:

$$100. - .00357 X1 - .00827 X2 - .0021 X3 - .00465 X4 - .00261 X5 - .0068 X6 - .00244 X7 - .00635 X8 \geq 70.$$

Esto se convierte

$$.00357 X1 + .00827 X2 + .00201 X3 + .00465 X4 + .00261 X5 + .0068 X6 + .00244 X7 + .00635 X8 \leq 30.$$

Es interesante notar que la represión hidráulica para la entrega 3 se vuelve redundante cuando la represión hidráulica hasta la entrega 4 es aplicada. Esto es aparente desde la inspección de la red desde que la línea de

gradiente hidraulico debe tener una elevación mas grande que 70 en la entrega 3 con el propósito de llegar a la entrega 4 con por lo menos una elevación de setenta. En un sistema más complicado esta condición de redundancia debe ser tomada como ventaja en lo posible con la idea de minimizar el tamaño del problema L.P. siempre que una entrega tiene un requerimiento de elevación menor que o igual que a un requerimiento de elevación para otra entrega a una distancia más lejana desde la fuente u origen en la misma linea, la represi3n hidràulica hasta la entrega anterior es redundante.

EJemplo 1. fuè introducido ALPS, LIMPRO, LINEP y la soluci3n fuè la misma en todos los casos. Especialmente, tabla 4 soluci3n del ejemplo 1.

Ejemplo 2. Sistema de gravedad - lineas ramificadas.

El sistema de tuberias mostrado en la figura 2 con los datos dados en la tabla 4 serà medida y mejorada, figura 2 . Vista de planta - sistema de tuberias de lineas ramificadas .

Tabla 5. Datos

Las elevaciones de entrega requeridas son: entrega 5

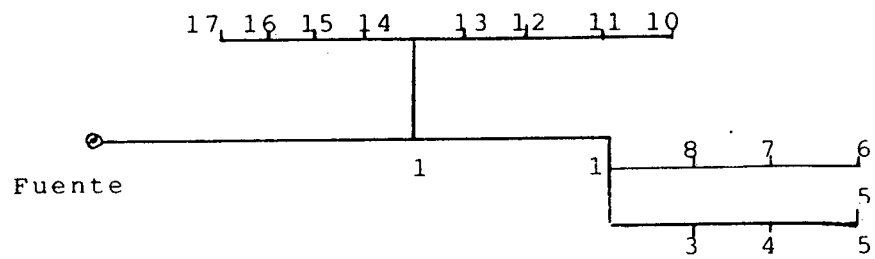


Figura 2. Vista de planta - Sistema de tuberías de líneas ramificadas.

Tabla 3. Posibles diámetros de tubería para ej. 1

Capacidad	Control de la inclinación (pie/pie)	Longitud desconocida	Diámetro (Tubería)	Fricción	Costo (\$/pie)
1	.00448	X1	24"	.00357	12,30
		X2	21"	.00827	10,35
2		X3	24"	.00201	12,30
		X4	21"	.00465	10,35
3		X5	18"	.00261	8,48
		X6	15"	.00680	6,68
4		X7	12"	.00244	5,00
		X8	10"	.00635	3,92

Tabla 4. Solución del ejemplo 1.

Capacidad	Variable	Diámetro de la tubería	Longitud solución
1	X1	24"	1391'
	X2	21"	609'
2	X3	24"	0'
	X4	21"	1500'
3	X5	18"	0'
	X6	15"	1000'
4	X7	12"	1981'
	X8	10"	219'

igual 151 pies, entrega 6 igual 151 pies, entrega 10 igual 142 pies y entrega 17 igual 146,5 pies.

La función objetiva para esta red de tuberías es otra vez el costo total de la red o de la suma del costo por pie de cada tubería bajo estudio por su longitud desconocida.

$$Z = 19,48 X_1 + 17,32 X_2 + 15,23 X_3 + \dots + 3,45 X_{51}.$$

Las represiones de longitud son:

$$X_1 + X_2 + X_3 = 4500$$

$$X_4 + X_5 + X_6 = 4500$$

+.....

$$+X_{49} + X_{50} + X_{51} = 360$$

Las represiones hidráulicas pueden ser escritas a cada posible punto de control hidráulico como en el caso de la entrega 5:

$$168. - .00104 X_1 - .00164 X_2 - .0027 X_3 - .00061 X_4 - \\ .00113 X_5 - .00262 X_6 - .00028 X_7 - .00065 X_8 - .00147 X_9 -$$

$$.00113 X9 - .00029 X10 - .00065 X11 - .0017 X12 - .00016 X13 - .00043 X14 - .00137 X15 \geq 151.$$

O sustrayendo 168 de cada lado de la desigualdad y después multiplicando ambos lados por (-1).

$$.00104 X1 + .00164 X2 + .0027 X3 + .00061 X4 + .00113 X5 + .00262 X6 + .00028 X7 + .00065 X8 + .00147 X9 + .00029 X10 + .00065 X11 + .0017 X12 + .00016 X13 + .00043 X14 + .00137 X15 \leq 17.$$

Para una red con n ramificaciones, un mínimo de m expresiones de represión hidráulica es requerida. En este caso particular 4 ecuaciones hidráulicas y 17 ecuaciones de represión de longitud son necesarias. Con el problema antes descrito, la solución L.P puede ser obtenida. La solución mostrada en la tabla 6 fue obtenida usando ALPS.

Tabla 6. Solución del caso de gravedad.

Ejemplo 3. Sistema bombeado--líneas ramificadas.

Un caso de bombeo con geometría y secciones de tuberías numeradas como en la figura 2 será examinada. Los datos son los mismos que los mostrados en la tabla 5

Sección	Q en pie cúbico por segundo.	Longitud en pie.	Diametro, en pulgadas.	Costo, en dólares por pie instalado.	Pérdida de carga en pie por pie.
1	25	4.500	36, 33, 30	19,48-17,32-15,23	.00104,.00164,.0027
2	9	4.500	27, 24, 21	13,22-11,28- 9,42	.00061,.00113,.00262
3	4,5	3.660	24, 21, 18	11,28- 9,42- 7,65	.00028,.00065,.00147
4	3,0	1.200	21, 18, 15	9,42- 7,65- 5,98	.00029,.00065,.0017
5	1,5	1.200	18, 15, 12	7,65- 5,98- 4,43	.00016,.00043,.00137
6	1,5	1.200	15, 12, 10	5,98- 4,43- 3,45	.00043,.00137,.00357
7	3	1.200	18, 15, 12	7,65- 5,98- 4,43	.00065,.0017 ,.00549
8	4,5	1.160	21, 18, 15	9,42- 7,65- 5,98	.00065,.00147,.00383
9	16	1.200	24, 21, 18	11,28- 9,42- 7,65	.00357,.00827,.01858
10	2	360	12, 10, 8	4,43- 3,45- 2,63	.00244,.00635,.0205
11	4	540	15, 12, 10	5,98- 4,43- 3,45	.00302,.00976,.02541
12	6	360	18, 15, 12	7,65- 5,98- 4,43	.00261,.0068 ,.02195
13	8	450	21, 18, 15	9,42- 7,65- 5,98	.00207,.00464,.0121
14	8	450	21, 18, 15	9,42- 7,65- 5,98	.00207,.00464,.0121
15	6	360	18, 15, 12	7,65- 5,98- 4,43	.00261,.0068 ,.02195
16	4	540	15, 12, 10	5,98- 4,43- 3,45	.00302,.00976,.02541
17	2	360	15, 12, 10	5,98- 4,43- 3,45	.00076,.00244,.00635

Tabla 5. Datos.

Tabla 6. Solucion del caso de gravedad.

Sección	Diámetro en pulgadas	Longitud en pie	Coste en dolares
1	36	1.424	27.240
	33	3.076	53.276
2	24	4.500	50.760
3	21	1.570	14.789
	18	2.090	15.989
4	18	1.200	9.180
5	15	1.200	7.176
6	12	1.200	5.316
7	15	1.200	7.176
8	18	1.160	8.874
9	24	1.200	13.536
10	10	360	1.242
11	12	540	2.392
12	15	360	2.153
13	18	35	268
	15	415	2.482
14	18	450	3.443
15	15	360	2.153
16	15	208	1.244
	12	332	1.471
17	10	360	1.242

La elevación de la fuente en el lado de la succión de la bomba es dada como un dato de referencia, tomado aquí como 0 pie.

La función objetiva para esta red de tuberías bombeadas es la misma que el caso de gravedad con la adición de un término describiendo el costo total de la bomba. El costo de la carga de presión proveída en la bomba para este caso es de 2.400 dolares por pie. La función objetiva entonces se convierte en:

$$K=2400 X_1 + 19.48 X_2 + 17.32 X_4 + 13.22 X_5 + \dots + 3.45 X_{52}.$$

Las represiones de la longitud son las mismas para el caso de gravedad excepto que X_1 debe ser contada para

$$X_2 + X_3 + X_4 = 4,500$$

$$X_5 + X_6 + X_7 = 4,500$$

Otra vez las represiones hidráulicas deben ser escritas para cada posible punto de control hidráulico pero ahora la bomba de la carga de presión no es conocido. Entonces, la ecuación de la represión hidráulica al punto 5 es:

$$\begin{aligned} X_1 - .00104 X_2 - .00164 X_3 - .0027 X_4 - .00061 X_5 - \\ .00113 X_6 - .00262 X_7 - .00028 X_8 - .00065 X_9 - .00147 X_{10} \\ - .00029 X_{11} - .00065 X_{12} - .0017 X_{13} - .00016 X_{14} - \end{aligned}$$

.00043 X15 - .00137 X16 >=151.

Como en el caso de gravedad nosotros tenemos 4 ecuaciones de represión hidráulica y 17 ecuaciones de represión de longitud. La solución L.P para este caso fue también obtenida usando el paquete de Honeywell ALPS. La tabla 7 suma el análisis del caso de bombeo.

Es interesante notar que el punto 5 parece ser el primer punto del control para la red en el caso de bombeo y el de gravedad. El caso de bombeo, produce una ruta de longitudes de tuberías no rotas desde el punto 5 hasta el origen. Sin embargo, la solución de gravedad rompe la longitud de la tubería en las secciones 1 y 3 en la ruta hacia el punto 5. La solución de la gravedad es desarrollada entre 2 elevaciones conocidas; en el caso del punto 5, esta diferencia en elevaciones es de 17 pies. Así pues, como los análisis de gravedad trabajan lejos del origen, la carga de presión disponible de 17 pies es utilizada en una manera óptima. El caso de bombeo, por otro lado, no tiene elevación conocida en el origen. La solución de este caso comienza en el punto de referencia conocido, por ejemplo el primer punto de control de orden (punto 5). Por lo tanto, la solución produce una simple longitud de tubería cada capacidad desde este punto de control trabajando hacia el origen. En el proceso, la elevación óptima de la carga de presión hacia el origen es

determinada.

Tabla 7. Solución al caso de bombeo.

Ejemplo 4. Lateral 14, Westlands Water District, San Luis Unit, Central Valley Project, California.

El distrito de aguas Westlands cubre un área de aproximadamente 600.000 acres en el valle San Joaquin en California. La Oficina de Reclamación está diseñando y construyendo un sistema de distribución de tuberías a presión para regar esta área. Lateral 14 es la más larga de esos sistemas de tubería. Esta surtirá aproximadamente 23.000 acres de terreno con una salida de 282 cfs. El problema de perfeccionamiento del lateral 14 por programación lineal, es similar al ejemplo 2, sólo que más complejo debido a su tamaño.

Hay 103 extensiones de tubería en este sistema. Cinco elecciones de tuberías son consideradas en cada extensión con el propósito de asegurar completamente el tamaño óptimo de cada extensión. Si la solución por una extensión particular es la tubería número 2, 3 o 4, el diseñador puede estar confiado, el tiene la talla óptima. Sin embargo, con una solución de tubería #1, el tamaño no puede ser el óptimo. La solución es la tubería más larga disponible; posiblemente si una tubería más larga están disponibles serían elegidas. De la misma forma, si la solución produce la tubería 5, el tamaño óptimo sería mas pequeño. Por lo

TABLA 7.- Solución al caso de Bombeo

Bomba de presión = 172,53 pie			
Sección Nº	Diámetro en pulgadas	longitud en pie	Costo en dólares
1	33	4.500	77.940
2	24	4.500	50.760
3	18	3.660	27.999
4	15	1.200	7.176
5	12	1.200	5.316
6	12	774	3.429
	10	426	1.470
7	15	1.200	7.176
8	15	1.160	6.937
9	24	473	5.335
	21	727	6.848
10	10	360	1.242
11	12	540	2.392
12	15	360	2.153
13	15	450	2.691
14	18	450	3.442
15	15	360	2.153
16	15	170	1.017
	12	370	1.639
17	10	360	1.242

tanto , con el propósito de obtener lo mejor, la solución debe ser ligada en cada lado. Por supuesto, esto puede ser obtenido con tres elecciones de tuberías por extensión, pero eso requiere una gran porción de ajuste y reintroducción del programa de la computadora. Con 5 desconocidos por extensión y 103 extensiones hay un total de 515 desconocidos. Cada extensión requiere una ecuación de longitud de represión. En adición, 74 represiones de inclinación hidráulica son requeridas. Entonces hay 178 represiones. La matriz es 515×178 y contiene 91.670 valores. Sin embargo, los ceros ocupan todos menos 7.147 de los elementos. La producción total ALPS para este problema, incluyendo tablas iniciales y finales, por este problema es de 640 páginas.

Sumario y conclusiones.

Los ejemplos de los sistemas de tubería considerados en este trabajo son frecuentemente encontrados en el trabajo de canales y la sección de líneas de tuberías. El diseño de otro tipo de sistemas de tuberías requerirá modificación de puntos de vistas de este trabajo. Esto puede hacerse y será hecho cuando los problemas surjan. Corrientemente el trabajo está procediendo en el perfeccionamiento de un sistema de tuberías de desagüe. Aquí, la mayor diferencia en los tres ejemplos mostrados está en las ecuaciones de represión hidráulica. El sistema

de tuberías de desague parece una corriente abierta lo que significa que la tubería no está bajo presión hidráulica. Consecuentemente, la línea de grado hidráulica debe caer en un grado de elevaciones menores.

El comprensivo programa de computadora mencionado en la introducción es una meta importante a ser alcanzada porque será muy utilizada la capacidad de la computadora para perfeccionar los sistemas de distribución de las tuberías. Sin embargo con el problema de perfeccionamiento resuelto, uno encuentra inmediatamente otros problemas de perfeccionamiento. Los ejemplos son el problema de perfeccionamiento de la disposición del sistema de tubería (otras localizaciones para el sistema de tubería podría surtir la misma área mas económicamente) ,y el problema de perfeccionamiento de los recursos de agua en general (las alternativas de canal abierto o aguas buenas deberían ser consideradas).

En conclusión, parece que este problema de perfeccionamiento es algo complejo y el ingeniero diseñador será considerablemente más activo en esta área en el futuro.

16.- B I B L I O G R A F I A

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Dirección General de Recursos Hidráulicos. "Cuenca Cariaco-Casanay". Aprovechamiento integral de los Recursos Hidráulicos, 1971.
- 2.- Ministerio de Obras Públicas, Dirección de Obras Hidráulicas. "Plan Nacional de Obras Hidráulicas, Programa 1965-1968"
- 3.- Ministerio de Obras Públicas, Dirección de Obras Hidráulicas, Departamento de aprovechamiento. "Programa Quinquenal para el aprovechamiento del Sistema de Riego Cariaco", 1970.
- 4.- Ministerio de Obras Públicas, Dirección de Obras Hidráulicas, Dirección de Funcionamiento de Riego (Operación-Conservación-Economía y Estadística)
- 5.- Hidrometra Julio Capacho. "Inventario Físico de los Sistemas de Riego en Operación"
- 6.- Jahn Ingenieros C.A. "Estudio de Riego y Drenaje Cuenca

- cariaco-Casanay", 1965
- 7.- Ministerio de Obras Pùblicas; Direcciòn de Obras Hidràulicas; SOGREAH." Sistema de Riego por Aspersiòn de Cariaco; 2 da Etapa", 1968
 - 8.- Ray K. Linsley y Otros." Hidrologia para Ingenieros". Mèxico, Mc Graw-Hill, 1981
 - 9.- Carlos J. Grassi. "Estimaciòn de los usos consuntivos de agua y requerimientos de riego con fines de formulaciòn y diseño de proyecto". Mèrida-Venezuela, CIDIAT, 1975.
 - 10- Prof. Javier Lòpez."Mètodos de Riego". (folleto).
 - 11.- Ramón José Guilarte."Hidrologia Bàsica". Departamento de Meteorologia de la Facultad de Ingenieria de la U.C.V., Septiembre de 1978.
 - 12.- Aldo Norero Sch, "Evaporaciòn y Transpiraciòn", Mèrida - Venezuela, CIDIAT, 1976.
 - 13.- Pedro Gomez Pompa,"La tècnica y la tecnologia del riego por aspersiòn", Madrid, 1974.

14.- Simòn Arocha R., "Abastecimientos de agua", Ediciones Vega, 1970.

15.- Bruce Withers/Stanley Vipond, "El riego: diseño y práctica", México. 1979.

