



DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO
Facultad de Ingeniería

01162
16
20j

OPTIMIZACION DE LA TECNIFICACION DEL
RIEGO PARCELARIO

MARIA DE LOS ANGELES SUAREZ MEDINA

T E S I S

PRESENTADA A LA DIVISION DE ESTUDIOS
DE POSGRADO DE LA

FACULTAD DE INGENIERIA
DE LA
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

COMO REQUISITO PARA OBTENER
EL GRADO DE

**MAESTRA EN INGENIERIA
(HIDRAULICA)**

CIUDAD UNIVERSITARIA
1 9 9 5

FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

A Ernesto:

**mi total agradecimiento por su apoyo, comprensión
y motivación en todo momento,
gracias por ser así**

A FJAS:

**dedico esta pequeña pero muy significativa muestra
de superación, dedicación y entrega.**

A mis Padres
Por su confianza

A mis hermanos

Graciela, Ma. Elena, David, Alejandro y Sirenia

A Sirenia

Tengo fe, esperanza y confianza de que el presente la motivará aún más para alcanzar sus metas futuras

A mis sobrinos
David, José Ignacio y Ma. Magdalena

Al Dr. Juan Enciso Medina
por su tiempo, dedicación y valiosos comentarios en
la elaboración de este trabajo

A los profesores de la DEPMI

Al Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

por el apoyo recibido

I N D I C E

| | PAG. |
|---|------|
| 1. INTRODUCCION | 1 |
| 2. OBJETIVOS | 3 |
| 3. EFICIENCIA DEL USO DEL AGUA | 4 |
| 3.1 Eficiencia de riego | 6 |
| 3.1.1 Eficiencia por conducción | 6 |
| 3.1.2 Eficiencia de distribución | 9 |
| 3.1.3 Eficiencia de aplicación | 9 |
| 3.1.4 Eficiencia del distrito de riego | 11 |
| 3.2 Eficiencia de uso del agua | 12 |
| 3.3 Índice de productividad | 13 |
| 3.4 Índice de utilización del agua | 14 |
| 3.5 Resumen | 15 |
| 4. RELACION AGUA - PRODUCTIVIDAD | 17 |
| 4.1 Factores que influyen sobre la determinación de la lámina óptima de riego | 18 |
| 4.2 Métodos de decisión para seleccionar la lámina óptima de riego | 19 |
| 4.2.1 Agua como factor limitante | 20 |
| 4.2.2 Tierra como factor limitante | 21 |
| 4.3 Determinación de la lámina óptima para cultivos de la región Lagunera (Distrito 017) | 29 |

| | | |
|-------|---|----|
| 4.3.1 | Antecedentes | 29 |
| 4.3.2 | Funciones de producción | 30 |
| 4.4 | Resumen | 33 |
| 5. | METODOLOGIA DE ANALISIS ECONOMICO Y FINANCIERO DE OPCIONES DE TECNIFICACION DEL RIEGO PARCELARIO | |
| 5.1 | Recopilación de información | 36 |
| 5.2 | Determinación del costo inicial | 38 |
| 5.3 | Determinación del costo anual de depreciación | 38 |
| 5.4 | Determinación del costo de operación anual .. | 41 |
| 5.5 | Recuperación de la inversión | 42 |
| 5.5a | Parámetros de decisión | 43 |
| 5.6 | Financiamiento (sólo en caso necesario) | 43 |
| 5.7 | Proyección de la evaluación | 45 |
| 5.8 | Balance de ingresos y egresos | 46 |
| 5.9 | Valor presente neto | 47 |
| 5.10 | Criterio de decisión | 47 |
| 5.11 | Tasa interna de rendimiento (TIR) | 47 |
| 5.12 | Periodo de recuperación | 48 |
| 5.13 | Relación beneficio - costo (B/C) | 48 |
| 5.14 | Análisis económico y financiero de cultivos .. | 49 |
| 5.15 | Análisis de resultados | 49 |
| 5.16 | Resumen | 51 |

| | | |
|-------|--|----|
| 6. | OPTIMIZACION DE INVERSIONES | 57 |
| 6.1 | Introducción | 57 |
| 6.2 | Objetivo | 58 |
| 6.3 | Modelo propuesto para la optimización de inversiones | 58 |
| 6.4 | Caso de estudio: módulo de riego Tlahualilo, región Lagunera | 61 |
| 6.4.1 | Características generales del módulo de riego Tlahualilo | 61 |
| 6.4.2 | Aplicación del modelo al módulo de riego Tlahualilo | 63 |
| 6.5 | Presentación de resultados | 64 |
| 6.5.1 | Discusión | 69 |
| 6.6 | Conclusiones | 71 |
| | Referencias | 75 |

ANEXOS

ANEXO A. Análisis económico y financiero de los cultivos de:

- Algodón
- Frijol
- Maíz
- Melón

ANEXO B. Modelos matemáticos de los escenarios comprendidos del 1 al 4

ANEXO C. Glosario de términos

1. INTRODUCCION

México es un país eminentemente árido, donde el riego es indispensable en un 63% de su área para obtener cosechas agrícolas comercialmente productivas y probablemente, en más del 90% de su territorio, el riego es necesario para obtener rendimientos competitivos en los mercados mundiales de productos agropecuarios (CNA 1994).

El área total de riego es de 6 millones de hectáreas las cuales están distribuidas en 78 Distritos de Riego, cuyo funcionamiento depende de infraestructura hidráulica conformada por 126 presas grandes, 1194 presas medianas, 2090 presas derivadoras, 77 mil pozos profundos, 68 mil kilómetros de canales, 47 mil kilómetros de drenes y 54 mil kilómetros de caminos (CNA 1992).

Desafortunadamente, en muchos casos, esta infraestructura no cumple con el servicio para la cual fue diseñada debido a problemas principalmente de tipo constructivos, operativos y de conservación de obras hidráulicas. Esto sin lugar a dudas repercute principalmente en la productividad agrícola.

Aunado a esta problemática, la productividad agrícola se ha estancado al decrecer los niveles de inversión pública y sólo en algunos casos, grupos minoritarios de productores de capacidad empresarial avanzada han podido establecer una economía de alta productividad y tecnología avanzada.

Sin embargo, en la mayoría de los casos, los bajos rendimientos agrícolas son afectados por la política de subsidios de precios, rezago tecnológico, así como la falta de infraestructura parcelaria. Lo cual ha favorecido al predominio de cultivos básicos, y con ello, la baja productividad económica del agua, que conjuntamente han ocasionado la descapitalización de los productores, y el deterioro ecológico, principalmente reflejado en el abatimiento de mantos acuíferos y ensalitramiento de suelos.

Ante esta situación, es necesario desarrollar metodologías que permitan optimizar los pocos recursos económicos que se destinan a las zonas de riego, con los que se pueda obtener un mayor impacto productivo, mediante la priorización y selección adecuada de niveles de tecnificación.

Por lo anterior, el presente estudio se ha desarrollado con el fin de evaluar el impacto de inversiones en tecnología tales como nivelación, adquisición de sistemas de riego, revestimiento de canales interparcelarios, entubamientos y estructuras de medición y control, en una zona de riego.

2. OBJETIVO

El objetivo principal de este trabajo es desarrollar un modelo de optimización de recursos disponibles, que permita priorizar inversiones hidroagrícolas en una zona de riego.

Esta priorización se hará considerando limitaciones de suministro de agua e inversión disponible principalmente y toma como objetivos secundarios los siguientes:

1. Obtener información sobre las eficiencias de sistemas de riego, regaderas y canales de las zonas de riego de nuestro país.
2. Obtener información de la relación entre el uso del agua y la producción en diferentes sistemas de riego.
3. Evaluar los parámetros económicos que se deben utilizar para estudiar la factibilidad económica de una inversión.
4. Finalmente, desarrollar un modelo matemático de optimización que englobe los objetivos anteriores.

3. EFICIENCIA DEL USO DEL AGUA

Normalmente las inversiones que se realizan en infraestructura hidroagrícola están encaminadas a incrementar el margen de ganancia, mediante el aumento de la eficiencia y optimización del uso del agua, la energía y la infraestructura hidráulica.

Una inversión en infraestructura podría ser el revestimiento de canales o el entubamiento de una red de distribución de agua, con el fin de aumentar la eficiencia de conducción lo cual permitiría obtener un volumen adicional de agua que se podría utilizar para regar segundos cultivos, o bien vender este volumen de agua para uso urbano o industrial.

La decisión de llevar a cabo una u otra alternativa dependerá de la capacidad de financiamiento que se cuente para dicho proyecto y de su factibilidad técnica y económica.

En este capítulo se presentan los tipos de eficiencia de riego que en México más se utilizan.

Antes de mencionar los conceptos de eficiencia, primero se presentan algunos antecedentes de la superficie bajo riego en México, (Tabla 3.1).

Tabla 3.1 Superficies Bajo Riego en México (Trava, 1984)

| Uso | Hectáreas en millones |
|---|-----------------------|
| Distritos de riego | 3.3 |
| Pequeñas unidades de riego para el desarrollo rural | 1.9 |
| Áreas no incorporadas | 0.8 |
| Total | 6.0 |

Esto representa aproximadamente el 30% de la superficie total bajo cultivo en el país, el cual varía desde 16 millones de hectáreas (en años secos) hasta 22 millones (en años húmedos), dependiendo básicamente de las condiciones climáticas anuales. Si la eficiencia se pudiera mejorar, se tendría un margen para incrementar la superficie de riego o bien mejorar el servicio de agua potable.

La importancia de la agricultura bajo riego resalta al considerar que la productividad del área de riego es 2.5 veces la de las áreas no regadas y que en producción y en valor representan más del 50 % del total nacional; además, gran parte de la producción agrícola de exportación se realiza en las áreas bajo riego, específicamente en los distritos.

Por estas razones la agricultura de riego puede considerarse como segura y remunerativa, dado que el insumo principal, el agua, es también relativamente seguro. En esa proporción garantiza que los cultivos tendrán satisfechos sus requerimientos hídricos; aspecto importante para un país como México, en el cual gran parte de su territorio es árido o semiárido y la precipitación, por su magnitud y distribución en el tiempo, es insuficiente para lograr el desarrollo de las plantas y su producción.

3.1 *Eficiencia de riego*

La eficiencia global en una zona de riego se define como la relación entre el volumen de agua puesto a disposición de los cultivos en la capa radical, y el volumen total suministrado a la zona de riego. Este es un concepto importante en el diseño o rehabilitación de una zona de riego, así como en el mejoramiento de su operación.

En la evaluación de la eficiencia de riego para una zona determinada, se deben considerar las eficiencias de conducción, de distribución y de aplicación. Estas corresponden a la red de conducción, red de distribución y parcelas de riego respectivamente.

3.1.1 *Eficiencia por conducción*

La eficiencia por conducción es la relación entre el volumen entregado a la toma parcelaria y el volumen extraído de la fuente de abastecimiento.

$$E_c = V_a/V_e \quad (3.1)$$

donde:

E_c = eficiencia de conducción

V_a = volumen entregado a la toma parcelaria, en m^3

V_e = volumen extraído de la fuente de abastecimiento, en m^3

En su forma más simplificada, la eficiencia de conducción también puede expresarse como:

$$E_c = E_o E_i \quad (3.2)$$

donde:

E_c = eficiencia de conducción

E_o = eficiencia operacional

E_i = eficiencia intrínseca

E_o es la componente de la eficiencia que indica la influencia del factor humano en el manejo del agua; es decir, la habilidad de los encargados de la distribución; la compactación o dispersión de las áreas por regar; el programa de riegos y el método de distribución del agua; la variación de los caudales manejados y, en consecuencia, también de tirantes, áreas hidráulicas y perímetros mojados; desfuegos y riegos no contabilizados; tiempos y volúmenes de llenado y vaciado de los canales.

E_i está directamente relacionada con las pérdidas que se producen por la condición física del sistema de canales: ya sean de tierra o revestidos; su área y perímetro mojado; superficie libre, exposición a la evaporación; el estado de las estructuras de control, etc. En general, E_i depende básicamente de los caudales manejados en relación con las características físicas de las obras por las que circula el agua y para un caudal dado, tienden a ser constantes.

Las acciones que se pueden realizar para mejorar la eficiencia de conducción son:

- Corregir o disminuir las fugas en estructuras
- Revestir canales
- Mejorar el área hidráulica de los canales y la resistencia al flujo
- Considerar que la evaporación es incambiable pero además, que es relativamente pequeña.
- Mejorar la programación de riegos y manejo de caudales y estructuras.
- Capacitar a los operadores.

En la tabla 3.2 se presentan algunos valores de eficiencia por conducción obtenidos en las zonas de riego del país.

Tabla 3.2 Eficiencia por Conducción en los Distritos de Riego de México. IMTA, 1993.

| Tipo de Conducción | Eficiencia de Conducción |
|--------------------|--------------------------|
| Canal de tierra | 87.0 |
| Canal revestido | 90.0 |
| Tubería | 95.0 |

3.1.2 Eficiencia de distribución

Esta corresponde a la relación entre el volumen entregado a todas las parcelas y el volumen derivado a los canales terciarios, es decir no considera: tramo muerto, canal principal y secundario.

Esta eficiencia, al igual que la de conducción, considera las siguientes pérdidas:

- Por infiltración en los canales
- Por evaporación
- Por operación, por ejemplo, en desbordamientos, a través de estructuras de control.

3.1.3 Eficiencia de aplicación

Corresponde a la relación entre el volumen de agua puesto en la zona radical del cultivo y el volumen entregado en las tomas de las parcelas. Esta eficiencia dependerá del trazo y diseño del sistema de riego, del grado de tecnificación del riego parcelario y manejo del agua de riego.

$$E_a = V_z/V_a * 100 \quad (3.3)$$

donde:

E_a = eficiencia de aplicación en (%)

V_z = volumen retenido en la zona radical, en m^3

V_a = volumen entregado en la toma parcelaria, m^3

En los sistemas de riego a presión, como goteo y aspersión, en general se incrementa significativamente la eficiencia de aplicación, ya que la premisa es que con estos sistemas se aplica el agua en la cantidad y oportunidad requeridas, evitando escurrimientos, encharcamientos y percolación profunda, lo que en realidad se traducen como pérdidas de agua.

Los tipos de pérdidas que se consideran en la determinación de esta eficiencia son:

- Por escurrimiento superficial

- Por percolación

Como la eficiencia de aplicación cambia de un riego a otro, se ha definido una eficiencia de aplicación global que se define como:

$$Ea = Uc/Va \quad (3.4)$$

donde:

Ea = eficiencia de aplicación

Uc = uso consuntivo

Va = volumen entregado en la toma parcelaria, m³

Las acciones que se pueden realizar para mejorar la eficiencia de aplicación son:

- Mejorar el manejo del agua de riego en la parcela, es decir, no regar muy despacio para evitar que el agua se percole, tampoco regar muy rápido y provocar que el agua escurra hacia los drenes.

- Determinar cuando y cuanto regar en forma adecuada, es decir, determinar en forma precisa la lámina de riego por aplicar.

- Nivelar los terrenos si se riega por superficie.
- Evitar fugas en tuberías y dar mantenimiento a los sistemas de riego principalmente a empaques o aspersores dañados.

En la tabla 3.3 se presentan algunos ejemplos de eficiencia por aplicación.

Tabla 3.3 Eficiencia de Aplicación en los Distritos de Riego de México, IMTA, 1993.

| Método de Riego | Eficiencia de Aplicación (%) |
|----------------------|------------------------------|
| Melga | 56.3 |
| Surco | 59.2 |
| Aspersión | 80.6 |
| Goteo | 86.5 |
| Microaspersión | 90.6 |
| Riego por Superficie | 56.0 |
| Riego presurizado | 77.0 |

3.1.4 Eficiencia del distrito de riego

La eficiencia total del sistema de riego puede expresarse como el producto de las eficiencias parciales.

$$E_T = E_c E_a = E_c E_i E_o \quad (3.5)$$

donde:

- E_T = eficiencia total
- E_a = eficiencia de aplicación
- E_i = eficiencia intrínseca
- E_c = eficiencia de conducción
- E_o = eficiencia de operación

La capacitación técnica de los productores, la participación de instituciones y dependencias del sector agrícola, las inversiones públicas y privadas pueden contribuir, en forma relevante, a aumentar la eficiencia del distrito de riego.

3.2 Eficiencia de uso del agua

Normalmente la eficiencia de uso del agua también se presenta como el ingreso o ganancia por unidad de agua aplicada (tabla 3.4).

Este parámetro puede utilizarse para describir la rentabilidad del agua en la agricultura.

Tabla 3.4 Eficiencia de uso del agua de Diferentes Cultivos en $\$/m^3$, IMTA - CENID - RASPA, 1993.

| CULTIVO | $\$/m^3$ |
|-------------|----------|
| Algodón | 0.747 |
| Alfalfa | 0.160 |
| Sorgo grano | 0.322 |
| Maíz grano | 0.253 |
| Frijol | 0.992 |

Este parámetro sólo incluye los ingresos netos, por lo que se debe considerar costos de los insumos y las tendencias de los precios de las cosechas para un mejor análisis.

En algunas ocasiones este parámetro se utiliza en estudios económicos para describir la eficiencia de uso del agua. En la tabla 3.5 se presentan algunos valores de la eficiencia del agua para diferentes sistemas de riego y diferentes cultivos.

**Tabla 3.5 Lámina de Riego Para Diferentes Cultivos
IMTA - CENID - RASPA, 1993.**

| No. | CULTIVO | TIPO DE TECNIFICACION | Rendimiento ton/ha | Lámina bruta de riego (m) | Rendimiento ton/Mm ³ |
|-----|---------|-----------------------|--------------------|---------------------------|---------------------------------|
| 1 | Alfalfa | Aspersión fijo | 118.88 | 1.40 | 8.49 |
| | | Power roll | 105.60 | 1.40 | 7.49 |
| | | Riego Superficial | 91.69 | 1.57 | 5.84 |
| 2 | Melón | Riego por goteo | 113.88 | 0.68 | 12.60 |
| | | Riego Superficial | 29.03 | 1.28 | 2.20 |
| 3 | Sandía | Riego por goteo | 78.90 | 0.88 | 8.99 |
| | | Riego Superficial | 24.02 | 1.28 | 1.87 |
| 4 | Lechuga | Riego por goteo | 73.06 | 0.489 | 14.90 |
| | | Riego Superficial | 29.38 | 0.508 | 5.78 |
| 5 | Repollo | Riego Superficial | 58.84 | 0.475 | 12.38 |
| 6 | Tomate | Riego por goteo | 109.92 | 0.719 | 15.286 |
| 7 | Vid | Riego por goteo | 37.69 | 1.013 | 3.72 |
| | | Riego Superficial | 43.30 | 1.787 | 2.42 |

3.3 Índice de productividad

En lo que se refiere al uso del agua en distritos de riego se han utilizado estadísticas de los resultados con el fin de generar índices que permitan definir las estrategias en la toma de decisiones que destinen inversiones públicas con el fin de aumentar las eficiencias en el uso del agua y apoyar la productividad. Uno de estos índices es el de Productividad (Trava, 1984) y se define:

$$IP = VP/Vb \quad (3.6)$$

donde:

IP = índice de productividad (miles de N\$/Mm³)

VP = valor de la producción (miles de N\$)

Vb = volumen bruto utilizado (Mm³)

3.4 Índice de utilización del agua

Este índice fue utilizado para clasificar los Distritos de riego con base a la ayuda económica y financiera que necesitaban antes de ser transferidos a los usuarios (Trava, 1984). El índice de utilización del agua, se define como:

$$IUA = IP/Vb/Lb \quad (3.7)$$

donde:

IUA = índice de utilización del agua, en unidades de IP por centímetro de lámina utilizada

Lb = es la lámina bruta utilizada (cm)

Vb = volumen bruto utilizado (Mm³)

Si se toma todo el conjunto de los distritos para obtener los índices de cada uno de ellos, dado que todos los distritos son de magnitud y características diferentes, se puede hacer una ponderación y homogenizarlos. Esta ponderación se hace respecto a la superficie, y de esta manera, los parámetros estadísticos del conjunto son más confiables y representativos.

Con los valores anteriores se realiza la clasificación de los distritos (tabla 3.6).

Tabla 3.6 Clasificación de Distritos con base en los índices de eficiencia. Trava, 1994.

| CLASIF. | RANGO | DEFINICION |
|---------|-----------------------------|--|
| A | $I_i > I_{p_i} + S_i$ | I_i = Índice del distrito que se desea caracterizar |
| B | $I_i < I_{p_i} < I_i + S_i$ | I_{p_i} = Valor medio ponderado del índice en cuestión |
| C | $I_i - S_{p_i} < I_i < I_i$ | S_i = Desviación estándar del índice ponderado |
| D | $I_i < I_{p_i} - S_i$ | |

Cabe añadir que IP, ya sea por cultivo o por distrito, refleja la utilidad que se obtiene, de acuerdo con el valor de la producción y el agua utilizada, mientras que IUA expresa una eficiencia de conversión del agua en dinero, desde luego, que como aquí interviene la lámina bruta aplicada, mientras menor sea ésta, mayor será el índice (tabla 3.7).

Tabla 3.7 Índices de productividad y uso del agua en algunos distritos de riego en México, Trava (1984)

| No. | Nombre del Distrito | Área Sembrada (ha) | Lb (m) | IP (M/Ma) | Clasificación | IUA (M\$/Ma)/cm | Clasificación |
|-----|--------------------------|--------------------|--------|-----------|---------------|-----------------|---------------|
| 1 | 005 Delicias, Chihuahua | 83 370 | 1.57 | 305.5 | C | 1.96 | C |
| 2 | 006 Palestina, Coahuila | 11 467 | 0.70 | 1 050.4 | A | 15.01 | A |
| 3 | 010 Culiacán, Sinaloa | 285 371 | 1.26 | 297.8 | C | 2.36 | C |
| 4 | 020 Morelia, Michoacán | 17 769 | 0.67 | 535.6 | C | 8.01 | B |
| 5 | 030 Valsequillo, Puebla | 20 303 | 1.43 | 257.4 | C | 1.79 | C |
| 6 | 038 Río Mayo, Sonora | 87 269 | 0.89 | 360.0 | C | 4.04 | C |
| 7 | 041 Río Yaqui, Sonora | 296 527 | 0.79 | 371.1 | C | 4.71 | C |
| 8 | 076 V. del Carrizo, Sin. | 69 182 | 0.77 | 353.1 | C | 4.59 | C |
| 9 | 084 Quayman, Sonora | 13 770 | 0.58 | 1 473.7 | A | 25.5 | A |

IP = índice de productividad (miles de N\$/Mm³)

IUA = índice de utilización del agua, en unidades de IP por centímetro de lámina utilizada

Lb = es la lámina bruta utilizada (cm) de Eficiencia

3.5 Resumen

La eficiencia en términos del riego puede ser por conducción, distribución y aplicación, que corresponden a la red de conducción, red de distribución y parcelas de riego respectivamente. La eficiencia total del distrito de riego o sistema de riego es el producto de las eficiencias parciales:

Por otro lado, el índice de productividad y el índice de uso del agua permiten definir las estrategias en la toma de decisiones para mejorar las metas alcanzadas tomando en cuenta los aspectos económicos, financieros y productivos.

Posteriormente se aplican algunos conceptos de eficiencia en la determinación de índices de productividad, láminas óptimas para cultivos, análisis económico y financiero del riego parcelario y modelo de optimización de inversiones hidroagrícolas.

Finalmente, en este capítulo se presenta una recopilación de información de estudios experimentales sobre eficiencias, láminas de riego para diferentes cultivos realizados principalmente por el IMTA, CENID-RASPA, e índices de productividad y uso del agua, estos últimos elaborados por Trava (1984).

4. RELACION AGUA - PRODUCTIVIDAD

El primer paso para estudiar el impacto económico, social, y ecológico que tendrá la selección de un nivel de tecnificación, es conocer los volúmenes de agua que se requieren para lograr un determinado nivel de producción. Los volúmenes de agua utilizada por las plantas se pueden estimar a partir de las fórmulas de evapotranspiración tales como las de temperatura (Blanney y Criddle), las de radiación (FAO, Jensen, Halse) o combinadas de viento y radiación (Penman).

Estas fórmulas estiman la evapotranspiración de un cultivo de referencia (pasto o alfalfa) que al multiplicarlas por la superficie se obtiene el volumen de agua requerido para ese cultivo.

En general, para obtener la evapotranspiración potencial de cualquier otro cultivo se multiplica por el coeficiente de desarrollo del cultivo deseado. La evapotranspiración potencial representa la cantidad de agua que requiere el cultivo para obtener el máximo rendimiento siempre y cuando se controlen factores como fertilización, enfermedades y plagas.

La lámina neta de riego dependerá del agua que pueda almacenar el suelo y el volumen de agua que requiera el cultivo. No se debe aplicar más agua que la que el suelo pueda almacenar, ya que ésta se percolaría. La lámina bruta es igual a la lámina neta dividida por la eficiencia de aplicación.

En realidad, desde un punto de vista económico, deliberadamente, no se satisface la evapotranspiración potencial del cultivo para así obtener el máximo rendimiento ya que éste no necesariamente produce el máximo beneficio económico.

4.1 Factores que influyen sobre la determinación de la lámina óptima de riego

Los factores que influyen en la determinación de la lámina óptima de riego son: ambientales, calidad del agua, agua disponible, financieros e institucionales.

Un ejemplo de factores ambientales es cuando la lluvia y el viento arrastran nutrientes y pesticidas que dañan severamente la calidad del agua de ríos y mantos acuíferos de la zona. Otro factor ambiental importante que influye en la determinación de la lámina óptima de riego y en la alteración de ecosistemas, ocurre cuando se represa el agua de un río y el gasto disminuye, para evitarlo se debe mantener un gasto mínimo en el río y reducir el agua destinada a fines agrícolas.

Por otro lado, es importante mencionar que los recursos financieros, son indispensables en la modernización del equipo agrícola, actualización de tecnología y capacitación de personal, para aumentar las eficiencias e incrementar las utilidades.

Finalmente, los factores de carácter institucional tienen una gran influencia en la determinación de la lámina óptima de riego porque contemplan el manejo y disposición del agua en el riego; además son los responsables de mantener niveles óptimos en los mantos acuíferos que reflejen un equilibrio en los ecosistemas.

4.2 Métodos de decisión para seleccionar la lámina óptima de riego

La lámina óptima de riego dependerá principalmente de factores limitantes, los cuales suelen ser: la tierra o el agua.

El factor limitante agua se observa en las zonas áridas donde existen grandes extensiones de tierra con poca disponibilidad de agua en las cuales la producción agrícola es nula si no hay agua.

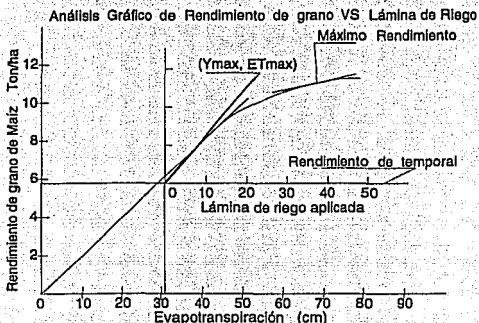
El factor limitante tierra se presenta en las zonas húmedas donde existe una gran disponibilidad de agua, lo cual permite obtener producciones por la lluvia recibida en una temporada del cultivo.

En estas condiciones el riego solamente se utiliza como suplemento, siendo la tierra el factor limitante para aumentar la productividad.

La selección de la lámina óptima de riego como ya se mencionó anteriormente dependerá de factores ambientales, agronómicos y económicos. Los análisis parten de una función de producción como de la figura 4.1, muestra que el cultivo requiere una lámina de riego de 40 cm.

Si no se regara el cultivo se alimentaría de agua de lluvia durante la temporada del cultivo y se obtendría un rendimiento temporal de 5.7 ton/ha (Stewart y Hagan, 1973 citado por Stegman et al, 1983).

Figura 4.1



A continuación se describen las metodologías para los factores limitantes de tierra o agua.

4.2.1 Agua como factor limitante

Cuando el agua es un factor limitante, el criterio económico para encontrar la lámina de riego óptima es maximizar el ingreso neto promedio por unidad de agua usada.

El ingreso neto promedio se define matemáticamente como:

$$I_m = (NI - Nrd)/I \quad (4.1)$$

donde:

I_m = ingreso neto promedio, \$/cm

NI = ingreso neto obtenido cuando se riega el cultivo, \$

Nrd = ingreso neto de temporal, \$

I = lámina de riego aplicada, cm

El punto óptimo se da cuando el ingreso neto marginal es igual al ingreso neto promedio. Por ingreso neto marginal se entiende como el punto en el que la adición de una unidad más de agua no genera ninguna utilidad.

Por otro lado, el abastecimiento de agua dependerá de:

1. El volumen de agua disponible de acuerdo a la estación
2. El abastecimiento de pozos
3. La capacidad de conducción de un canal de riego
4. La influencia de las lluvias

Stewart y Hagan (1973), determinaron que la disposición del agua es un factor limitante en la producción agrícola, por lo que se recomienda que al planificar la producción se tomen en cuenta los siguientes factores:

1. Superficie por regar
2. Cultivos por plantar
3. Distribución del abastecimiento de agua disponible sobre el área regable durante la estación
4. Evapotranspiración durante la estación
5. Respuesta de cultivo
6. Características del sistema de riego

Aguilar (1993), en el trabajo "Política de Asignación de Dotaciones bajo Condiciones de Déficit Hídrico", propone un modelo de programación lineal para determinar las políticas deficitaria de una granja y de un distrito de riego.

4.2.2 Tierra como factor limitante

Tradicionalmente, la tierra ha sido un recurso limitado y el objetivo económico que se persigue es regar hasta obtener el ingreso neto marginal.

Recientemente, Martin et al (1989) desarrollaron un método general que predice el área regada y la lámina óptima de riego (se encuentra cercana al punto en el que se obtiene el máximo rendimiento) y demostraron que algunos parámetros son importantes para la toma de decisiones. Estos parámetros son:

1. Eficiencia del sistema de riego
2. El costo que se requiere para preparar la tierra
3. El costo del agua
4. El rendimiento y el precio esperado para el riego y de los cultivos

Los resultados de Martin et al (1989), indican que es difícil hacer una suposición general para cualquier situación y que el riego óptimo varía para un máximo rendimiento en un área pequeña a un rendimiento limitado (menor que el máximo) en un área más grande; por lo que será necesario estudiar cada situación en forma particular y determinar la condición de riego más apropiada de acuerdo a las condiciones.

Para programar el riego, es necesario contemplar una gran variedad de datos entre los que destacan los aspectos fiscales, económicos y técnicos; además, los datos requeridos deben ser los más apropiados al problema.

Es difícil englobar todos los factores que intervienen en el proceso de determinación de la lámina óptima, sin embargo la siguiente ecuación considera las variables más importantes.

$$IN = \sum_{i=1}^n S_i [Y_i P_i - (C_i + P_a X_i)] \quad (4.2)$$

donde:

- IN : ingreso neto para los agricultores (\$)
- S_i : área regada y cosechada del cultivo i (ha)
- Y_i : rendimiento del cultivo i por área unitaria (ton/ha)
- P_i : precio medio rural del cultivo i (\$/ton)
- C_i : costo de producción del cultivo i (costos fijos y variables sin incluir el costo del agua, \$/ha)
- P_a : costo del agua por unidad de volumen (\$/m³)
- X_i : cantidad de agua derivada de la fuente de abastecimiento, para el riego del cultivo i (m³/ha)
- n : número de cultivos

Puesto que la ecuación (4.2) es la suma de los ingresos netos sobre todos los cultivos, la maximización de esta ecuación es igual a la maximización de cada uno de sus componentes, es decir:

$$B_i = \frac{IN_i}{S_i} = Y_i P_i - C_i - P_a X_i \quad (4.3)$$

donde:

B_i : es el beneficio neto por unidad de área del cultivo i

Por tanto maximizando B_i con respecto a X_i, es decir maximizando el beneficio neto con relación a la cantidad de agua usada se tiene:

$$\frac{\partial B_i}{\partial X_i} = \frac{\partial Y_i}{\partial X_i} P_i - P_a = 0$$

$$\frac{\partial Y_i}{\partial X_i} = \frac{P_a}{P_i} \quad (4.4)$$

La ecuación (4.4) que es la condición necesaria para un máximo, significa que la derivada de la función que relaciona la cantidad de agua usada con el rendimiento, debe ser igual a la relación entre el costo del agua y el precio del producto del cultivo i . La condición suficiente, es que la segunda derivada de la ecuación (4.3) respecto a la cantidad de agua usada, sea negativa.

Es, por tanto necesario tener la función de producción que relacione el rendimiento del cultivo i (Y_i), con la cantidad de agua utilizada, esto es:

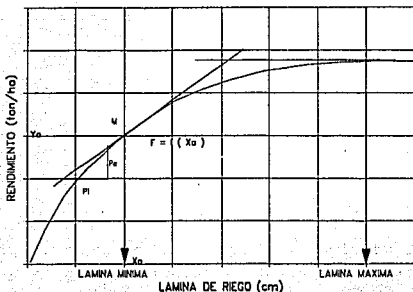
$$Y = f(X_a | X_1, X_2, \dots, X_j, X_n) \quad (4.5)$$

en donde X_a representa la cantidad de agua utilizada por el cultivo en consideración y X_j , en general, representa otras importantes variables en el proceso de producción, algunas de las cuales son incontrolables.

Es importante hacer notar que algunas de estas variables están íntimamente relacionadas con el uso del agua, como son la tensión del agua en el suelo y la calidad del agua utilizada en el riego.

La solución gráfica de la ecuación (4.4) se muestra en la fig.(4.2). La pendiente de la línea tangente a la función $Y = f(X_a | X_1, X_2, \dots, X_n)$, en donde la cantidad de agua se considera como variable y la derivada de la función es P_a/P_i , por tanto, el punto donde la recta, cuyo ángulo con el eje de las X 's tiene una tangente igual a P_a/P_i , toca a la curva en el punto M, el cual define el valor óptimo de la cantidad de agua que debe utilizarse (X_0), para obtener el rendimiento óptimo económico.

FIG. 4.2 FUNCION DE PRODUCCION



Las relaciones del tipo de la ecuación (4.5) han sido denominadas por los economistas, **funciones de producción**. Estas funciones de producción, son relaciones empíricas que generalmente se obtienen mediante el análisis de regresión entre una variable dependiente y varias variables independientes según un cierto modelo que representa un sistema de producción.

Muchos autores presentan como ejemplo, funciones de producción, representadas por modelos matemáticos.

Por otro lado, en el estudio de funciones de producción (IMTA-CENID 1993), los modelos matemáticos utilizados para los cultivos de la zona lagunera fueron:

- Polinomio de primer grado $(Y_v = b_0 + b_1 ET_v)$ (4.6)

- Polinomio de segundo grado $(Y_v = b_0 + b_1 ET_v + b_2 ET_v^2)$ (4.7)

- Tipo Doorenbos $(Y_v/Y_m = 1 - ky (1-ET_v/ET_m))$ (4.8)

Para el caso de que se haya considerado una sólo etapa a lo largo del ciclo del cultivo; además el modelo polinomial de segundo grado:

$$Y_v = b_0 + b_1 ET_{v_1} + b_2 ET_{v_2} + b_3 ET_{v_1}^2 + b_4 ET_{v_2}^2 + b_5 ET_{v_1} ET_{v_2} + \dots + b_n ET_{v_{n-1}} ET_{v_n} \quad (4.9)$$

y el modelo de Doorenbos et al, expresado como:

$$Y_v/Y_m = 1 - ky [(1 - ET_v/ET_m)_1 (1 - ET_v/ET_m)_2]$$

donde:

- Y_v = Rendimiento (ton/ha)
- Y_m = Rendimiento máximo (ton/ha)
- Y_v/Y_m = Rendimiento relativo
- ET_v = Evapotranspiración real (cm)
- ET_m = Evapotranspiración máxima (cm)
- b_0, b_1, \dots, b_n = constantes de regresión
- ky = Coeficiente de rendimiento del cultivo

para el caso en donde se hayan considerado dos o más etapas de desarrollo del cultivo.

Se ha demostrado que para definir la respuesta del cultivo al consumo de agua se debe considerar la relación que existe entre la transpiración y la producción de la materia seca, ya que por ser de procesos regulados su relación se fija por las condiciones de producción del cultivo. La presencia de deficiencias hídricas, nutricionales, alta salinidad, etc., no la modifican.

Esta relación es de tipo lineal; sin embargo, en experimentos de campo es muy difícil evaluar únicamente la transpiración, por lo que se utiliza el término evapotranspiración real (ET_r), que considera también las pérdidas de agua por evaporación directa, razón por la que bajo condiciones de campo la relación entre ET_r y producción del cultivo puede o no ser lineal (Chang, 1968).

Las funciones de producción de uso de agua normalmente se expresan a través de ecuaciones empíricas que se obtienen mediante técnicas de regresión lineal entre el rendimiento de materia seca (variable dependiente) y el consumo de agua (variable independiente).

Existen bases físicas y fisiológicas para considerar que esta relación es lineal y el coeficiente de regresión es constante entre especies que pertenecen a un mismo grupo en cuanto al proceso de fijación del carbono para la formación de fotosintatos (Jasso y Ramírez, 1990).

Las relaciones que se han obtenido entre dicha variable y el consumo de agua por los cultivos tienen estructura diferente a la ecuación lineal, sobre todo en aquellos cultivos en que el valor comercial estriba en la cantidad y calidad de los órganos fructíferos, y pueden ser de tipo polinomial univariadas o multivariadas, o bien, ecuaciones lineales multivariadas donde las variables independientes expresan efectos aditivos o multiplicativos.

Tal comportamiento obedece a factores genéticos y ambientales, y a la intensidad, duración y ocurrencia de un déficit hídrico.

El conocimiento del balance hídrico o la cuantificación de la tasa comercial de los cultivos sobre un amplio rango de condiciones de humedad en el suelo a lo largo de su ciclo vegetativo, son imprescindibles para este tipo de relaciones.

El rendimiento como función del riego (cantidad de agua aplicada) usualmente no es lineal porque se requieren cantidades adicionales de agua para compensar las deficiencias en su aplicación.

Para que estas relaciones tengan un uso adecuado en la optimización de los recursos, es necesario el conocimiento de los efectos del suministro de agua y la oportunidad de ésta.

Las funciones que cuantifican estos efectos se denominan funciones dinámicas, las cuales son más complejas y deben incluir los efectos de la tensión hídrica del cultivo en diferentes periodos de crecimiento.

La duración de tales periodos es arbitraria y puede seleccionarse de manera que coincida con algún intervalo regular (meses, semanas, etc.) o con alguna fase de crecimiento determinado.

La magnitud del déficit hídrico del cultivo se establece en términos de la deficiencia entre la evapotranspiración real (actual) y la máxima, o entre el contenido de humedad del suelo actual y el abatimiento máximo permisible.

Los índices específicos para cuantificar estas condiciones son variados; algunos de ellos han sido evaluados por algunos autores como Feyerherm y Paulsen (1986), Farshi et al (1987).

Los efectos de la tensión hídrica en diferentes periodos de estación de crecimiento interactúan de una manera compleja. Se han introducido simplificaciones asumiendo que tales efectos son independientes. Los efectos combinados se evalúan postulando que son aditivos o multiplicativos.

4.3 Determinación de la Lámina Óptima para Cultivos de la Región Lagunera (Distrito 017)

4.3.1 Antecedentes

La región Lagunera tiene una precipitación y evaporación media anual de 240 mm y 2500 mm respectivamente, lo cual implica que el riego es indispensable para la producción agropecuaria competitiva.

Las fuentes principales de abastecimiento de agua son: el río Aguanaval, con aportaciones casuales del orden de 40 millones de m³ al año en promedio, y las aportaciones del río Nazas de 1100 millones de m³ anuales en promedio, controladas mediante las presas Lázaro Cárdenas y Francisco Zarco; además, el acuífero almacena un volumen de aproximadamente 900 millones de m³ de agua al año.

Desafortunadamente, el acuífero tiene una extracción mayor con respecto a su recarga anual, debido a que el agua del subsuelo muestra abatimientos anuales de 1.6 m en promedio en sus niveles estáticos.

Debido al déficit hídrico que existe en la zona, es importante definir claramente cuales cultivos y que superficie se debe sembrar.

Para lograrlo, es recomendable desarrollar un modelo de funciones de producción hídricas que permita mostrar la respuesta de los diferentes sistemas de producción de cultivos, en función de la variación en el suministro de agua.

A continuación se muestran los resultados de las funciones de producción correspondientes a los cultivos de: algodón, alfalfa, sorgo grano, maíz grano y frijol (IMTA-CENID RASPA, 1993).

4.3.2 Funciones de producción

Los resultados del estudio demostraron que los cultivos de: algodón, alfalfa, sorgo grano, maíz grano y frijol, tienen una gran aportación económica en la producción agrícola, y se pueden considerar como una alternativa futura en la región.

En la tabla 4.1 se muestran los resultados del estudio de Funciones de Producción.

a). Información Básica

Esta información representa costos de producción actuales, así como información de cultivos de la Región Lagunera.

Tabla 4.1 Información sobre los principales cultivos de la Región Lagunera durante 1994. FIRA Banco de México.

| Cultivo | Temporada de Siembra | Temporada de Cosecha | Max. prof. Radiculación cm | Costo de los insumos N\$/ha | Valor Cultivo N\$/ha | Valor del Cultivo N\$/ton | Lr cm |
|-------------|----------------------|------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------|---------------------------|-------|
| Algodón | de Marzo a Abril | Septiembre a Noviembre | 100 | 6,500 | 7,000 | 2,000 | 90 |
| Alfalfa | Octubre a Diciembre | Abril a Noviembre | 150 | 4,700 | 7,200 | 450 | 240 |
| Sorgo Grano | abril | Septiembre | 70 | 2,126 | 2,400 | 380 | 70 |
| Maíz Grano | Abril | Agosto | 60 | 1,000 | 4,200 | 600 | 90 |
| Frijol | de Abril a Mayo | Julio | 40 | 2,000 | 2,890 | 1,700 | 60 |
| Melón | de Marzo a abril | Junio | 60 | 5,850 | 9,800 | 600 | 100 |

Cuota de Riego = N\$ 170.00 ha/año

b). Información Procesada

Tabla 4.2 Funciones de producción hídricas de los cultivos de la Región Lagunera. IMTA - CENID - RASPA, 1993.

| Cultivo | Función de Producción Y | Rend. Máximo ton/ha | Lb ca | Ingreso Neto N\$ | Egresos N\$ | Utilidad N\$ | B/C |
|-------------|-----------------------------------|---------------------|-------|------------------|-------------|--------------|-----|
| Algodón | $-4.04609+0.232261ET-0.00134ET^2$ | 6.00 | 87 | 12,000 | 6,500 | 5,500 | 1.9 |
| Alfalfa | $-54.01476+1.22998ET-0.00218ET^2$ | 116.36 | 293 | 152,362 | 4,700 | 47,662 | 11 |
| Sorgo Grano | $-28.509+1.126618ET-0.00856ET^2$ | 8.46 | 66 | 3,214 | 2,126 | 10,888 | 1.5 |
| Mais Grano | $-8.923+0.413ET-0.0026ET^2$ | 7.47 | 79 | 44,482 | 3,280 | 1,202 | 1.4 |
| Frijol | $-0.8823+0.1188ET-0.0010ET^2$ | 2.68 | 59 | 4,556 | 2,000 | 2,556 | 2.3 |
| Melón | | 87.70 | | 52,620 | 5,850 | 47,770 | 9.0 |

En la tabla 4.2 se muestran algunos resultados del estudio realizado por IMTA - CENID RASPA.

Las funciones de producción del estudio antes citado se puede observar que los rendimientos son altos debido a que los experimentos se realizaron bajo condiciones muy controladas.

Por esta razón, se consultó la información de FIRA, Banco de México (1994) que posteriormente se ocupó para cálculos posteriores. Dicha información se muestra en las tablas 4.3 y 4.4.

Tabla 4.3 Rendimientos de los principales cultivos de la Región Lagunera durante 1994. FIRA Banco de México

| Nombre del Cultivo | R e n d i m i e n t o Ton/ha | | |
|--------------------|--|-----------|-------|
| | Gravedad ⁽¹⁾ Tecnificada | Aspersión | Goteo |
| Algodón | 4.5 | | |
| Sorgo Grano | 6.0 | 8.46 | |
| Maíz Grano | 5.5 | 8.0 | |
| Frijol | 2.5 | 2.7 | |
| Melón | 16.33 | 25.0 | 80.0 |

(1) Gravedad tecnificada con tuberías de compuertas y nivelación

Tabla 4.4 Láminas de riego utilizadas con los principales cultivos en la Región Lagunera (1993)

| Nombre del Cultivo | Evapotranspiración Potencial (cm) | Lámina bruta durante la temporada de cultivo en (cm) | | |
|--------------------|-----------------------------------|---|------------------|-------------|
| | | Gravedad Tecnificado Ea=70 | Aspersión Ea= 85 | Goteo Ea=90 |
| Algodón | 69 | 98.57 | 81.18 | 76.67 |
| Alfalfa | 140 | 200.00 | 164.71 | 155.56 |
| Sorgo Grano | 60 | 85.71 | 70.59 | 66.67 |
| Maíz Grano | 61 | 87.14 | 71.76 | 67.78 |
| Frijol | 52 | 60.00 | 49.41 | 46.67 |
| Melón | 61 | 6,088.57 | 72.94 | 68.89 |

4.4 Resumen

En este capítulo se presenta una recopilación de un análisis de la información sobre la relación agua-productividad y los factores que influyen en la determinación de la lámina óptima de riego.

La relación agua-productividad está relacionado de acuerdo al nivel de tecnificación seleccionado. El volumen de agua que se requiere para obtener un determinado nivel de producción está asociado con la lámina de riego.

Esta lámina representa la cantidad de agua que requiere el cultivo para obtener el máximo rendimiento, toda vez que no influya la fertilización o plagas de la planta.

Por otro lado, los factores que intervienen en la determinación de la lámina óptima de riego son principalmente de tipo agronómicos, económicos y ambientales. Esta lámina depende de factores limitantes: tierra o agua.

El factor limitante agua se observa en zonas áridas donde existen grandes extensiones de tierra con poca disponibilidad de agua en donde la producción es casi nula.

En cuanto al factor limitante tierra se presenta en zonas húmedas, en estas condiciones el riego solamente se utiliza como suplemento siendo la tierra el factor limitante para aumentar la productividad.

Es importante mencionar que en este capítulo se muestran los resultados obtenidos por IMTA - CENID RASPA, 1993, de los estudios experimentales sobre funciones de producción de los cultivos de algodón, alfalfa, sorgo grano, maíz grano y frijol correspondientes a la Región Lagunera (Distrito 017).

Estas funciones de producción relacionan la lámina de riego (cm) y el rendimiento (ton/ha), de los cultivos, lo cual permite establecer qué cultivos y que superficie sembrar con un volumen limitado de agua.

Esto se logró por medio de un modelo de funciones de producción hídricas el cual muestra la respuesta de diferentes sistemas de producción de cultivos en función de la variación en el suministro de agua.

Los cultivos antes mencionados se seleccionaron de acuerdo a la importancia económica en la producción agrícola y probables condiciones de mercado en la región Lagunera.

Finalmente, es importante destacar que las láminas y los rendimientos presentadas por IMTA - CENID RASPA, 1993 son muy altas y por esta razón se tuvo que consultar información de FIRA, Banco de México (1994).

5. METODOLOGIA DE ANALISIS ECONOMICO Y FINANCIERO DE OPCIONES DE TECNIFICACION DEL RIEGO PARCELARIO

La metodología que sirve para obtener la recuperación neta de una inversión toma en cuenta la selección técnica y económica de la infraestructura y equipo de riego.

Esta infraestructura y equipo de un sistema de riego se basa en:

- Recopilación de información
- Costo inicial del sistema
- Costo anual de depreciación
- Costo de operación anual

- Recuperación de la inversión
- Financiamiento (en caso necesario)
- Proyección de la evaluación

5.1 Recopilación de información

1. Selección de cultivos a regar
2. Determinación de sistemas de Riego
3. Estimación del incremento en la producción de los cultivos seleccionados, y compararlos en diferentes partes del país; así como determinar los incrementos de producción en estaciones experimentales cercanas a los cultivos cuyas características son similares.
4. Valor de la cosecha por tonelada (precio de mercado)
5. Evapotranspiración potencial del cultivo
6. Duración del ciclo del cultivo
7. Número de horas que el sistema va a ser operado por año
8. Superficie del campo a regar
9. Fuente de abastecimiento
10. Gasto necesario para regar
11. Potencia requerida del motor

12. Tipo de unidad de energía (gasolina, diesel o electricidad).
13. Costo por unidad de combustible
14. BHP - Horas por unidad de combustible
15. Tasa de interés
16. Costo de mano de obra usada por ha

En la tabla 5.1 se muestra en forma resumida los puntos antes mencionados.

Tabla 5.1 Información General

| No. | CONCEPTO | Unidad |
|-----|-------------------------------------|---------|
| 1 | Cultivo a regar | |
| 2 | Sistema de riego | |
| 3 | Incremento esperado por ha | ton/ha |
| 4 | Valor del cultivo por unidad | N\$/ton |
| 5 | Uso consuntivo del cultivo | cm |
| 6 | Duración del ciclo | |
| 7 | No. de horas operadas por año | hr |
| 8 | Superficie regada | ha |
| 9 | Fuente de abastecimiento | |
| 10 | Gasto necesario para regar | lps |
| 11 | Potencia requerida | HP |
| 12 | Tipo de energía | |
| 13 | Costo por unidad de combustible | N\$ |
| 14 | BHP-Horas por U. de combustible | BHP-hr |
| 15 | Tasa de interés | % |
| 16 | Costo de mano de obra por ha regada | N\$/ha |

5.2 Determinación del costo inicial

Para determinar el costo inicial es importante decidir si la compra del sistema será en efectivo o mediante financiamiento y conocer el costo anual de depreciación.

En la tabla 5.2 se muestran algunos datos de los componentes de los sistemas de riego en los que se indica su vida útil con el fin de calcular el costo anual de depreciación.

5.3 Determinación del costo anual de depreciación

El costo anual de depreciación se determina tomando en cuenta la vida útil del concepto en cuestión (tabla 5.2) y la tasa de interés dada en por ciento, es decir:

$$B = (A*FC+A*FS)/S \quad (5.1)$$

donde:

B = costo anual de depreciación (N\$/ha)

A = costo inicial del sistema (N\$)

FC = factor de costo (tabla 5.3)

FS = factor de seguro (%)

S = superficie regada (ha)

Tabla 5.2 Cálculo del costo anual de depreciación

| CONCEPTO | VIDA ÚTIL |
|-------------------------------|-----------|
| POZO | |
| 8 - 10" diámetro | 25 |
| 12" diámetro | 15 |
| 3/16 pulgadas | 25 |
| Concreto | 20 |
| Tanque de descarga | 20 |
| BOMBA | |
| Helice | 10 |
| Turbina | 15 |
| Centrífuga | 12 |
| UNIDAD DE ENERGÍA | |
| Eléctrica | 25 |
| Gasolina | 10 |
| Diesel | 10 |
| DIVERSOS | |
| Instalación eléctrica | 20 |
| Tanque de combustión | |
| Diesel o gasolina | 18 |
| Máquina de nivelación | 15 |
| TUBERÍA | |
| Concreto | 25 |
| Acero | 20 |
| Asbesto - Cemento | 25 |
| Plástico | 25 |
| TUBERÍA SUPERFICIAL | |
| Aluminio | 15 |
| Acero galvanizado | 15 |
| Remolque de tubería | 10 |
| SISTEMAS POR ASPERSIÓN | |
| Manuales | 15 |
| Movidos por tractor | 10 |
| Movidos por sí mismos | 12 |
| Movidos por hélice | 15 |
| Permanente | 20 |
| SISTEMAS SUPERFICIALES | |
| Presa | 20 |
| Tubería | 25 |
| Drenaje | 20 |
| Total de la inversión | |

5.3

Vida Util y Tasa de Interés *

| Año | 4% | 5% | 6% | 8% | 10% | 12% | 15% | 20% |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| 2 | .4902 | .4878 | .4854 | .4808 | .4762 | .4717 | .4651 | .4546 |
| 3 | .3204 | .3172 | .3141 | .3080 | .3021 | .2964 | .2880 | .2747 |
| 4 | .2355 | .2320 | .2286 | .2219 | .2155 | .2092 | .2003 | .1863 |
| 5 | .1846 | .1810 | .1774 | .1705 | .1638 | .1574 | .1483 | .1344 |
| 6 | .1508 | .1470 | .1434 | .1363 | .1296 | .1232 | .1142 | .1007 |
| 7 | .1266 | .1228 | .1191 | .1121 | .1054 | .0991 | .0904 | .0774 |
| 8 | .1085 | .1047 | .1010 | .0940 | .0875 | .0813 | .0729 | .0606 |
| 9 | .0945 | .0907 | .0870 | .0801 | .0737 | .0677 | .0596 | .0481 |
| 10 | .0833 | .0795 | .0759 | .0690 | .0628 | .0570 | .0493 | .0385 |
| 11 | .0742 | .0704 | .0668 | .0601 | .0540 | .0484 | .0411 | .0311 |
| 12 | .0666 | .0628 | .0593 | .0527 | .0468 | .0414 | .0345 | .0253 |
| 13 | .0602 | .0565 | .0530 | .0465 | .0408 | .0357 | .0291 | .0206 |
| 14 | .0547 | .0510 | .0476 | .0413 | .0358 | .0309 | .0247 | .0169 |
| 15 | .0500 | .0464 | .0430 | .0368 | .0315 | .0268 | .0210 | .0139 |
| 16 | .0458 | .0423 | .0390 | .0330 | .0278 | .0234 | .0180 | .0114 |
| 17 | .0422 | .0387 | .0355 | .0296 | .0247 | .0205 | .0154 | .0095 |
| 18 | .0390 | .0356 | .0324 | .0267 | .0219 | .0179 | .0132 | .0078 |
| 19 | .0361 | .0328 | .0296 | .0241 | .0196 | .0158 | .0113 | .0065 |
| 20 | .0336 | .0303 | .0272 | .0219 | .0175 | .0139 | .0098 | .0054 |
| 21 | .0313 | .0280 | .0250 | .0198 | .0156 | .0123 | .0084 | .0045 |
| 22 | .0292 | .0260 | .0231 | .0180 | .0140 | .0108 | .0073 | .0037 |
| 23 | .0273 | .0241 | .0213 | .0164 | .0126 | .0096 | .0063 | .0031 |
| 24 | .0256 | .0225 | .0197 | .0150 | .0113 | .0085 | .0054 | .0026 |
| 25 | .0240 | .0210 | .0182 | .0137 | .0102 | .0075 | .0047 | .0021 |

* Esta tabla se calcula con base en la siguiente expresión:

$$\frac{i}{(1+i)^n - 1}$$

donde:

i = tasa de interés

n = número de años

Al costo total de depreciación se le agrega el 5 % del total de la inversión que corresponde al costo por concepto de seguros.

5.4 Determinación del costo de operación anual

El costo de operación anual del sistema se integra por los siguientes aspectos:

1. Costo anual de energía

Este costo se determina según el tipo de energía empleada:

a. Combustible

De acuerdo a los siguientes datos estadísticos de consumo:

Diesel 4.0 HP - hora / litro

Gasolina 2.8 HP - hora / litro

b. Energía eléctrica

Se convierten los HP requeridos a Kw, $1 \text{ HP} = 0.746 \text{ kw}$

c. Aceite

En este caso se investiga el costo del aceite por HP generado

2. Costo total anual de mantenimiento y reparación del equipo y sistema de riego.

3. Costo total anual de mano de obra.

5.5 Recuperación de la inversión

El propósito para estimar el costo total anual de un sistema de riego es tener una base para comparar el valor del incremento esperado con la producción. Para ello se siguen los siguientes pasos:

1. Determinar el valor del incremento de la producción por hectárea.

$$I_p = I_e \cdot V_c \quad (5.2)$$

donde:

I_p = Incremento de la producción (N\$/ha)
 I_e = Rendimiento esperado por hectárea regada (ton/ha)
 V_c = Valor del cultivo por unidad (N\$/ton)

2. Calcular el costo anual total.

$$C_a = D + C + C_{ag} + C_f + C_p \quad (5.3)$$

donde:

C_a = Costo anual total (N\$/ha)
 D = Costo de depreciación (N\$/ha)
 C = Costo de operación anual (N\$/ha)
 C_{ag} = Costo anual del agua (N\$/ha)
 C_f = Costo anual de financiamiento (N\$/ha)
 C_p = Costo de los insumos (N\$/ha)

3. Determinar el beneficio adicional esperado por hectárea con el riego.

$$Ba = Ip - Ca \quad (5.4)$$

donde:

Ba = Beneficio adicional (N\$/ha)
Ip = Incremento de producción (N\$/ha)
Ie = Costo anual por hectárea (N\$/ha)

5.5a Parámetros de decisión

Los parámetros de decisión indican si realmente la inversión es redituable o no.

Para constatar si efectivamente el valor del dinero en el tiempo no se está perdiendo, se calcula la tasa de rendimiento de la inversión inicial total durante el ciclo agrícola:

$$i = [Ba/(A/S)] * 100 \quad (5.5)$$

donde:

i = Tasa de rendimiento del proyecto (%)
Ba = Beneficio adicional (N\$/ha)
A = Costo del sistema (N\$)
S = Superficie regada (ha)

Si esta tasa es mayor que la inflación pronosticada para el mismo periodo entonces quiere decir que el proyecto es redituable, en caso contrario será conveniente rechazarlo.

5.6 Financiamiento (sólo en caso necesario)

En el caso de financiamiento es necesario pagar el monto de la cantidad prestada más los intereses. Para calcularlo, se determina el número de periodos o de años en los cuales hay que pagar el préstamo y la tasa de interés.

Para obtener el costo anual de financiamiento se toma en cuenta la siguiente expresión:

$$Cf = FCF \cdot A / S \quad (5.6)$$

donde:

Cf = Costo anual de financiamiento (N\$/ha)

FCF= Factor de costo de financiamiento

A = Costo de sistema (N\$)

S = Superficie regada (ha)

En la tabla 5.4 se muestran algunos factores de financiamiento.

TABLA 5.4 Factor de Costo de Financiamiento

| n | 8% | 10% | 12% | 15% | 18% | 20% | 25% | 30% | 35% |
|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1 | 1.0800 | 1.1000 | 1.1200 | 1.1500 | 1.1800 | 1.2000 | 1.2500 | 1.3000 | 1.3500 |
| 2 | 0.5608 | 0.5762 | 0.5917 | 0.6151 | 0.6387 | 0.6545 | 0.6944 | 0.7348 | 0.7755 |
| 3 | 0.3880 | 0.4021 | 0.4163 | 0.4380 | 0.4599 | 0.4747 | 0.5123 | 0.5506 | 0.5897 |
| 4 | 0.3019 | 0.3155 | 0.3292 | 0.3503 | 0.3717 | 0.3863 | 0.4234 | 0.4616 | 0.5007 |
| 5 | 0.2505 | 0.2638 | 0.2774 | 0.2983 | 0.3198 | 0.3344 | 0.3712 | 0.4106 | 0.4505 |
| 6 | 0.2163 | 0.2296 | 0.2432 | 0.2642 | 0.2859 | 0.3007 | 0.3388 | 0.3784 | 0.4193 |
| 7 | 0.1921 | 0.2054 | 0.2191 | 0.2404 | 0.2624 | 0.2774 | 0.3163 | 0.3569 | 0.3988 |
| 8 | 0.1740 | 0.1874 | 0.2013 | 0.2229 | 0.2452 | 0.2606 | 0.3004 | 0.3419 | 0.3849 |
| 9 | 0.1601 | 0.1736 | 0.1877 | 0.2096 | 0.2324 | 0.2481 | 0.2888 | 0.3312 | 0.3752 |
| 10 | 0.1490 | 0.1627 | 0.1770 | 0.1993 | 0.2225 | 0.2385 | 0.2801 | 0.3235 | 0.3683 |
| 11 | 0.1401 | 0.1540 | 0.1684 | 0.1911 | 0.2148 | 0.2311 | 0.2735 | 0.3177 | 0.3634 |
| 12 | 0.1327 | 0.1468 | 0.1614 | 0.1845 | 0.2086 | 0.2253 | 0.2684 | 0.3135 | 0.3598 |
| 13 | 0.1265 | 0.1408 | 0.1557 | 0.1791 | 0.2037 | 0.2206 | 0.2645 | 0.3102 | 0.3572 |
| 14 | 0.1213 | 0.1357 | 0.1509 | 0.1747 | 0.1997 | 0.2169 | 0.2615 | 0.3078 | 0.3553 |
| 15 | 0.1163 | 0.1315 | 0.1468 | 0.1710 | 0.1964 | 0.2139 | 0.2591 | 0.3060 | 0.3539 |
| 16 | 0.1130 | 0.1278 | 0.1434 | 0.1679 | 0.1937 | 0.2114 | 0.2572 | 0.3046 | 0.3529 |
| 17 | 0.1096 | 0.1247 | 0.1405 | 0.1654 | 0.1915 | 0.2094 | 0.2558 | 0.3035 | 0.3521 |
| 18 | 0.1067 | 0.1219 | 0.1379 | 0.1632 | 0.1896 | 0.2078 | 0.2546 | 0.3027 | 0.3516 |
| 19 | 0.1041 | 0.1195 | 0.1358 | 0.1613 | 0.1881 | 0.2065 | 0.2537 | 0.3021 | 0.3512 |
| 20 | 0.1019 | 0.1175 | 0.1339 | 0.1598 | 0.1868 | 0.2054 | 0.2529 | 0.3016 | 0.3509 |

La tabla 5.4 se calcula en base a la siguiente expresión:

$$\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n-1} \quad (5.7)$$

donde:

i = porcentaje de financiamiento

n = al número de años necesarios para el financiamiento

5.7 Proyección de la evaluación

Se tiene que elegir una vida del proyecto, los ciclos sembrados con sus cultivos y generar un flujo de costos y beneficios para cada año.

Los beneficios se registran en cuanto al incremento de los rendimientos en el desarrollo del proyecto.

La tasa mínima atractiva de rendimiento o de corte para la evaluación (TMAR) se establece para un proyecto y aumenta conforme el riesgo del proyecto. Para el caso del financiamiento se debe contemplar un costo mayor que el costo en sí del proyecto.

Algunas instituciones toman esta tasa de corte como la pronosticada para la inflación más una prima por el riesgo del proyecto. En otros casos toman esta tasa igual al valor de la tasa de cetes (certificados de tesorería) a un plazo determinado más una prima por riesgo.

En la tabla 5.5 se muestra la información básica que se requiere para hacer un estudio de la proyección de la evaluación del proyecto.

TABLA 5.5 Proyección de la Evaluación

Primer periodo

| Cultivo | Superficie (ha) | Rendimiento ton/ha | Valor/Prod N\$/ha | Costo/Prod N\$/ha | Valor Total Prod. N\$ | Costo Total Prod. N\$ | Ingreso Neto N\$ |
|---------|-----------------|--------------------|-------------------|-------------------|-----------------------|-----------------------|------------------|
| | | | | | | | |

Segundo periodo

| Cultivo | Superficie (ha) | Rendimiento Ton/ha | Valor/Prod N\$/ha | Costo/Prod N\$/ha | Valor Total Prod. N\$ | Costo Total Prod. N\$ | Ingreso Neto N\$ |
|---------|-----------------|--------------------|-------------------|-------------------|-----------------------|-----------------------|------------------|
| | | | | | | | |

Los indicadores de evaluación serán:

- El Valor Presente Neto (VPN) > 0
- La tasa Interna de Rendimiento (TIR) > Tasa Mínima Atractiva de Rendimiento (TMAR)
- Periodo de Recuperación de la inversión
- La relación Beneficio - Costo (B/C)

5.8 Balance de ingresos y egresos

Este balance es la base fundamental para cualquier proyecto, aquí se ordenan los ingresos y egresos de la vida económica planeada del proyecto. Por lo general, se ordenan los montos por año, pero pueden ser por días, meses, bimestres, semestres, etc. El ingreso tendrá un signo positivo y el egreso tendrá un signo negativo y el flujo de efectivo será la resta aritmética de ingresos menos egresos. La inversión inicial se anota en el año 0.

5.9 Valor presente neto

Este método de valuación de proyectos permite determinar la equivalencia en el tiempo cero (en el presente) de los flujos de efectivo futuros que genera un proyecto a una tasa de interés dada, y se calcula de la siguiente manera:

(5.8)

$$VPN = \sum_{j=0}^N FE_j \frac{1}{(1+i)^j}$$

donde:

FE_j = Flujo de efectivo (positivo o negativo) del periodo j

i = tasa de interés establecida para el periodo

n = el número total del periodo de tiempo

$\frac{1}{(1+i)^j}$ también se le conoce como factor de actualización

5.10 Criterio de decisión

1. Cuando el VPN es positivo, es recomendable que el proyecto sea ejecutado.
2. Cuando son varias alternativas, se escoge la que tiene más alto VPN.

5.11 Tasa interna de rendimiento (TIR)

Está definida como la tasa de interés que reduce a cero el Valor Presente Neto equivalente de una serie de ingresos y egresos.

La TIR representa el porcentaje o la tasa de interés que se gana sobre el saldo no recuperado de una inversión.

Para calcular esta tasa hay que realizar una serie de tanteos, donde se calcula el VPN a diferentes tasas hasta que éste sea igual a cero.

Una forma sencilla para determinar el (TIR) es calculando un VPN a una tasa tal que el valor de VPN se acerca a cero y después se busca otra tasa donde el VPN sea menor y cercana a cero, después con la siguiente expresión se obtiene la TIR.

$$TIR = Te + (Ta - Te) \cdot [VPN \text{ de la } Te / \text{Suma absoluta de los VPN de ambas tasas}]$$

donde:

TIR = Tasa interna de rendimiento

Te = Tasa menor en %

Ta = tasa mayor en %

5.12 Periodo de recuperación

Es el tiempo en el cual el beneficio menos el costo es igual a cero y desde este momento los beneficios superan a los costos y la inversión empieza a recuperarse. Este periodo de recuperación debe realizarse a una tasa de interés, para tomar el valor del dinero en el tiempo.

5.13 Relación beneficio - costo (B/C)

Es la relación de la suma de los beneficios entre la suma de los costos, el resultado debe ser mayor de 1, para que con los beneficios se paguen los costos, en caso contrario se rechaza el proyecto. Es recomendable que se analice a una tasa de interés para tomar el valor del dinero en el tiempo.

5.14 Análisis económico y financiero de cultivos

A continuación se presenta un análisis económico y financiero de los principales cultivos del módulo de riego Tlahualilo del Distrito Región Lagunera en Torreón Coahuila. La información general sobre los cultivos fue proporcionada por los encargados del módulo.

En las tablas 5.A del anexo A se realiza un análisis económico y financiero de los cultivos de algodón, frijol, maíz y melón. Para ello se siguió la metodología descrita en este capítulo, la cual considera: información general de los cultivos, análisis de costos y parámetros de decisión, así como la proyección de la evaluación, balance de ingresos y egresos, relación de beneficio - costo y la tasa de rendimiento interna (TIR).

5.15 Análisis de resultados

En la tabla 5.6 se presenta en forma resumida, la información económica de diferentes niveles de tecnificación de los cultivos en estudio. En esta tabla se observa lo siguiente:

A. Costo de operación

Los costos de operación anual por hectárea en todos los cultivos son iguales para los sistemas de gravedad sin tecnificar y gravedad tecnificado. En cuanto al riego por aspersión se observa una ligera variación para cada cultivo, en donde la operación resulta más costosa.

B. Costo anual de financiamiento

El costo anual de financiamiento al igual que el costo por operación es mayor en el riego por aspersión.

C. Incremento de la producción

El incremento de la producción en los cultivos analizados es mayor en primer lugar el melón y en segundo el algodón mientras que los otros cultivos sólo tienen un ligero incremento en la técnica de aspersión pero éste no es mayor que el del melón.

D. Costo anual por hectárea

El costo anual por hectárea de los cultivos analizados es mayor en el sistema de riego por aspersión.

E. Beneficio adicional

El melón tiene una relación beneficio - costo mucho mayor que el resto de los cultivos.

F. Tasa interna de rendimiento

La tasa interna de rendimiento en el melón es mucho más alta que en los otros cultivos.

Analizando cada una de las tablas anteriores, se observa que en el cultivo de melón se obtienen los mejores ingresos seguido éste por el algodón.

Por otro lado, en la gráfica 5.1 se muestra el comportamiento de la relación beneficio costo de los diferentes sistemas de tecnificación empleados en este estudio para cada cultivo, y en la gráfica 5.2 se comparan todos los sistemas de tecnificación de cada cultivo.

De igual manera se presentan las gráficas 5.3 y 5.4 para la tasa interna de rendimiento.

En resumen, se puede concluir de este análisis que el cultivo del melón resultó ser el más rentable y mejor aún empleando el sistema de tecnificación por goteo.

5.16 Resumen

En este capítulo se muestra una metodología que permite conocer la recuperación neta dada una inversión inicial. Esta metodología toma en cuenta la selección técnica y económica de la infraestructura y equipo de riego.

Para realizar el análisis económico y financiero es conveniente contar con las características generales y técnicas de los cultivos.

El análisis comprende el cálculo de costos y parámetros de decisión, así como la proyección de la evaluación, balance de ingresos y egresos, relación de beneficio - costo y la tasa de rendimiento interna (TIR).

Finalmente, se emplean todas las técnicas empleadas en los principales cultivos del módulo de riego Tlahualilo como el algodón, frijol, maíz y melón. Esto con el fin de analizar el estado económico y financiero.

TABLA 5.6 Información económica de diferentes niveles de tecnificación en los cultivos de algodón, frijol, maíz y melón en el módulo Tlahualilo del distrito de riego Región Lagunera, Coahuila durante 1994.

A. COSTO DE OPERACION ANUAL

| No. | CULTIVO | COSTO DE OPERACION ANUAL | | | | |
|-------|---------|--------------------------|----------------------|--------|--------|------------------|
| | | GRAVEDAD (1) | GRAVEDAD TECNIFICADO | | | ASPERSION (5) |
| | | | (2) | (3) | (4) | |
| NS/ha | | NS/ha | NS/ha | NS/ha | NS/ha | |
| 1 | ALGODON | 120 | 222.30 | 242.30 | 309.75 | |
| 2 | FRJOL | 120 | 222.30 | 242.30 | 309.75 | 491.70 |
| 3 | MAIZ | 120 | 222.30 | 242.30 | 309.75 | 521.07 |
| 4 | MELON | 120 | 222.30 | 242.30 | 309.75 | 845.82 |

D. COSTO ANUAL POR HECTAREA

| No. | CULTIVO | COSTO ANUAL POR HECTAREA | | | | |
|-------|---------|--------------------------|----------------------|---------|---------|------------------|
| | | GRAVEDAD (1) | GRAVEDAD TECNIFICADO | | | ASPERSION (5) |
| | | | (2) | (3) | (4) | |
| NS/ha | | NS/ha | NS/ha | NS/ha | NS/ha | |
| 1 | ALGODON | 5790 | 8430.40 | 7586.36 | 7094.53 | |
| 2 | FRJOL | 1790 | 2939.40 | 3066.36 | 3494.53 | 4118.35 |
| 3 | MAIZ | 890 | 1539.40 | 2066.36 | 2494.53 | 3145.72 |
| 4 | MELON | 6140 | 6789.40 | 6616.36 | 7344.53 | 8767.63 |

B. COSTO ANUAL DE FINANCIAMIENTO

| No. | CULTIVO | COSTO ANUAL DE FINANCIAMIENTO | | | | |
|-------|---------|-------------------------------|----------------------|--------|--------|------------------|
| | | GRAVEDAD (1) | GRAVEDAD TECNIFICADO | | | ASPERSION (5) |
| | | | (2) | (3) | (4) | |
| NS/ha | | NS/ha | NS/ha | NS/ha | NS/ha | |
| 1 | ALGODON | 0 | 401.83 | 480.39 | 745.34 | |
| 2 | FRJOL | 0 | 401.83 | 480.39 | 745.34 | 1068.42 |
| 3 | MAIZ | 0 | 401.83 | 480.39 | 745.34 | 1068.42 |
| 4 | MELON | 0 | 401.83 | 480.39 | 745.34 | 1558.43 |

E. RELACION BENEFICIO COSTO

| No. | CULTIVO | RELACION BENEFICIO COSTO | | |
|-----|---------|-----------------------------|------------------|------------------|
| | | GRAVEDAD TECNIFICADO (3) | ASPERSION (4) | ASPERSION (5) |
| | | | | |
| 1 | ALGODON | 3.51 | 1.69 | |
| 2 | FRJOL | 2.91 | 1.30 | 0.84 |
| 3 | MAIZ | 2.72 | 1.18 | 1.69 |
| 4 | MELON | 16.98 | 10.37 | 25.26 |

C. INCREMENTO DE LA PRODUCCION

| No. | CULTIVO | INCREMENTO DE LA PRODUCCION | | | | |
|-------|---------|-----------------------------|----------------------|-------|-------|------------------|
| | | GRAVEDAD (1) | GRAVEDAD TECNIFICADO | | | ASPERSION (5) |
| | | | (2) | (3) | (4) | |
| NS/ha | | NS/ha | NS/ha | NS/ha | NS/ha | |
| 1 | ALGODON | 6600 | 6600 | 9000 | 9000 | |
| 2 | FRJOL | 2040 | 2040 | 4250 | 4250 | 4590 |
| 3 | MAIZ | 1080 | 1080 | 3300 | 3300 | 4800 |
| 4 | MELON | 9798 | 9798 | 15000 | 15000 | 48000 |

F. TASA INTERNA DE RENDIMIENTO (TIR)

| No. | CULTIVO | TASA INTERNA DE RENDIMIENTO (TIR) | | |
|-----|---------|-----------------------------------|------------------|------------------|
| | | GRAVEDAD TECNIFICADO (3) | ASPERSION (4) | ASPERSION (5) |
| | | | | |
| | | % | % | % |
| 1 | ALGODON | 60.05 | 30.74 | |
| 2 | FRJOL | 50.40 | 23.54 | 33.05 |
| 3 | MAIZ | 51.01 | 22.75 | 32.26 |
| 4 | MELON | 346.44 | 202.58 | 484.26 |

(1) Gravedad sin tecnificar

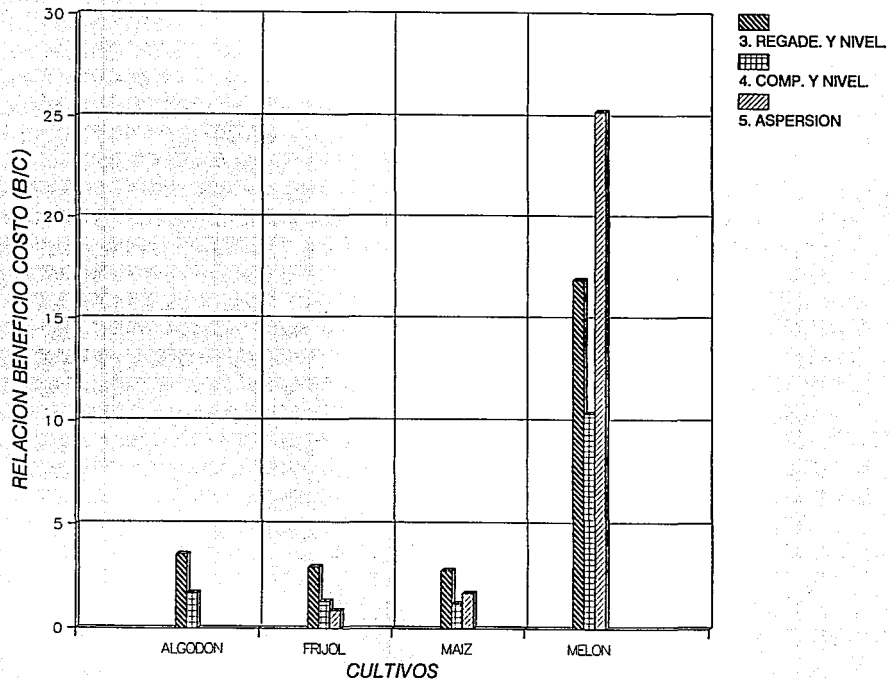
(2) Gravedad Tecnificada: revestimiento de regaderas

(3) Gravedad Tecnificada: revestimiento de regaderas con nivelación

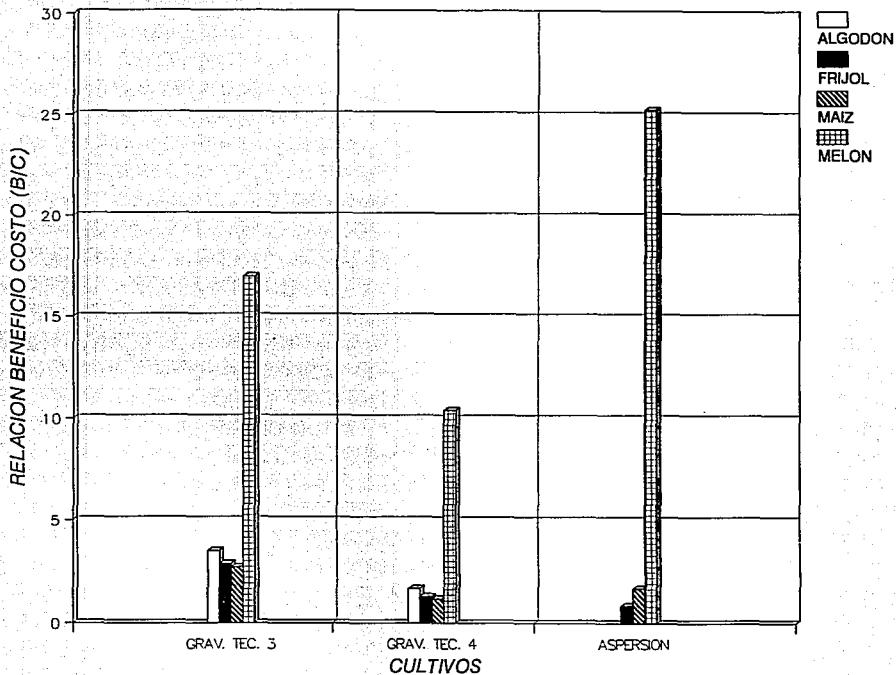
(4) Gravedad Tecnificada: tuberías de compuertas con nivelación

(5) Goteo para melón

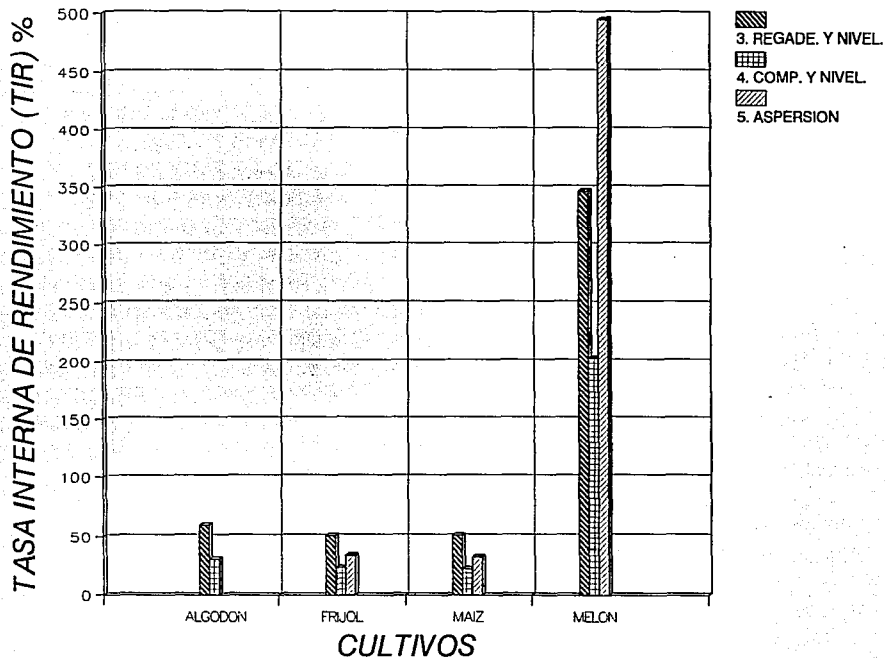
**GRAFICA 5.1 RELACION BENEFICIO COSTO
DE DIFERENTES NIVELES DE TECNIFICACION**



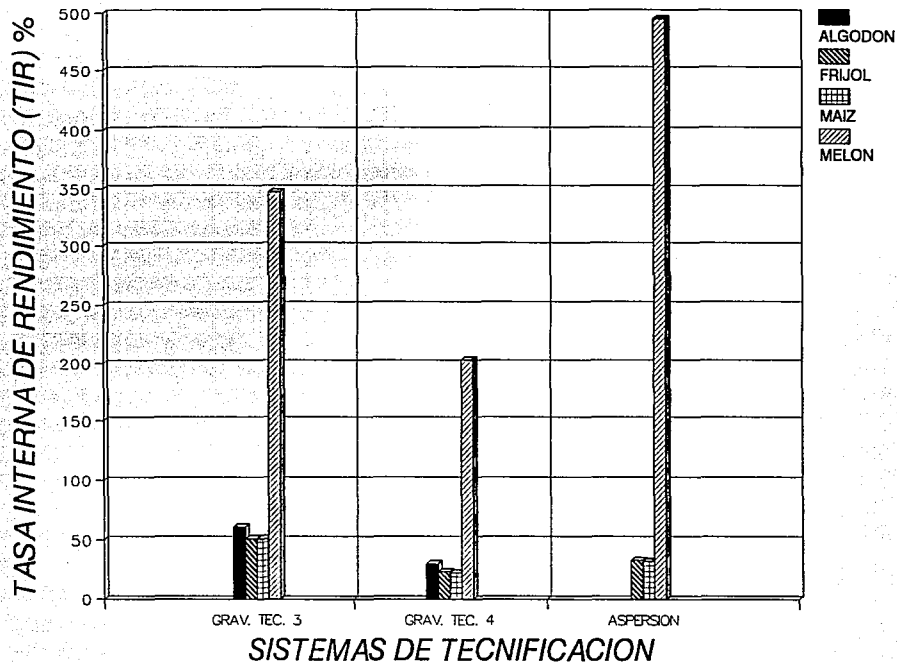
GRAFICA 5.2 RELACION BENEFICIO COSTO DE DIFERENTES CULTIVOS



GRAFICA 5.3 TASA INTERNA DE RENDIMIENTO DE DIFERENTES NIVELES DE TECNIFICACION



GRAFICA 5.4 TASA INTERNA DE RENDIMIENTO DE DIFERENTES CULTIVOS



6. OPTIMIZACION DE INVERSIONES

6.1 Introducción

Con el propósito de mejorar las condiciones de producción, se han desarrollado técnicas de análisis para planificar la tecnificación del riego, como por ejemplo el uso de índices de productividad que permiten zonificar las superficies con base a las características del suelo, clima, cultivos, etc. Esta información sirve para que posteriormente se priorice las necesidades de tecnificación del riego.

Con la sobreposición de mapas, se pueden generar recomendaciones muy generales, sin embargo cuando existe la necesidad de considerar limitaciones físicas de la zona (disponibilidad de agua y tierra) y limitaciones financieras, es necesario planificar optimizando los recursos.

Entre los recursos más importantes está la tierra, el agua, y los financieros, con ello se podrán tomar decisiones que suelen ser muy comunes para seleccionar los cultivos así como las superficies de cada cultivo que se deben sembrar.

Otra decisión importante es conocer como se deben destinar los recursos financieros para seleccionar la alternativa de tecnificación que genere el mayor impacto económico y social en la región.

En este trabajo se plantea un modelo lineal que permite maximizar los beneficios del módulo de riego Tlahualilo ubicado en la región lagunera y comprende parte de los estados de Coahuila y Durango.

La importancia de este modelo radica en la contribución que pueda tener en el impacto social, producción de alimentos, superficie cosechada y valor de producción.

6.2 Objetivo

El objetivo principal es determinar un modelo de optimización de recursos empleados para priorizar las inversiones mediante la selección de alternativas de tecnificación del riego y la selección de los cultivos más redituables de una zona. Las limitantes principales que se plantean en este modelo es el suministro de agua e inversión disponible para el riego en ese distrito.

6.3 Modelo propuesto para la optimización de inversiones

El modelo de programación lineal que aquí se plantea, tiene una estructura matemática, que permite optimizar los recursos empleados para obtener un beneficio máximo a los agricultores. Este modelo contempla cinco niveles de tecnificación, los cuales se describen más adelante.

a. Función objetivo

$$\begin{aligned}
 Z = & (\$RV_1 - Cp_1 - Cop_1 - B_1 - Cf_1 - Cw) X_1 + \\
 & (\$RV_2 - Cp_2 - Cop_2 - B_2 - Cf_2 - Cw) X_2 + \\
 & (\$RV_3 - Cp_3 - Cop_3 - B_3 - Cf_3 - Cw) X_3 + \\
 & (\$RV_4 - Cp_4 - Cop_4 - B_4 - Cf_4 - Cw) X_4 + \\
 & (\$RV_5 - Cp_5 - Cop_5 - B_5 - Cf_5 - Cw) X_5 + \dots + \\
 & (\$RV_{20} - Cp_{20} - Cop_{20} - B_{20} - Cf_{20} - Cw) X_{20}
 \end{aligned}$$

Simplificando el modelo queda:

$$Z = \sum_{i=1}^n [X_i (\$RV_i - Cp_i - Cop_i - B_i - Cf_i - Cw)]$$

donde:

- i = 1, 2, 3, ..., n tipo de cultivo-técnica
- X_i = Area del cultivo-técnica (i) [ha]
- $\$i$ = Precio del cultivo-técnica (i) por unidad de superficie [N\$/Ton]
- Rv_i = Rendimiento de producción cultivo-técnica (i) [Ton/ha]
- Cp_i = Costo de los insumos o costo de producción del cultivo-técnica (i) por unidad de superficie [N\$/ha]
- B_i = Costo de depreciación del cultivo-técnica (i) [N\$/ha]
- Cf_i = Costo de financiamiento del cultivo-técnica (i) [N\$/ha]
- Cop_i = Costo de operación del sistema de riego del cultivo-técnica (i) [N\$/ha]
- Cw = Costo volumétrico del agua [N\$/ha]

De lo anterior, es importante mencionar que el cultivo-técnica (i) se refiere a que puede ser un cultivo cualquiera empleando uno de los cinco sistemas de tecnificación. Por ejemplo la variable X_{17} se refiere a la superficie del cultivo del melón con la técnica de gravedad tecnificado (2) que corresponde al revestimiento con regaderas.

b. Restricciones

- Superficie

Se tiene como restricción la superficie que se destina para sembrar un determinado cultivo y se presenta de la siguiente manera:

X_i representa el área del cultivo-técnica i .

$$\begin{aligned} X_1 + X_2 + \dots + X_n & \leq X_{\text{total}} \\ X_1 + X_2 + \dots + X_5 & \leq X_{\text{algodón}} \\ X_6 + X_7 + \dots + X_{10} & \leq X_{\text{frijol}} \\ X_{11} + X_{12} + \dots + X_{15} & \leq X_{\text{maíz}} \\ X_{16} + X_{17} + \dots + X_{20} & \leq X_{\text{melón}} \end{aligned}$$

- Volumen de agua disponible

El volumen de agua que se entrega a cada módulo se considera como una restricción porque éste depende de factores ambientales, de demanda, oferta, etc. que puede variar.

$$\sum_{i=1}^n \left[X_i \frac{Dw_i}{Ec_i Ea_i} \right] \leq VT$$

$$Dw_i / (Ec_i \cdot Ea_i) \cdot X_1 + \dots + Dw_n / (Ec_n \cdot Ea_n) \cdot X_n \leq VT$$

donde:

X_i = Representa al área del cultivo-técnica i [ha]

Dw_i = Volumen de agua aplicado por hectárea del cultivo-técnica (i) [m³/ha]

Ea_i = Eficiencia de aplicación del cultivo-técnica (i)

Ec_i = Eficiencia de conducción del cultivo-técnica (i)

VT = Volumen total disponible [m³]

3. Inversión

La inversión en este modelo se considera como un recurso limitado debido a que se utilizan recursos económicos ya establecidos por gobierno federal, con el propósito de que al invertirlos en un programa agrícola generen mayores utilidades.

$$\text{Costo}_1/\text{ha } X_1 + \text{Costo}_2/\text{ha } X_2 + \dots + \text{Costo}_n/\text{ha } X_n \leq \$$$

donde:

Costo/ha = Costo invertido por hectárea [N\$/ha]

X = Area del cultivo - técnica i [ha]

6.4 Caso de estudio: módulo de riego Tlahualilo, región Lagunera

6.4.1 Características generales del módulo de riego Tlahualilo

a. Principales cultivos

- Algodón
- Frijol
- Maíz grano
- Melón o sandía

b. Superficie bajo riego

Los cultivos sembrados para el presente ciclo tendrán las siguientes superficies:

| No. | CULTIVO | SUPERFICIE | |
|-----|--------------|------------|-----------------|
| | | (%) | (has) |
| 1 | Algodón | 29 | 1,341.30 |
| 2 | Frijol | 4 | 185.00 |
| 3 | Maíz | 15 | 693.80 |
| 4 | Melón | 52 | 2,405.00 |
| | TOTAL | 100 | 4,625.00 |

c. Sistemas de tecnificación

| No. | SISTEMA DE TECNIFICACION |
|-----|--|
| 1 | GRAVEDAD (1) |
| 2 | GRAVEDAD TECNIFICADO (2) - Revestimiento con regaderas |
| 3 | GRAVEDAD TECNIFICADO - Revestimiento con regaderas y nivelación |
| 4 | GRAVEDAD TECNIFICADO (3) - Compuertas y nivelación |
| 5 | PRESURIZADO (4) - Aspersión en el caso de frijol y maíz - Goteo en el caso del melón |

d. Inversión

El programa de inversión del gobierno federal tiene contemplado invertir N\$ 10'432,686.00 en el módulo de riego Tlahualilo.

e. Volumen disponible de agua

El volumen disponible de agua del módulo de riego Tlahualilo es de 43.4 millones de m³. Este volumen se entrega en el punto de control ubicado a la entrada del área de riego.

f. Fuente de abastecimiento

La fuente de abastecimiento hacia el módulo de riego Tlahualilo es un canal de riego.

6.4.2 Aplicación del modelo al módulo de riego Tlahualilo

El modelo matemático expuesto anteriormente se desarrolló para el módulo Tlahualilo del distrito de la región Lagunera.

Para aplicar el modelo matemático de optimización de recursos planteado anteriormente, primero se determinaron diferentes alternativas de tecnificación del riego y la selección de los cultivos más rediatuables. Para ello se conformaron cuatro escenarios (anexo B), de acuerdo a diferentes requerimientos agrícolas.

Las limitantes principales que considera el modelo son: el suministro de agua y la inversión disponible para el riego en esa zona.

| INVERSION DISPONIBLE N\$ | AGUA DISPONIBLE m ³ |
|-----------------------------|-----------------------------------|
| 10'432,686.00 | 43,400,000 |

El modelo matemático se alimenta básicamente de la información que se muestra en la tabla 6.1, la cual se determinó en capítulos anteriores.

6.5 Presentación de resultados

Escenario 1

Descripción:

En este escenario se quiere conocer que cultivos del módulo de riego Tlahualilo son más redituables y a qué nivel de tecnificación responden mejor.

Datos de salida

| CULTIVO | SUPERFICIE (ha) | NIVEL DE TECNIFICACION | BENEFICIO (N\$) | RELACION B/C |
|---------|--------------------|----------------------------------|--------------------|-----------------|
| Algodón | 1,279.04 | Gravedad (1) - sin tecnificar | 56,568,160 | 5.42 |
| Frijol | 0 | | | |
| Maíz | 0 | | | |
| Melón | 1,090.53 | Gravedad (1) - Sin tecnificar | | |
| | 1,314.47 | Goteo | | |
| TOTAL | 3,684.04 | | | |

Recursos sobrantes:

| Algodón (ha) | Frijol (ha) | Maíz (ha) | Melón (ha) | Superficie total (ha) | Inversión N\$ | Agua m ³ |
|-----------------|----------------|--------------|---------------|--------------------------|------------------|------------------------|
| 62.26 | 185 | 693 | 0 | 940.26 | 0 | 0 |

Escenario 2

Descripción:

Como se observó en el escenario 1, el melón es el cultivo más redituable y que mejor responde a la tecnificación. Con estos resultados, sería aconsejable invertir todo el dinero en la técnica de aspersión por goteo, pero existe el inconveniente de que mucha de la superficie no se aprovecha.

Por esta razón, en este escenario se propone eliminar la técnica del goteo con melón con el propósito de cubrir más superficie; además se consideran fijas las superficies destinadas a los cultivos de frijol y maíz con el fin de que estos cultivos sean una parte para autoconsumo de la región y otra para diversificar riesgos económicos.

Datos de salida

| CULTIVO | SUPERFICIE (ha) | NIVEL DE TECNIFICACION | BENEFICIO (N\$) | RELACION B/C |
|---------|--------------------|---|--------------------|-----------------|
| Algodón | 81.76 | Gravedad (1) - sin tecnificar | 21'990,720 | 2.11 |
| | 981.37 | Gravedad (3) - Revest. Regade- ras y Nivelación | | |
| Frijol | 185 | Gravedad (3) - Revest. Regade- ras y Nivelación | | |
| Maíz | 693.8 | Gravedad (3) - Revest. Regade- ras y Nivelación | | |
| Melón | 2,405 | Gravedad (3) - Revest. Regade- ras y Nivelación | | |
| TOTAL | 4,346.93 | | | |

Recursos sobrantes:

| Algodón (ha) | Frijol (ha) | Maíz (ha) | Melón (ha) | Superficie total (ha) | Inversión N\$ | Agua m ³ |
|-----------------|----------------|--------------|---------------|--------------------------|------------------|------------------------|
| 278.17 | 0 | 0 | 0 | 278.16 | 0 | 0 |

Escenario 3

Descripción:

Se quiere conocer cual sería la distribución de la superficie bajo riego mediante algún nivel de tecnificación, deshechando la posibilidad del riego por gravedad y considerando fijos a los cultivos de frijol y maíz (mismas razones que en el escenario 2).

Datos de salida

| CULTIVO | SUPERFICIE (ha) | NIVEL DE TECNIFICACION | BENEFICIO (N\$) | RELACION B/C |
|---------|--------------------|---|--------------------|-----------------|
| Algodón | 934.38 | Gravedad (2) - Revestimiento de regaderas | 23'963,170 | 2.30 |
| Frijol | 185 | Gravedad (2) - Revestimiento de regaderas | | |
| Maíz | 693.8 | Gravedad (2) - Revestimiento de regaderas | | |
| Melón | 2,251.99 | Gravedad (3) - Revest. Regade- ras y Nivelación | | |
| | 153.01 | Goteo | | |
| TOTAL | 4,218.18 | | | |

Recursos sobrantes:

| Algodón (ha) | Frijol (ha) | Maíz (ha) | Melón (ha) | Superficie total (ha) | Inversión N\$ | Agua m ³ |
|-----------------|----------------|--------------|---------------|--------------------------|------------------|------------------------|
| 406.72 | 0 | 0 | 0 | 406.72 | 0 | 0 |

Escenario 4

Descripción:

En este escenario se quiere conocer cual es el comportamiento de las ganancias en el caso de que no se invierta en sistemas de tecnificación y sólo se siembre por gravedad; además se consideran fijos los cultivos de frijol y maíz (mismas razones que en el escenario 2).

Datos de salida

| CULTIVO | SUPERFICIE (ha) | NIVEL DE TECNIFICACION | BENEFICIO (N\$) | RELACION B/C |
|---------|--------------------|----------------------------------|--------------------|-----------------|
| Algodón | 27.08 | Gravedad (1) - Sin tecnificar | 8'997,493 | 0.86 |
| Frijol | 185 | Gravedad (1) - Sin tecnificar | | |
| Maíz | 693.8 | Gravedad (1) - Sin tecnificar | | |
| Melón | 2,405 | Gravedad (1) - Sin tecnificar | | |
| TOTAL | 3,310.88 | | | |

Recursos sobrantes:

| Algodón (ha) | Frijol (ha) | Maíz (ha) | Melón (ha) | Superficie total (ha) | Inversión N\$ | Agua m ³ |
|-----------------|----------------|--------------|---------------|--------------------------|------------------|------------------------|
| 1314.12 | 0 | 0 | 0 | 1,314.12 | 10,432,686 | 0 |

6.5.1 *Discusión*

Escenario 1

Se observa que tanto el suministro de agua como la inversión disponible para el riego en este módulo se aprovechan en su totalidad, pero estos recursos resultan ser insuficientes para cubrir la totalidad de la superficie de cultivo.

Por otro lado, se observa que con las superficies de algodón (riego por gravedad sin tecnificar) y melón (goteo) se obtiene un beneficio - costo de 5.42 que resulta ser el mayor si se compara con los otros tres escenarios aquí mostrados.

Finalmente se puede concluir que los cultivos del melón y algodón son redituables y no así el maíz y frijol.

Escenario 2

En este escenario se muestra que al eliminar la técnica por goteo en el melón, los recursos de agua e inversión disponible para el riego cubren una superficie del 94 %; además se diversifica la superficie de riego con los cultivos programados en esta zona.

Por otro lado, permite que parte de la producción se aproveche para autoconsumo y disminuya el riesgo económico al contar con más diversificación de cultivos.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

Escenario 3

Con la opción de tecnificar toda la superficie bajo riego, y aprovechar los recursos de agua e inversión disponibles, se observa que la superficie se aprovecha en un 91% (ligeramente mayor en comparación con el escenario anterior); y además se obtiene un beneficio costo de 2.3. En este escenario los resultados son aceptables al emplear el riego tecnificado.

Cabe señalar que al igual que en el escenario 2, existe mayor diversificación de cultivos.

Escenario 4

En este último escenario se observa que al no tecnificar la superficie bajo riego no se obtiene ninguna garantía para cubrir la superficie de riego, lo cual implica que es necesario invertir para mejorar las eficiencias y regar más superficies.

Definitivamente esta opción debe descartarse totalmente si el objetivo es seleccionar los cultivos más redituables y obtener máximos ingresos.

En general, se puede mencionar que en el caso del módulo de riego Tlahualilo, el modelo de optimización de inversiones de cultivos arrojan mayores ingresos los cultivos del melón y el algodón, pero por razones culturales, de autoconsumo y para diversificar riesgos, los campesinos de esta zona destinan una superficie para el cultivo del maíz y frijol.

La justificación por la cual los cultivos de melón y algodón generan mayores ganancias a los usuarios es debido a que tienen un rendimiento de producción por hectárea mucho mayor que el frijol y el maíz.

6.6 Conclusiones

Con los resultados expuestos en las tablas anteriores así como en las gráficas 6.1 y 6.2 se puede concluir que este modelo matemático permite optimizar y priorizar las inversiones mediante alternativas de tecnificación del riego y la selección de cultivos más redituables, es decir proporciona un panorama más amplio para visualizar el comportamiento y distribución de los recursos empleados de acuerdo a las restricciones del problema en cuestión y por ello ayuda a determinar cual será el cultivo que proporcione mayores beneficios económicos y permita recuperar la inversión en tecnificar.

Esto significará que en algunas regiones y distritos se modifiquen patrones culturales y que los usuarios vean a la agricultura como un negocio y no sólo como una actividad de subsistencia. En otras palabras, habrá que llegar a la valoración de lo que significa disponer del recurso, sus implicaciones, costo social y económico y la necesidad de hacer mejor uso de ella.

Una limitante importante en la producción agrícola es el recurso agua. Este recurso nunca deberá ser superado por la demanda de agua de los cultivos, de tal forma que la superficie programada para riego será disminuida en caso de que el volumen de agua sea insuficiente.

Es importante señalar que en este modelo se consideró la lámina máxima de riego que produce el máximo rendimiento. Esta alternativa aunque no es la óptima económica es la que generalmente utilizan los agricultores en todas partes del mundo. En este modelo se podría utilizar la lámina óptima económica como se expone en el capítulo 4.

Se puede decir que los cultivos bajo riego tienen el propósito fundamental de lograr que el suelo y el agua disponibles se utilicen cada vez con mayor eficiencia para obtener, así mismo, mayores beneficios económicos y sociales y conservar los recursos al más alto nivel de productividad.

Por ejemplo, en un sistema de riego la eficiencia se incrementa al revestir canales o entubar el agua, lo cual permite obtener un volumen adicional del líquido.

Finalmente, el riego deberá contemplar una gran variedad de datos entre los que destacan los fiscales, económicos y técnicos. Pero además es necesario controlar la calidad del agua y regular el uso de los niveles de pesticidas que al percolarse o infiltrarse el riego se afecta dramáticamente.

Para ello se debe promover el uso de equipo más sofisticado para tener mejores resultados en el control de la calidad en el agua.

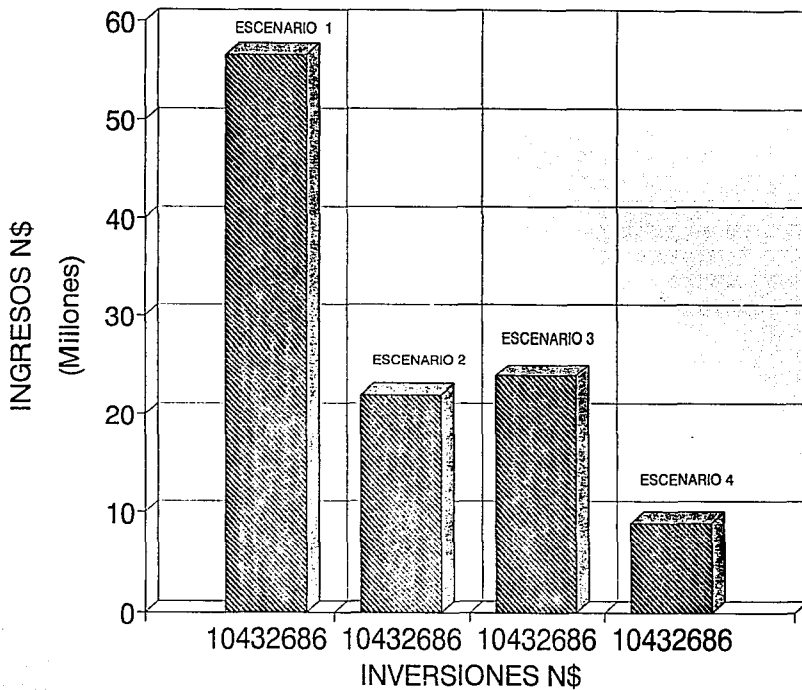
TESIS SIN PAGINACION

COMPLETA LA INFORMACION

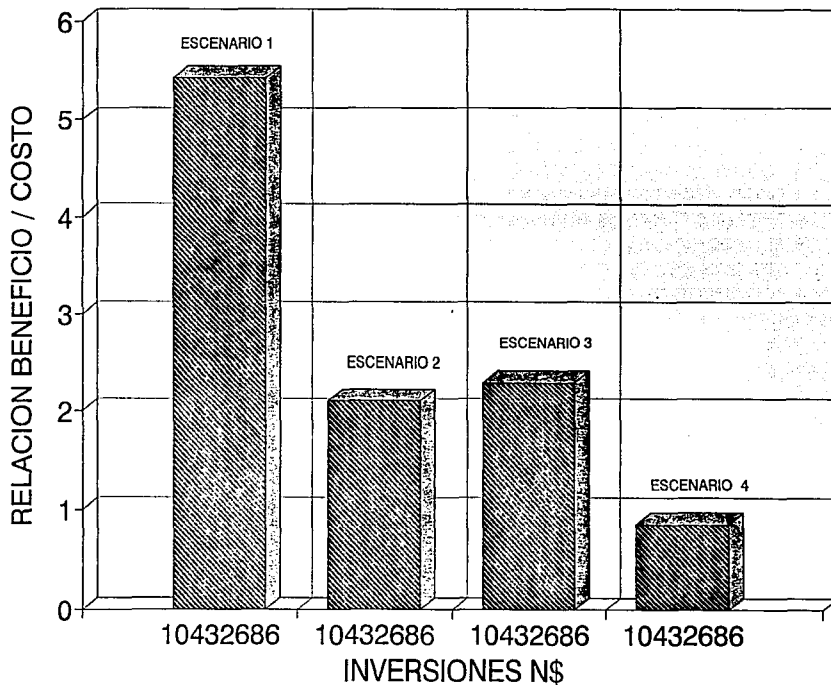
Tabla 6.1 Datos para alimentar el modelo matemático

| No. | CULTIVO | NIVEL DE TEC. N | VARIABLE X | AREA Av Ha | USO CONSULT. m | PRECIO DEL CULTIVO \$ NS/Ton | RENDIMIENTO DE PRODUCC. Rn Ton/ha | COSTO DE LOS INSUMOS Cpl NS/ha | COSTO DE OPERACION Cpo NS/ha | COSTO DE DEPREC. B NS/ha | COSTO FINANCI. Cf NS/ha | COSTO VOL. DEL AGUA Cw NS/ha | VOLUMEN DEL AGUA Dw m ³ /ha | Ea | Ec | INGRESO NETO IN NS/ha | INVERSION NS/ha |
|-----|---------|-----------------|------------|------------|----------------|------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|------------------------------|--------------------------|-------------------------|------------------------------|--|----|-----|-----------------------|-----------------|
| 1 | ALGODON | GRAVEDAD 1 | X1 | 40 | 0.89 | 2000 | 3.30 | 5500 | 120.00 | 0 | 0 | 170 | 14935.06 | 80 | 77 | 810 | 0 |
| | | GRAV. TEC. 2 | X2 | 40 | 0.89 | 2000 | 3.30 | 5500 | 222.30 | 145.27 | 401.83 | 170 | 12777.78 | 80 | 90 | 181 | 2046 |
| | | GRAV. TEC. 3 | X3 | 40 | 0.89 | 2000 | 4.50 | 8500 | 242.30 | 173.87 | 480.36 | 170 | 10652.36 | 70 | 80 | 1434 | 2446 |
| | | GRAV. TEC. 4 | X4 | 40 | 0.89 | 2000 | 4.50 | 8500 | 309.75 | 269.45 | 745.34 | 170 | 8657.14 | 70 | 100 | 1005 | 3795 |
| | | GRAV. TEC. 5 | X5 | 40 | 0.89 | 2000 | 8.00 | 8500 | | | | | | | | | |
| 2 | FRUJOL | GRAVEDAD 1 | X8 | 65 | 0.52 | 1700 | 1.20 | 1500 | 120.00 | 0 | 0 | 170 | 11205.41 | 80 | 77 | 250 | 0 |
| | | GRAV. TEC. 2 | X7 | 65 | 0.52 | 1700 | 1.20 | 1500 | 222.30 | 145.27 | 401.83 | 170 | 8626.83 | 80 | 90 | -300 | 2046 |
| | | GRAV. TEC. 3 | X8 | 65 | 0.52 | 1700 | 2.50 | 2000 | 242.30 | 173.87 | 480.36 | 170 | 7703.70 | 75 | 80 | 1184 | 2446 |
| | | GRAV. TEC. 4 | X9 | 65 | 0.52 | 1700 | 2.50 | 2000 | 309.75 | 269.45 | 745.34 | 170 | 6500.00 | 80 | 100 | 755 | 3795 |
| | | ASP. PIVOTE 5 | X10 | 65 | 0.52 | 1700 | 2.70 | 2000 | 491.70 | 368.24 | 1068.42 | 170 | 6117.85 | 85 | 100 | 474 | 5440 |
| 3 | MAIZ | GRAVEDAD 1 | X11 | 65 | 0.81 | 800 | 1.80 | 800 | 120.00 | 0 | 0 | 170 | 13203.46 | 80 | 77 | 180 | 0 |
| | | GRAV. TEC. 2 | X12 | 65 | 0.81 | 800 | 1.80 | 800 | 222.30 | 145.27 | 401.83 | 170 | 11296.30 | 80 | 90 | -458 | 2046 |
| | | GRAV. TEC. 3 | X13 | 65 | 0.81 | 800 | 5.50 | 1000 | 242.30 | 173.87 | 480.36 | 170 | 8682.54 | 70 | 80 | 1234 | 2446 |
| | | GRAV. TEC. 4 | X14 | 65 | 0.81 | 800 | 5.50 | 1000 | 309.75 | 266.45 | 745.34 | 170 | 8682.54 | 70 | 80 | 805 | 3795 |
| | | ASP. PIVOTE 5 | X15 | 65 | 0.81 | 800 | 8.00 | 1000 | 521.07 | 368.24 | 1068.42 | 170 | 7873.88 | 85 | 90 | 1654 | 5440 |
| 4 | MELON | GRAVEDAD 1 | X16 | 40 | 0.81 | 600 | 18.33 | 5850 | 120.00 | 0 | 0 | 170 | 13203.46 | 60 | 77 | 3656 | 0 |
| | | GRAV. TEC. 2 | X17 | 40 | 0.81 | 600 | 18.33 | 5850 | 222.30 | 145.27 | 401.83 | 170 | 11296.30 | 60 | 80 | 3009 | 2046 |
| | | GRAV. TEC. 3 | X18 | 40 | 0.81 | 600 | 25.00 | 5850 | 242.30 | 173.87 | 480.36 | 170 | 8682.54 | 70 | 80 | 8084 | 2446 |
| | | GRAV. TEC. 4 | X19 | 40 | 0.81 | 600 | 25.00 | 5850 | 309.75 | 289.45 | 745.34 | 170 | 8682.54 | 70 | 90 | 7855 | 3795 |
| | | ASP. GOTEQ 5 | X20 | 40 | 0.81 | 600 | 80.00 | 5850 | 645.82 | 563.36 | 1556.43 | 170 | 7530.86 | 90 | 90 | 39212 | 7835 |

GRAF. 6.1 COMPORTAMIENTO DE LOS INGRESOS



GRAFICA 6.2 COMPORTAMIENTO DEL B/C



R E F E R E N C I A S

- 1.- Aguilar Chávez, Ariosto, 1993. *Política de asignación de dotaciones bajo condiciones de déficit hídrico*, Tesis de maestría.
- 2.- Aguilera C., Mauricio y Martínez E., Rene, 1980. *Relaciones Agua Suelo Planta Atmósfera*. Universidad Autónoma de Chapingo, México.
- 3.- American Association for vocational instructional materials. *Planning for an irrigation system*, 1980.
- 4.- American Society of Agricultural Engineers, 1992. *Management of Farm Irrigation Systems*.
- 5.- Comisión Nacional del Agua, *Características de los distritos de riego*, año agrícola 1990.
- 6.- Comisión Nacional del Agua CNA, *Proyecto de Desarrollo Parcelario y de Redes Pequeñas de Riego*, Mayo de 1992.
- 7.- Comisión Nacional del Agua 1994, *Distritos de Riego del Noroeste, Programa de Modernización*.
- 8.- Comisión Nacional del Agua, Región Lagunera. Comunicación personal con el Ing. Gilberto Rivas Martínez, 1995.
- 9.- Cuenca, Richard H. 1989, *Irrigation System Design An Engineering Approach*.
- 10.- Chang, J.H., 1968. *Climate and Agriculture*. Aldine Publishing Company. Chicago Illinois.

- 11.- Farshi, A. A., et al, 1987. *Modelling of yield of winter wheat as a function of soil water availability.* Agriculture Water Management.
- 12.- Feyerherm, A. y G. M. Paulsen, 1986. *Development of weather yield function for winter wheat.*
- 13.- FIRA, Residencia Comarca Lagunera 1994. *Comunicación personal con el Ing. Faustino Delgado Figueroa.* Agencia Torreón, Coah., 1994.
- 14.- Godoy, A., C. 1990. *Funciones de producción del agua y sus usos en la agricultura. Metodologías de Investigación y diagnóstico en Relación Agua-Suelo-Planta-Atmósfera.* SARH - INIFAP CENID - RASPA. Gómez Palacios, Dgo.
- 15.- Hoffman G.J., Howell T.A. , Solomon K.H. , 1990. *Management of farm irrigation systems,* American Society of Agricultural Engineers (ASAE)
- 16.- Hansen, Israelsem, 1979. *Principios y aplicaciones del riego.*
- 17.- IMTA - CENID - RASPA, *Funciones de producción Hídricas de los principales cultivos de la región lagunera,* Informe final del convenio para el proyecto de Investigación, Lerdo durango, México, febrero de 1993.
- 18.- Jasso I., R. 1990. *Proyección de la investigación sobre uso y manejo del agua en forrajes.* Seminarios técnicos CENID-RASPA-INIFAP-SARH.
- 19.- *Jornadas Españolas, Rehabilitación frente a nuevos regadíos.* Tarifación Cooperación técnica internacional México-España

- 20.- Linus Schage 1983. *linear, integer, and quadratic programmning with LINDO.*
- 21.- Martin, D.L., J.R. Gilley y Supaala. 1989. *Evaluation of Irrigation and Drainage Engineering.*
- 22.- Palacios Vélez, Enrique, 1977. *Introducción a la teoría de la Operación de Distritos y Sistemas de Riego.* Colegio de Postgraduados, Rama de Riego y Drenaje. Chapingo, México.
- 23.- Palacios Vélez, Enrique, *Strategies to Improve Water Management in Mexican Irrigation Districts: Un caso de estudio en Sonora.*
- 24.- Palacios Vélez, Enrique, *Introducción a la Teoría de la Operación de Distritos y Sistemas de Riego.*
- 25.- The American Society of Agricultural, 1983. *Design and Operation of farm irrigation systems.*
- 26.- Trava Manzanilla, José Luis, *Indices de eficiencia en el uso del agua de riego,* 1984.
- 27.- Stewart y Hagan 1973. *Functions to predict effects of crop water deficits.* Soc. Civ. Eng. I. Irrig. and Drain.

**ANEXO A. Análisis económico y financiero
de los cultivos de:**

- Algodón
- Frijol
- Maíz
- Melón

TABLA A.1.1 INFORMACION GENERAL DEL CULTIVO DEL ALGODON

| No. | CONCEPTO | DENOMINACION | UNIDAD | FORMULA | TIPO DE SISTEMA DE RIEGO | | | |
|-----|------------------------------------|--------------|-----------|----------------------------------|--------------------------|--------------|------------------|--------|
| | | | | | GRAV. (1) | GRAVEDAD (2) | TECNIFICADO* (3) | (4) |
| 1 | Rendimiento esperado por ha regada | le | ton/ha | | 3.30 | 3.30 | 4.50 | 4.50 |
| 2 | Valor del cultivo por unidad | Vc | N\$/ton | | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 |
| 3 | Evapotranspiración | UC | cm | | 69 | 69 | 69 | 69 |
| 4 | Duración del Ciclo | Dc | días | | 360 | 360 | 360 | 360 |
| 5 | Eficiencia de aplicación | | % | | 60 | 60 | 70 | 70 |
| 6 | No. de horas operados por año | Nh | horas/año | $S*10000*UC/100/(Q/1000)/3600$ | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | Superficie regada | S | ha | | 40 | 40 | 40 | 40 |
| 8 | Costo de los insumos | Cp | N\$/ha | | 5500 | 5500 | 6500 | 6500 |
| 9 | Gasto necesario para regar | Q | lps | | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | Altura de bombeo | H | m | | | | | |
| 11 | Potencia Requerida | P | HP | $Q*H/(76*7)$ | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12 | Tipo de energía | | | | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 13 | Costo por U. Combustible | CC | N\$/ha | | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 14 | BHP-Horas por U. Combustión | | BHP-Hora | $P*(S*10000*UC/100)/Q/1000/3600$ | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 15 | Costo Mano de Obra por hectárea | Mo | N\$/ha | | 120 | 120 | 120 | 120 |
| 16 | Vida Util | | años | | 15 | 15 | 15 | 15 |
| 17 | Tasa de Interés | | % | | 15 | 15 | 15 | 15 |
| 18 | Costo de Sistema de Riego | | N\$/ha | | 0 | 81840 | 97840 | 151800 |
| 19 | Factor de Costo | FC | | tabla 5.3 | 0.021 | 0.021 | 0.021 | 0.021 |
| 20 | Factor de Seguro | FS | % | | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 21 | Costo del agua | Cag | N\$/ha | | 170 | 170 | 170 | 170 |

- (1) Gravedad sin tecnificar
 (2) Revestimiento de regaderas
 (3) Revestimiento de regaderas y nivelación
 (4) Tuberías de compuertas y nivelación

TABLA A.1.2 EN CASO DE FINANCIAMIENTO

| No. | CONCEPTO | UNIDAD | FORMULA | (1) | (2) | (3) | (4) |
|-----|-----------------------------------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|
| 1 | Tasa de interés del préstamo | TC | % | 18 | 18 | 18 | 18 |
| 2 | Duración del préstamo | | años | 15 | 15 | 15 | 15 |
| 3 | Factor de Costo de Financiamiento | FCF | | 0.1964 | 0.1964 | 0.1964 | 0.1964 |

TABLA A.1.3 CALCULO DE COSTOS DEL CULTIVO DEL ALGODON

| CONCEPTO | DENOMINACION | UNIDAD | FORMULA | TIPO DE SISTEMA DE RIEGO | | | |
|---------------------------------------|--------------|--------------|---------------------|--------------------------|----------------------|-----------|-----------|
| | | | | GRAVEDAD (1) | GRAVEDAD TECNIFICADO | | |
| | | | | | (2) | (3) | (4) |
| COSTO DE SISTEMA | A | NS | | 0.00 | 81840.00 | 97840.00 | 151800 |
| COSTO DE DEPRECIACION | D | NS/ha | $(A*FC+A*FS)/S$ | 0.00 | 145.27 | 173.67 | 269.45 |
| - Costo de Energía | Ce | NS/ha | $(BHP*hr)/4*CC/S$ | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| - Reparación y Mantenimiento | Rm | NS/ha | $(A)*0.05/S$ | 0.00 | 102.30 | 122.30 | 189.75 |
| - Mano de Oera | Mo | NS/ha | | 120.00 | 120.00 | 120.00 | 120.00 |
| COSTO DE OPERACION ANUAL | C | NS/ha | $Ce+Rm+Mo$ | 120.00 | 222.30 | 242.30 | 309.75 |
| FINANCIAMIENTO | CF | NS/ha | $(FC*F)/S$ | 0.00 | 401.83 | 480.39 | 745.34 |
| RECUPERACION DE LA INVERSION | Ip | NS/ha | $Ie*Vc$ | 6600.00 | 6600.00 | 9000.00 | 9000.00 |
| - Incremento de Producción | Ce | NS/ha | $D+C+Ceg+Cl+Cb$ | 5780.00 | 6439.40 | 7566.36 | 7994.53 |
| - Costo Anual por ha | Ca | NS | $(D+C+Ceg+Cl+Cb)*S$ | 231800.00 | 257575.02 | 302654.42 | 319781.32 |
| - Costo Anual total | Ba | NS/ha | $Ip-Ca$ | 810.00 | 160.60 | 1433.64 | 1005.47 |
| - Beneficio Adicional | | | | | | | |
| PARAMETROS DE DECISION | I | % | $Ba/(A/S)*100$ | | 7.85 | 58.61 | 26.49 |
| - Tasa de Rendimiento | la | % | | | 10.00 | 10.00 | 10.00 |
| - Inflación Anual | | | | No | Si | Si | Si |
| Tasa de Rendimiento > Inflación Anual | | | | No | Si | Si | Si |

TABLA A.1.4 PROYECCION DE LA EVALUACION

| CONCEPTO | UNIDAD | FORMULA | (1) | (2) | (3) | (4) |
|--|--------|---------|----------------------------------|-------|-------|-------|
| Periodo total de evaluación | años | | 15 | 15 | 15 | 15 |
| Tasa mínima | % | | 18 | 18 | 18 | 18 |
| Periodo 1-7 años | | | | | | |
| Valor de la producción (valor del cultivo) | Vp | NS/ton | Vc | 2000 | 2000 | 2000 |
| Costo de los insumos | Cp | NS/ha | | 5500 | 5500 | 6500 |
| Valor total de la producción (valor del cultivo) | Vtp | NS/ha | $Ie*Vc$ | 6600 | 6600 | 9000 |
| Costo total de la producción | CTp | NS/ha | $D+C+Ceg+Cl+Cb$ | 5780 | 6439 | 7566 |
| Ingreso neto por hectárea | In/ha | NS/ha | $Vtp-CTp$ | 810 | 161 | 1434 |
| Ingreso neto | In | NS | $In*S$ | 32400 | 6424 | 57346 |
| Incremento debido a la inversión | | NS/ha | $In/ha\ sist. - In/ha\ gravedad$ | 0 | -649 | 624 |
| Periodo 8-15 años | | | | | | |
| Rendimiento esperado por ha regada (Ie) | Ie2 | ton/ha | $Ie + 0.5$ | 3.8 | 3.8 | 5 |
| Valor de la producción (valor del cultivo) | Vp | NS/ton | Vc | 2000 | 2000 | 2000 |
| Costo de los insumos | Cp | NS/ha | | 5500 | 5500 | 6500 |
| Valor total de la producción | Vtp | NS/ha | $Ie2*Vc$ | 7600 | 7800 | 10000 |
| Costo total de la producción | CTp | NS/ha | $D+C+Ceg+Cl+Cb$ | 5780 | 6439 | 7566 |
| Ingreso neto por hectárea | In/ha | NS/ha | $Vtp-CTp$ | 1810 | 1161 | 2434 |
| Ingreso neto | In | NS | $Ie*S$ | 72400 | 48424 | 97346 |
| Incremento debido a la inversión | | NS/ha | $In/ha\ sist. - In/ha\ gravedad$ | 0 | -649 | 624 |

(1) Gravedad sin tecnificar

(2) Revestimiento de regaderas

(3) Revestimiento de regaderas y nivelación

(4) Tuberías de compuertas y nivelación

TABLA A.1.5 BALANCE DE INGRESOS Y EGRESOS DEL CULTIVO DEL ALGODON

| CONCEPTO | AÑO | TIPO DE SISTEMA DE RIEGO | | | | | | |
|-----------------------------|-----|--------------------------|-----------|------------|----------|-----------|------------|------------|
| | | GRAVEDAD TECNIFICADO | | | | | | |
| | | (3) | | | (4) | | | |
| PROYECCION DE LA EVALUACION | | INGRESO | EGRESO | F EFECTIVO | INGRESO | EGRESO | F EFECTIVO | |
| - Balance de Ingresos | 0 | | 97840.00 | -97840.00 | | 151800.00 | | -151800.00 |
| | 1 | 57345.58 | 302654.42 | -245308.83 | 40218.68 | 319781.32 | | -279562.64 |
| | 2 | 57345.58 | 302654.42 | -245308.83 | 40218.68 | 319781.32 | | -279562.64 |
| | 3 | 57345.58 | 302654.42 | -245308.83 | 40218.68 | 319781.32 | | -279562.64 |
| | 4 | 57345.58 | 302654.42 | -245308.83 | 40218.68 | 319781.32 | | -279562.64 |
| | 5 | 57345.58 | 302654.42 | -245308.83 | 40218.68 | 319781.32 | | -279562.64 |
| | 6 | 57345.58 | 302654.42 | -245308.83 | 40218.68 | 319781.32 | | -279562.64 |
| | 7 | 57345.58 | 302654.42 | -245308.83 | 40218.68 | 319781.32 | | -279562.64 |
| | 8 | 97345.58 | 302654.42 | -205308.83 | 80218.68 | 319781.32 | | -239562.64 |
| | 9 | 97345.58 | 302654.42 | -205308.83 | 80218.68 | 319781.32 | | -239562.64 |
| | 10 | 97345.58 | 302654.42 | -205308.83 | 80218.68 | 319781.32 | | -239562.64 |
| | 11 | 97345.58 | 302654.42 | -205308.83 | 80218.68 | 319781.32 | | -239562.64 |
| | 12 | 97345.58 | 302654.42 | -205308.83 | 80218.68 | 319781.32 | | -239562.64 |
| | 13 | 97345.58 | 302654.42 | -205308.83 | 80218.68 | 319781.32 | | -239562.64 |
| | 14 | 97345.58 | 302654.42 | -205308.83 | 80218.68 | 319781.32 | | -239562.64 |
| | 15 | 97345.58 | 302654.42 | -205308.83 | 80218.68 | 319781.32 | | -239562.64 |

TABLA A.1.6 RELACION BENEFICIO COSTO

i = 18

| CONCEPTO | AÑO | TIPO DE SISTEMA DE RIEGO | | | | | | |
|-------------------------------------|-----|--------------------------|-----------|-----------|------------|------------|-----------|------------|
| | | GRAVEDAD TECNIFICADO | | | | | | |
| | | (3) | | | (4) | | | |
| - Valor Presente Neto (con i = 18%) | | F EFECTIVO | F ACTUALI | VPN | F EFECTIVO | F ACTUALI | VPN | |
| | 0 | | -97840.00 | 1.0000000 | -97840.00 | -151800.00 | 1.0000000 | -151800.00 |
| | 1 | 57345.58 | 0.8474576 | 48597.95 | 40218.68 | 0.8474576 | 34083.63 | |
| | 2 | 57345.58 | 0.7181844 | 41184.71 | 40218.68 | 0.7181844 | 28884.43 | |
| | 3 | 57345.58 | 0.6086309 | 34902.29 | 40218.68 | 0.6086309 | 24478.33 | |
| | 4 | 57345.58 | 0.5157889 | 29578.21 | 40218.68 | 0.5157889 | 20744.35 | |
| | 5 | 57345.58 | 0.4371092 | 25066.28 | 40218.68 | 0.4371092 | 17579.96 | |
| | 6 | 57345.58 | 0.3704315 | 21242.61 | 40218.68 | 0.3704315 | 14898.27 | |
| | 7 | 57345.58 | 0.3139250 | 18002.21 | 40218.68 | 0.3139250 | 12625.65 | |
| | 8 | 97345.58 | 0.2660382 | 25897.64 | 80218.68 | 0.2660382 | 21341.23 | |
| | 9 | 97345.58 | 0.2254561 | 21947.15 | 80218.68 | 0.2254561 | 18085.79 | |
| | 10 | 97345.58 | 0.1910645 | 18599.28 | 80218.68 | 0.1910645 | 15326.94 | |
| | 11 | 97345.58 | 0.1619190 | 15762.10 | 80218.68 | 0.1619190 | 12988.93 | |
| | 12 | 97345.58 | 0.1372195 | 13357.71 | 80218.68 | 0.1372195 | 11007.57 | |
| | 13 | 97345.58 | 0.1162877 | 11320.10 | 80218.68 | 0.1162877 | 9328.45 | |
| | 14 | 97345.58 | 0.0985489 | 9593.30 | 80218.68 | 0.0985489 | 7905.46 | |
| | 15 | 97345.58 | 0.0835160 | 8129.92 | 80218.68 | 0.0835160 | 6699.55 | |
| | | | | 245341.49 | | | 104178.53 | |

Se acepta

Se acepta

Se acepta

B/C = 3.51

B/C = 1.69

TABLA A.1.7 CALCULO DE LA TASA INTERNA DE RENDIMIENTO (TIR)

i= 60.00 i= 29.00

| CONCEPTO | AÑO | TIPO DE SISTEMA DE RIEGO | | | | | |
|-----------------------|------------|--------------------------|-----------|------------|------------|-----------|------------|
| | | GRAVEDAD TECNIFICADO | | | | | |
| | | (3) | | | (4) | | |
| | F EFECTIVO | F ACTUALI | VPN | F EFECTIVO | F ACTUALI | VPN | |
| - Valor Presente Neto | 0 | -97840.00 | 1.0000000 | -97840.00 | -151800.00 | 1.0000000 | -151800.00 |
| | 1 | 57345.58 | 0.6250000 | 35840.99 | 40218.68 | 0.7751938 | 31177.27 |
| | 2 | 57345.58 | 0.3906250 | 22400.62 | 40218.68 | 0.6009254 | 24168.43 |
| | 3 | 57345.58 | 0.2441406 | 14000.39 | 40218.68 | 0.4658337 | 18735.22 |
| | 4 | 57345.58 | 0.1525879 | 8750.24 | 40218.68 | 0.3611114 | 14523.42 |
| | 5 | 57345.58 | 0.0953674 | 5468.90 | 40218.68 | 0.2799313 | 11258.47 |
| | 6 | 57345.58 | 0.0596046 | 3418.06 | 40218.68 | 0.2170010 | 8727.49 |
| | 7 | 57345.58 | 0.0372529 | 2136.29 | 40218.68 | 0.1682178 | 6765.50 |
| | 8 | 97345.58 | 0.0232831 | 2266.50 | 80218.68 | 0.1304014 | 10460.63 |
| | 9 | 97345.58 | 0.0145519 | 1416.56 | 80218.68 | 0.1010864 | 8109.02 |
| | 10 | 97345.58 | 0.0090949 | 885.35 | 80218.68 | 0.0783615 | 6286.06 |
| | 11 | 97345.58 | 0.0056843 | 553.35 | 80218.68 | 0.0607454 | 4872.91 |
| | 12 | 97345.58 | 0.0035527 | 345.84 | 80218.68 | 0.0470894 | 3777.45 |
| | 13 | 97345.58 | 0.0022204 | 216.15 | 80218.68 | 0.0365034 | 2928.26 |
| | 14 | 97345.58 | 0.0013878 | 135.09 | 80218.68 | 0.0282972 | 2269.97 |
| | 15 | 97345.58 | 0.0008674 | 84.43 | 80218.68 | 0.0219358 | 1759.66 |
| | | | | 78.78 | | | 4019.75 |

i= 61.00 i= 30.00

| CONCEPTO | AÑO | TIPO DE SISTEMA DE RIEGO | | | | | |
|-----------------------|------------|--------------------------|-----------|------------|------------|-----------|------------|
| | | GRAVEDAD TECNIFICADO | | | | | |
| | | (3) | | | (4) | | |
| | F EFECTIVO | F ACTUALI | VPN | F EFECTIVO | F ACTUALI | VPN | |
| - Valor Presente Neto | 0 | -97840.00 | 1.0000000 | -97840.00 | -151800.00 | 1.0000000 | -151800.00 |
| | 1 | 57345.58 | 0.6211180 | 35618.38 | 40218.68 | 0.7692308 | 30937.45 |
| | 2 | 57345.58 | 0.3857876 | 22123.21 | 40218.68 | 0.5917160 | 23798.04 |
| | 3 | 57345.58 | 0.2396196 | 13741.13 | 40218.68 | 0.4551661 | 18306.18 |
| | 4 | 57345.58 | 0.1488321 | 8534.86 | 40218.68 | 0.3501278 | 14081.68 |
| | 5 | 57345.58 | 0.0924423 | 5301.16 | 40218.68 | 0.2693291 | 10832.06 |
| | 6 | 57345.58 | 0.0574178 | 3292.64 | 40218.68 | 0.2071762 | 8332.35 |
| | 7 | 57345.58 | 0.0356631 | 2045.12 | 40218.68 | 0.1593663 | 6409.50 |
| | 8 | 97345.58 | 0.0221510 | 2156.30 | 80218.68 | 0.1225895 | 9833.97 |
| | 9 | 97345.58 | 0.0137584 | 1339.32 | 80218.68 | 0.0942996 | 7564.59 |
| | 10 | 97345.58 | 0.0085456 | 831.87 | 80218.68 | 0.0725382 | 5818.91 |
| | 11 | 97345.58 | 0.0053078 | 516.69 | 80218.68 | 0.0557986 | 4476.09 |
| | 12 | 97345.58 | 0.0032968 | 320.93 | 80218.68 | 0.0429220 | 3443.14 |
| | 13 | 97345.58 | 0.0020477 | 199.33 | 80218.68 | 0.0330169 | 2648.57 |
| | 14 | 97345.58 | 0.0012719 | 123.81 | 80218.68 | 0.0253976 | 2037.36 |
| | 15 | 97345.58 | 0.0007900 | 76.90 | 80218.68 | 0.0195366 | 1567.20 |
| | | | | -1618.35 | | | -1712.90 |

TIR = 60.05

Se acepta

TIR = 30.74

Se acepta

TABLA A.2.1 INFORMACION GENERAL DEL CULTIVO DEL FRIJOL

| No. | CONCEPTO | DENOMINACION | UNIDAD | FORMULA | TIPO DE SISTEMA DE RIEGO | | | | |
|-----|------------------------------------|--------------|-----------|----------------------------------|--------------------------|--------------|------------------|----------------------|----------------------|
| | | | | | GRAV. (1) | GRAVEDAD (2) | TECNIFICADO* (3) | ASPERSION PIVOTE (4) | ASPERSION PIVOTE (5) |
| 1 | Rendimiento esperado por ha regada | le | ton/ha | | 1.2 | 1.2 | 2.5 | 2.5 | 2.7 |
| 2 | Valor del cultivo por unidad | Vc | NS/ton | | 1700 | 1700 | 1700 | 1700 | 1700 |
| 3 | Evapotranspiración | UC | cm | | 52 | 52 | 52 | 52 | 52 |
| 4 | Duración del Ciclo | Dc | días | | 360 | 360 | 360 | 360 | 360 |
| 5 | Eficiencia de aplicación | | % | | 60 | 60 | 75 | 80 | 85 |
| 6 | No. de horas operadas por año | Nh | horas/año | $S*10000*UC/100/(Q/1000)/3600$ | 0 | 0 | 0 | 0 | 1252 |
| 7 | Superficie regada | S | ha | | 65 | 65 | 65 | 65 | 65 |
| 8 | Costo de los insumos | Cp | NS/ha | | 1500 | 1500 | 2000 | 2000 | 2000 |
| 9 | Gasto necesario para regar | Q | lps | | 0 | 0 | 0 | 0 | 75 |
| 10 | Altura de bombeo | H | m | | | | | | 25 |
| 11 | Potencia Requerida | P | HP | $Q*H/(76*7)$ | 0 | 0 | 0 | 0 | 35 |
| 12 | Tipo de energía | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | diesel |
| 13 | Costo por U. Combustible | CC | NS | | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 14 | BHP-Horas por U. Combustión | | BHP-Hora | $P*(S*10000*UC/100)/Q/1000/3600$ | 0 | 0 | 0 | 0 | 44120.72 |
| 15 | Costo Mano de Obra por hectárea | Mo | NS/ha | | 120 | 120 | 120 | 120 | 50 |
| 16 | Vida Util | | años | | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 |
| 17 | Tasa de Interés | | % | | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 |
| 18 | Costo de Sistema de Riego | | NS | | 0 | 132990 | 158990 | 246675 | 353600 |
| 19 | Factor de Costo | FC | | tabla 5.3 | 0.021 | 0.021 | 0.021 | 0.021 | 0.021 |
| 20 | Factor de Seguro | FS | % | | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 21 | Costo del agua | Cag | NS/ha | | 170 | 170 | 170 | 170 | 170 |

- (1) Gravedad sin tecnificar
 (2) Revestimiento de regaderas
 (3) Revestimiento de regaderas y nivelación
 (4) Tuberías de compuertas y nivelación

TABLA A.2.2 EN CASO DE FINANCIAMIENTO

| No. | CONCEPTO | UNIDAD | FORMULA | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
|-----|-----------------------------------|--------|---------|-----------|--------|--------|--------|--------|
| 1 | Tasa de interés del préstamo | TC | % | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 |
| 2 | Duración del préstamo | | años | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 |
| 3 | Factor de Costo de Financiamiento | FCF | | tabla 5.4 | 0.1964 | 0.1964 | 0.1964 | 0.1964 |

TABLA A.2.3 CALCULO DE COSTOS DEL CULTIVO DEL FRUJOL

| CONCEPTO | DENOMINACION | UNIDAD | FORMULA | TIPO DE SISTEMA DE RIEGO | | | | |
|---------------------------------------|--------------|--------|--------------------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------|-----------|----------------------|
| | | | | GRAVEDAD (1) | GRAVEDAD TECNIFICADO (2) | (3) | (4) | ASPERSION PIVOTE (5) |
| COSTO DE SISTEMA | A | N\$ | | 0.00 | 132990.00 | 158990.00 | 246875 | 353600.00 |
| COSTO DE DEPRECIACION | D | N\$/ha | $(A \cdot FC + A \cdot FS) / S$ | 0.00 | 145.27 | 173.67 | 269.45 | 398.24 |
| - Costo de Energía | Ce | N\$/ha | $(BHP \cdot h) \cdot M \cdot CC / S$ | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 169.70 |
| - Reparación y Mantenimiento | Rm | N\$/ha | $(A) \cdot 0.05 / S$ | 0.00 | 102.30 | 122.30 | 189.75 | 272.00 |
| - Mano de Obra | Mo | N\$/ha | | 120.00 | 120.00 | 120.00 | 120.00 | 50.00 |
| COSTO DE OPERACION ANUAL | C | N\$/ha | $Ce + Rm + Mo$ | 120.00 | 222.30 | 242.30 | 309.75 | 491.70 |
| FINANCIAMIENTO | | | | | | | | |
| - Costo Anual de Financiamiento | Cf | N\$/ha | $(FCF \cdot A) / S$ | 0.00 | 401.83 | 480.39 | 745.34 | 1068.42 |
| RECUPERACION DE LA INVERSION | | | | | | | | |
| - Incremento de Producción | Ip | N\$/ha | $le \cdot Vc$ | 2040.00 | 2040.00 | 4250.00 | 4250.00 | 4590.00 |
| - Costo Anual por ha | Ce | N\$/ha | $D + C + Cag + Cf + Cp$ | 1790.00 | 2439.40 | 3066.36 | 3494.53 | 4116.35 |
| - Costo Anual total | Cat | N\$ | $(D + C + Cag + Cf + Cp) \cdot S$ | 116350.00 | 156561.03 | 199313.43 | 227144.65 | 267562.62 |
| - Beneficio Adicional | Ba | N\$/ha | $Ip - Ca$ | 250.00 | -399.40 | 1183.64 | 755.47 | 473.65 |
| PARAMETROS DE DECISION | | | | | | | | |
| - Tasa de Rendimiento | i | | $(Ba / (A \cdot S)) \cdot 100$ | | -19.52 | 48.35 | 19.81 | 8.71 |
| - Inflación Anual | ia | % | | | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 10.00 |
| Tasa de Rendimiento > Inflación Anual | | | | No | | Si | | Si |

TABLA A 2 4 PROYECCION DE LA EVALUACION

| CONCEPTO | UNIDAD | FORMULA | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
|--|--------|---------|--|-------|--------|--------|--------|
| Periodo total de evaluación | años | | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 |
| Tasa mínima | % | | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 |
| Periodo 1-7 años | | | | | | | |
| Valor de la producción (valor del cultivo) | Vp | N\$/ton | Vc | 1700 | 1700 | 1700 | 1700 |
| Costo de los insumos | Cp | N\$/ha | | 1500 | 1500 | 2000 | 2000 |
| Valor total de la producción | Vtp | N\$/ha | $le \cdot Vc$ | 2040 | 2040 | 4250 | 4250 |
| Costo total de la producción | CTp | N\$/ha | $D + C + Cag + Cf + Cp$ | 1790 | 2439 | 3066 | 3495 |
| Ingreso neto por hectárea | In/ha | N\$/ha | $Vtp - CTp$ | 250 | -399 | 1184 | 755 |
| Ingreso neto | In | N\$ | $In \cdot S$ | 16250 | -25961 | 76937 | 49105 |
| Incremento debido a la inversión | | N\$/ha | $In/ha \text{ sist.} - In/ha \text{ gravedad}$ | 0 | -649 | 934 | 505 |
| Periodo 8-15 años | | | | | | | |
| Rendimiento esperado por ha regada (Ie) | Ie2 | ton/ha | $le + 0.5$ | 1.7 | 1.7 | 3 | 3 |
| Valor de la producción (valor del cultivo) | Vp | N\$/ton | Vc | 1700 | 1700 | 1700 | 1700 |
| Costo de los insumos | Cp | N\$/ha | | 1500 | 1500 | 2000 | 2000 |
| Valor total de la producción | Vtp | N\$/ha | $le2 \cdot Vc$ | 2890 | 2890 | 5100 | 5100 |
| Costo total de la producción | CTp | N\$/ha | $D + C + Cag + Cf + Cp$ | 1790 | 2439 | 3066 | 3495 |
| Ingreso neto por hectárea | In/ha | N\$/ha | $Vtp - CTp$ | 1100 | 451 | 2034 | 1605 |
| Ingreso neto | In | N\$ | $In \cdot S$ | 71500 | 29289 | 132187 | 104355 |
| Incremento debido a la inversión | | N\$/ha | $In/ha \text{ sist.} - In/ha \text{ gravedad}$ | 0 | -649 | 934 | 505 |

(1) Gravedad sin tecnificar

(2) Revestimiento de regaderas

(3) Revestimiento de regaderas y nivelación

(4) Compuertas y nivelación

(5) Aspersión pivote

TABLA A 2.5 BALANCE DE INGRESOS Y EGRESOS DEL CULTIVO DEL FRIJOL

| CONCEPTO | AÑO | TIPO DE SISTEMA DE RIEGO | | | | | | | | |
|-------------------------|--------|--------------------------|-----------|------------|------------|-----------|------------|----------------------|-----------|------------|
| | | GRAVEDAD TECNIFICADO | | | | | | ASPERSION PIVOTE (5) | | |
| | | (3) | | | (4) | | | INGRESO | EGRESO | F EFECTIVO |
| INGRESO | EGRESO | F EFECTIVO | INGRESO | EGRESO | F EFECTIVO | | | | | |
| - Balance de Ingresos y | 0 | | 158990.00 | -158990.00 | | 246675.00 | -246675.00 | | 353600.00 | -353600.00 |
| | 1 | 76936.57 | 199313.43 | -122376.85 | 49105.36 | 227144.65 | -178039.29 | 30787.18 | 267562.82 | -236775.64 |
| | 2 | 76936.57 | 199313.43 | -122376.85 | 49105.36 | 227144.65 | -178039.29 | 30787.18 | 267562.82 | -236775.64 |
| | 3 | 76936.57 | 199313.43 | -122376.85 | 49105.36 | 227144.65 | -178039.29 | 30787.18 | 267562.82 | -236775.64 |
| | 4 | 76936.57 | 199313.43 | -122376.85 | 49105.36 | 227144.65 | -178039.29 | 30787.18 | 267562.82 | -236775.64 |
| | 5 | 76936.57 | 199313.43 | -122376.85 | 49105.36 | 227144.65 | -178039.29 | 30787.18 | 267562.82 | -236775.64 |
| | 6 | 76936.57 | 199313.43 | -122376.85 | 49105.36 | 227144.65 | -178039.29 | 30787.18 | 267562.82 | -236775.64 |
| | 7 | 76936.57 | 199313.43 | -122376.85 | 49105.36 | 227144.65 | -178039.29 | 30787.18 | 267562.82 | -236775.64 |
| | 8 | 132186.57 | 199313.43 | -67126.85 | 104355.36 | 227144.65 | -122789.29 | 141287.18 | 267562.82 | -126275.64 |
| | 9 | 132186.57 | 199313.43 | -67126.85 | 104355.36 | 227144.65 | -122789.29 | 141287.18 | 267562.82 | -126275.64 |
| | 10 | 132186.57 | 199313.43 | -67126.85 | 104355.36 | 227144.65 | -122789.29 | 141287.18 | 267562.82 | -126275.64 |
| | 11 | 132186.57 | 199313.43 | -67126.85 | 104355.36 | 227144.65 | -122789.29 | 141287.18 | 267562.82 | -126275.64 |
| | 12 | 132186.57 | 199313.43 | -67126.85 | 104355.36 | 227144.65 | -122789.29 | 141287.18 | 267562.82 | -126275.64 |
| | 13 | 132186.57 | 199313.43 | -67126.85 | 104355.36 | 227144.65 | -122789.29 | 141287.18 | 267562.82 | -126275.64 |
| | 14 | 132186.57 | 199313.43 | -67126.85 | 104355.36 | 227144.65 | -122789.29 | 141287.18 | 267562.82 | -126275.64 |
| | 15 | 132186.57 | 199313.43 | -67126.85 | 104355.36 | 227144.65 | -122789.29 | 141287.18 | 267562.82 | -126275.64 |

TABLA A 2.6 RELACION BENEFICIO COSTO

| CONCEPTO | AÑO | TIPO DE SISTEMA DE RIEGO | | | | | | | | |
|-----------------------|-----------|--------------------------|------------|------------|------------|-----------|------------|----------------------|-----------|------------|
| | | GRAVEDAD TECNIFICADO | | | | | | ASPERSION PIVOTE (5) | | |
| | | (3) | | | (4) | | | F EFECTIVO | F ACTUALI | VPN |
| F EFECTIVO | F ACTUALI | VPN | F EFECTIVO | F ACTUALI | VPN | | | | | |
| - Valor Presente Neto | 0 | -158990.00 | 1.0000000 | -158990.00 | -246675.00 | 1.0000000 | -246675.00 | -353600.00 | 1.0000000 | -353600.00 |
| (con i = 18%) | 1 | 76936.57 | 0.8474576 | 65209.49 | 49105.36 | 0.8474576 | 41614.71 | 30787.18 | 0.8474576 | 26900.83 |
| | 2 | 76936.57 | 0.7181844 | 55254.65 | 49105.36 | 0.7181844 | 35266.70 | 30787.18 | 0.7181844 | 22110.87 |
| | 3 | 76936.57 | 0.6086309 | 45825.27 | 49105.36 | 0.6086309 | 29887.04 | 30787.18 | 0.6086309 | 18738.03 |
| | 4 | 76936.57 | 0.5157889 | 39583.03 | 49105.36 | 0.5157889 | 25328.00 | 30787.18 | 0.5157889 | 15870.69 |
| | 5 | 76936.57 | 0.4371092 | 33699.69 | 49105.36 | 0.4371092 | 21464.40 | 30787.18 | 0.4371092 | 13457.36 |
| | 6 | 76936.57 | 0.3704315 | 28499.73 | 49105.36 | 0.3704315 | 18190.17 | 30787.18 | 0.3704315 | 11404.54 |
| | 7 | 76936.57 | 0.3139250 | 24152.32 | 49105.36 | 0.3139250 | 15415.40 | 30787.18 | 0.3139250 | 9684.87 |
| | 8 | 132186.57 | 0.2660382 | 35166.67 | 104355.36 | 0.2660382 | 27762.51 | 141287.18 | 0.2660382 | 37587.78 |
| | 9 | 132186.57 | 0.2254561 | 29802.27 | 104355.36 | 0.2254561 | 23527.55 | 141287.18 | 0.2254561 | 31854.05 |
| | 10 | 132186.57 | 0.1910645 | 25256.16 | 104355.36 | 0.1910645 | 19936.60 | 141287.18 | 0.1910645 | 26994.06 |
| | 11 | 132186.57 | 0.1619190 | 21403.52 | 104355.36 | 0.1619190 | 16897.12 | 141287.18 | 0.1619190 | 22877.08 |
| | 12 | 132186.57 | 0.1372195 | 18139.58 | 104355.36 | 0.1372195 | 14319.59 | 141287.18 | 0.1372195 | 19327.36 |
| | 13 | 132186.57 | 0.1162877 | 15371.68 | 104355.36 | 0.1162877 | 12135.25 | 141287.18 | 0.1162877 | 16429.97 |
| | 14 | 132186.57 | 0.0985489 | 13026.84 | 104355.36 | 0.0985489 | 10264.11 | 141287.18 | 0.0985489 | 13923.70 |
| | 15 | 132186.57 | 0.0835160 | 11039.70 | 104355.36 | 0.0835160 | 8715.35 | 141287.18 | 0.0835160 | 11709.75 |
| | | | | 303461.29 | | | 74071.48 | | | -55399.16 |

Se acepta

B/C= 2.91

Se acepta

B/C= 1.30

Se acepta

Se acepta

B/C= 0.84

TABLA A.2.7 CALCULO DE LA TASA INTERNA DE RENDIMIENTO (TIR)

| | | i = 50.00 | | i = 23.00 | | i = 15.00 | | | | |
|-----------------------|------------|--------------------------|-----------|------------|----------------------|-----------|------------|------------|-----------|------------|
| CONCEPTO | AÑO | TIPO DE SISTEMA DE RIEGO | | | | | | | | |
| | | GRAVEDAD TECNIFICADO | | | ASPERSIÓN PIVOTE (5) | | | | | |
| | | (3) | | | (4) | | | | | |
| | F EFECTIVO | F ACTUALI | VPN | F EFECTIVO | F ACTUALI | VPN | F EFECTIVO | F ACTUALI | VPN | |
| - Valor Presente Neto | 0 | -158990.00 | 1.0000000 | -158990.00 | -246675.00 | 1.0000000 | -246675.00 | -353600.00 | 1.0000000 | -353600.00 |
| | 1 | 76936.57 | 0.6666667 | 51291.05 | 49105.36 | 0.8130081 | 39923.05 | 30787.18 | 0.8695652 | 26771.48 |
| | 2 | 76936.57 | 0.4444444 | 34194.03 | 49105.36 | 0.6609822 | 32457.77 | 30787.18 | 0.7561437 | 23279.53 |
| | 3 | 76936.57 | 0.2962963 | 22796.02 | 49105.36 | 0.5373839 | 26308.43 | 30787.18 | 0.6575162 | 20243.07 |
| | 4 | 76936.57 | 0.1975309 | 15197.35 | 49105.36 | 0.4368975 | 21454.01 | 30787.18 | 0.5717532 | 17602.67 |
| | 5 | 76936.57 | 0.1316872 | 10121.57 | 49105.36 | 0.3552012 | 17442.26 | 30787.18 | 0.4971767 | 15306.67 |
| | 6 | 76936.57 | 0.0877915 | 6754.38 | 49105.36 | 0.2887815 | 14180.72 | 30787.18 | 0.4323276 | 13310.15 |
| | 7 | 76936.57 | 0.0585277 | 4502.92 | 49105.36 | 0.2347871 | 11529.04 | 30787.18 | 0.3759370 | 11574.04 |
| | 8 | 132186.57 | 0.0390184 | 5157.71 | 104355.36 | 0.1908794 | 18919.29 | 141287.18 | 0.3269018 | 46187.03 |
| | 9 | 132186.57 | 0.0260123 | 3438.48 | 104355.36 | 0.1551665 | 16194.54 | 141287.18 | 0.2842624 | 40162.63 |
| | 10 | 132186.57 | 0.0173415 | 2292.32 | 104355.36 | 0.1261679 | 13186.30 | 141287.18 | 0.2471847 | 34924.03 |
| | 11 | 132186.57 | 0.0115610 | 1528.21 | 104355.36 | 0.1025755 | 10704.31 | 141287.18 | 0.2149432 | 30368.72 |
| | 12 | 132186.57 | 0.0077073 | 1018.81 | 104355.36 | 0.0833947 | 8702.69 | 141287.18 | 0.1869072 | 26407.58 |
| | 13 | 132186.57 | 0.0051382 | 679.21 | 104355.36 | 0.0678006 | 7075.36 | 141287.18 | 0.1625280 | 22963.12 |
| | 14 | 132186.57 | 0.0034255 | 452.80 | 104355.36 | 0.0551224 | 5752.32 | 141287.18 | 0.1413287 | 19967.93 |
| | 15 | 132186.57 | 0.0022837 | 301.87 | 104355.36 | 0.0448150 | 4676.68 | 141287.18 | 0.1228945 | 17363.42 |
| | | | | 746.72 | | | | | 2891.79 | 12832.05 |

| | | i = 51.00 | | i = 24.00 | | i = 16.00 | | | | |
|-----------------------|------------|--------------------------|-----------|------------|----------------------|-----------|------------|------------|-----------|------------|
| CONCEPTO | AÑO | TIPO DE SISTEMA DE RIEGO | | | | | | | | |
| | | GRAVEDAD TECNIFICADO | | | ASPERSIÓN PIVOTE (5) | | | | | |
| | | (3) | | | (4) | | | | | |
| | F EFECTIVO | F ACTUALI | VPN | F EFECTIVO | F ACTUALI | VPN | F EFECTIVO | F ACTUALI | VPN | |
| - Valor Presente Neto | 0 | -158990.00 | 1.0000000 | -158990.00 | -246675.00 | 1.0000000 | -246675.00 | -353600.00 | 1.0000000 | -353600.00 |
| | 1 | 76936.57 | 0.6622517 | 50951.37 | 49105.36 | 0.8064516 | 30601.09 | 30787.18 | 0.8620690 | 26540.67 |
| | 2 | 76936.57 | 0.4385773 | 33742.63 | 49105.36 | 0.6503642 | 31936.37 | 30787.18 | 0.7431629 | 22879.89 |
| | 3 | 76936.57 | 0.2904485 | 22346.11 | 49105.36 | 0.5244873 | 25755.13 | 30787.18 | 0.6406577 | 19724.04 |
| | 4 | 76936.57 | 0.1923500 | 14798.75 | 49105.36 | 0.4229736 | 20770.27 | 30787.18 | 0.5522911 | 17003.49 |
| | 5 | 76936.57 | 0.1273841 | 9800.50 | 49105.36 | 0.3411077 | 16750.22 | 30787.18 | 0.4761130 | 14658.18 |
| | 6 | 76936.57 | 0.0843603 | 6490.40 | 49105.36 | 0.2750689 | 13508.24 | 30787.18 | 0.4104423 | 12636.36 |
| | 7 | 76936.57 | 0.0558078 | 4298.28 | 49105.36 | 0.2218443 | 10893.74 | 30787.18 | 0.3538295 | 10893.41 |
| | 8 | 132186.57 | 0.0369985 | 4890.71 | 104355.36 | 0.1789067 | 18669.87 | 141287.18 | 0.3050255 | 43396.19 |
| | 9 | 132186.57 | 0.0245023 | 3238.88 | 104355.36 | 0.1442796 | 15056.35 | 141287.18 | 0.2629530 | 37151.69 |
| | 10 | 132186.57 | 0.0162267 | 2144.95 | 104355.36 | 0.1163545 | 12142.21 | 141287.18 | 0.2266836 | 32027.49 |
| | 11 | 132186.57 | 0.0107482 | 1420.50 | 104355.36 | 0.0938343 | 9792.11 | 141287.18 | 0.1954169 | 27609.90 |
| | 12 | 132186.57 | 0.0071167 | 940.73 | 104355.36 | 0.0756728 | 7896.86 | 141287.18 | 0.1684828 | 23801.64 |
| | 13 | 132186.57 | 0.0047130 | 623.00 | 104355.36 | 0.0610264 | 6368.44 | 141287.18 | 0.1452266 | 20516.68 |
| | 14 | 132186.57 | 0.0031212 | 412.58 | 104355.36 | 0.0492149 | 5135.84 | 141287.18 | 0.1251953 | 17688.50 |
| | 15 | 132186.57 | 0.0020670 | 273.23 | 104355.36 | 0.0396894 | 4141.80 | 141287.18 | 0.1079270 | 15248.70 |
| | | | | -2617.38 | | | -6256.47 | | | -12121.00 |

TIR = 50.40

Se acepta

TIR = 23.54

Se acepta

TIR = 33.05

Se acepta

TABLA A.3.1 INFORMACION GENERAL DEL CULTIVO DEL MAIZ

| No. | CONCEPTO | DENO- MINA- CION | UNIDAD | FORMULA | TIPO DE SISTEMA DE RIEGO | | | | |
|-----|------------------------------------|------------------------|-----------|---|--------------------------|---------------------|--------|--------|-------------------------|
| | | | | | GRAV. (1) | GRAVEDAD TECNIFICAD | | | ASPERSION PIVOTE (5) |
| | | | | | | (2) | (3) | (4) | |
| 1 | Rendimiento esperado por ha regada | le | ton/ha | | 1.8 | 1.8 | 5.5 | 5.5 | 8 |
| 2 | Valor del cultivo por unidad | Vc | NS/ton | | 600 | 600 | 600 | 600 | 600 |
| 3 | Evapotranspiración | UC | cm | | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 |
| 4 | Duración del Ciclo | Dc | días | | 360 | 360 | 360 | 360 | 360 |
| 5 | Eficiencia de aplicación | | % | | 60 | 60 | 70 | 70 | 85 |
| 6 | No. de horas operados por año | Nh | horas/año | $S \cdot 10000 \cdot UC / 100 / (Q / 1000) / 3600$ | 0 | 0 | 0 | 0 | 1469 |
| 7 | Superficie regada | S | ha | | 65 | 65 | 65 | 65 | 65 |
| 8 | Costo de los insumos | Cp | NS/ha | | 600 | 600 | 1000 | 1000 | 1000 |
| 9 | Gasto necesario para regar | Q | lps | | 0 | 0 | 0 | 0 | 75 |
| 10 | Altura de bombeo | H | m | | | | | | 25 |
| 11 | Potencia Requerida | P | HP | $Q \cdot H / (76 \cdot \eta)$ | 0 | 0 | 0 | 0 | 35 |
| 12 | Tipo de energía | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | diesel |
| 13 | Costo por U. Combustible | CC | NS | | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 14 | BHP-Horas por U. Combustión | | BHP-Hora | $P \cdot (S \cdot 10000 \cdot UC / 100) / Q / 1000 / 360$ | 0 | 0 | 0 | 0 | 51757.00 |
| 15 | Costo Mano de Obra por hectárea | Mo | NS/ha | | 120 | 120 | 120 | 120 | 50 |
| 16 | Vida Útil | | años | | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 |
| 17 | Tasa de Interés | | % | | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 |
| 18 | Costo de Sistema de Riego | | NS | | 0 | 132990 | 158990 | 246675 | 353600 |
| 19 | Factor de Costo | FC | | tabla 5.3 | 0.021 | 0.021 | 0.021 | 0.021 | 0.021 |
| 20 | Factor de Seguro | FS | % | | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 21 | Costo del agua | Cag | NS/ha | | 170 | 170 | 170 | 170 | 170 |

(1) Gravedad sin tecnificar

(2) Revestimiento con regaderas y nivelación

(3) Revestimiento de regaderas

(4) Tuberías de compuertas y nivelación

TABLA A.3.2 EN CASO DE FINANCIAMIENTO

| No. | CONCEPTO | | UNIDAD | FORMULA | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
|-----|-----------------------------------|-----|--------|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1 | Tasa de interés del préstamo | TC | % | | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 |
| 2 | Duración del préstamo | | años | | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 |
| 3 | Factor de Costo de Financiamiento | FCF | | tabla 5.4 | 0.1964 | 0.1964 | 0.1964 | 0.1964 | 0.1964 |

TABLA A.3.3 CALCULO DE COSTOS DEL CULTIVO DEL MAIZ

| CONCEPTO | DENOMINACION | UNIDAD | FORMULA | TIPO DE SISTEMA DE RIEGO | | | | |
|---------------------------------------|--------------|--------|---------------------------|--------------------------|----------------------|-----------|-----------|----------------------|
| | | | | GRAVEDAD (1) | GRAVEDAD TECNIFICADO | | | ASPERSION PIVOTE (5) |
| COSTO DE SISTEMA | A | N\$ | | 0.00 | 132990.00 | 158990.00 | 246675 | 353800.00 |
| COSTO DE DEPRECIACION | D | N\$/ha | $(A*FC+A*FS)/S$ | 0.00 | 145.27 | 173.67 | 269.45 | 386.24 |
| - Costo de Energía | Ce | N\$/ha | $(BHP-hr)/4*CC/S$ | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 199.07 |
| - Reparación y Mantenimiento | Rm | N\$/ha | $(A)*0.05/S$ | 0.00 | 102.30 | 122.30 | 189.75 | 272.00 |
| - Mano de Obra | Mo | N\$/ha | | 120.00 | 120.00 | 120.00 | 120.00 | 50.90 |
| COSTO DE OPERACION ANUAL | C | N\$/ha | $Ce+Rm+Mo$ | 120.00 | 222.30 | 242.30 | 309.75 | 521.07 |
| FINANCIAMIENTO | | | | | | | | |
| - Costo Anual de financiamiento | Cf | N\$/ha | $(FCF*A)/S$ | 0.00 | 401.83 | 480.39 | 745.34 | 1068.42 |
| RECUPERACION DE LA INVERSION | | | | | | | | |
| - Incremento de Producción | Ip | N\$/ha | $le*Vc$ | 1080.00 | 1080.00 | 3300.00 | 3300.00 | 4800.00 |
| - Costo Anual por ha | Ca | N\$/ha | $D+C+Cag+Cf+Cb$ | 890.00 | 1539.40 | 2066.36 | 2494.53 | 3145.72 |
| - Costo Anual total | Cat | N\$ | $(D+C+Cag+Cf+Cb)*No.ha.s$ | 57850.00 | 100061.03 | 134313.43 | 182144.65 | 204471.89 |
| - Beneficio Adicional | Ba | N\$/ha | $Ip-Ca$ | 190.00 | -459.40 | 1233.64 | 805.47 | 1654.28 |
| PARAMETROS DE DECISION | | | | | | | | |
| - Tasa de Rendimiento | i | | $Ba/(A/S)*100$ | | -22.45 | 50.43 | 21.22 | 30.41 |
| - Inflación Anual | la | % | | | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 10.00 |
| Tasa de Rendimiento > Inflación Anual | | | | | No | Si | Si | Si |

TABLA A.3.4 PROYECCION DE LA EVALUACION

| CONCEPTO | UNIDAD | FORMULA | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
|--|--------------|----------------------------------|-------|--------|-------|-------|--------|
| Periodo total de evaluación | años | | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 |
| Tasa mínima | % | | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 |
| Periodo 1-7 años | | | | | | | |
| Valor de la producción (valor del cultivo) | Vp N\$/ton | Vc | 600 | 600 | 600 | 600 | 600 |
| Costo de los insumos | Cp N\$/ha | | 600 | 600 | 1000 | 1000 | 1000 |
| Valor total de la producción | Vtp N\$/ha | $le*Vc$ | 1080 | 1080 | 3300 | 3300 | 4800 |
| Costo total de la producción | CTp N\$/ha | $D+C+Cag+Cf+Cb$ | 890 | 1539 | 2066 | 2495 | 3146 |
| Ingreso neto por hectárea | In/ha N\$/ha | $Vtp-CTp$ | 190 | -459 | 1234 | 805 | 1654 |
| Ingreso neto | In N\$ | $In*S$ | 12350 | -29861 | 80187 | 52355 | 107528 |
| Incremento debido a la inversión | N\$/ha | $In/ha\ sist. - In/ha\ gravedad$ | 0 | -649 | 1044 | 615 | 1464 |
| Periodo 8-15 años | | | | | | | |
| Rendimiento esperado por ha regada (te) | le2 ton/ha | $le + 0.5$ | 2.3 | 2.3 | 6 | 6 | 9 |
| Valor de la producción (valor del cultivo) | Vp N\$/ton | Vc | 600 | 600 | 600 | 600 | 600 |
| Costo de los insumos | Cp N\$/ha | | 600 | 600 | 1000 | 1000 | 1000 |
| Valor total de la producción | Vtp N\$/ha | $le2*Vc$ | 1380 | 1380 | 3600 | 3600 | 5400 |
| Costo total de la producción | CTp N\$/ha | $D+C+Cag+Cf+Cb$ | 890 | 1539 | 2066 | 2495 | 3146 |
| Ingreso neto por hectárea | In/ha N\$/ha | $Vtp-CTp$ | 490 | -159 | 1534 | 1105 | 2254 |
| Ingreso neto | In N\$ | $In*S$ | 31850 | -10361 | 99687 | 71855 | 148528 |
| Incremento debido a la inversión | N\$/ha | $In/ha\ sist. - In/ha\ gravedad$ | 0 | -649 | 1044 | 615 | 1764 |

(1) Gravedad sin tecnificar

(2) Revestimiento de regaderas

(3) Revestimiento de regaderas y nivelación

(4) Tuberías de compuertas y nivelación

(5) Aspersión pivote

TABLA A.3.5 BALANCE DE INGRESOS Y EGRESOS

| CONCEPTO | AÑO | TIPO DE SISTEMA DE RIEGO | | | | | | | | |
|-----------------------------|---------|--------------------------|------------|------------|----------|------------|------------|----------------------|------------|------------|
| | | GRAVEDAD TECNIFICADO | | | | | | ASPERSION PIVOTE (5) | | |
| | | (3) | | | (4) | | | INGRESO | EGRESO | F EFECTIVO |
| PROYECCION DE LA EVALUACION | INGRESO | EGRESO | F EFECTIVO | INGRESO | EGRESO | F EFECTIVO | INGRESO | EGRESO | F EFECTIVO | |
| - Balance de Ingreso | 0 | | 158990.00 | -158990.00 | | 246675.00 | -246675.00 | | 353600.00 | -353600.00 |
| | 1 | 80186.57 | 134313.43 | -54126.85 | 52355.36 | 162144.65 | -109789.29 | 107528.11 | 204471.89 | -86943.78 |
| | 2 | 80186.57 | 134313.43 | -54126.85 | 52355.36 | 162144.65 | -109789.29 | 107528.11 | 204471.89 | -86943.78 |
| | 3 | 80186.57 | 134313.43 | -54126.85 | 52355.36 | 162144.65 | -109789.29 | 107528.11 | 204471.89 | -86943.78 |
| | 4 | 80186.57 | 134313.43 | -54126.85 | 52355.36 | 162144.65 | -109789.29 | 107528.11 | 204471.89 | -86943.78 |
| | 5 | 80186.57 | 134313.43 | -54126.85 | 52355.36 | 162144.65 | -109789.29 | 107528.11 | 204471.89 | -86943.78 |
| | 6 | 80186.57 | 134313.43 | -54126.85 | 52355.36 | 162144.65 | -109789.29 | 107528.11 | 204471.89 | -86943.78 |
| | 7 | 80186.57 | 134313.43 | -54126.85 | 52355.36 | 162144.65 | -109789.29 | 107528.11 | 204471.89 | -86943.78 |
| | 8 | 99686.57 | 134313.43 | -34626.85 | 71855.36 | 162144.65 | -90289.29 | 146528.11 | 204471.89 | -57943.78 |
| | 9 | 99686.57 | 134313.43 | -34626.85 | 71855.36 | 162144.65 | -90289.29 | 146528.11 | 204471.89 | -57943.78 |
| | 10 | 99686.57 | 134313.43 | -34626.85 | 71855.36 | 162144.65 | -90289.29 | 146528.11 | 204471.89 | -57943.78 |
| | 11 | 99686.57 | 134313.43 | -34626.85 | 71855.36 | 162144.65 | -90289.29 | 146528.11 | 204471.89 | -57943.78 |
| | 12 | 99686.57 | 134313.43 | -34626.85 | 71855.36 | 162144.65 | -90289.29 | 146528.11 | 204471.89 | -57943.78 |
| | 13 | 99686.57 | 134313.43 | -34626.85 | 71855.36 | 162144.65 | -90289.29 | 146528.11 | 204471.89 | -57943.78 |
| | 14 | 99686.57 | 134313.43 | -34626.85 | 71855.36 | 162144.65 | -90289.29 | 146528.11 | 204471.89 | -57943.78 |
| | 15 | 99686.57 | 134313.43 | -34626.85 | 71855.36 | 162144.65 | -90289.29 | 146528.11 | 204471.89 | -57943.78 |

TABLA A.3.6 RELACION BENEFICIO COSTO

i= 18

| CONCEPTO | AÑO | TIPO DE SISTEMA DE RIEGO | | | | | | | | |
|-----------------------------------|------------|--------------------------|-----------|------------|------------|-----------|------------|----------------------|-----------|------------|
| | | GRAVEDAD TECNIFICADO | | | | | | ASPERSION PIVOTE (5) | | |
| | | (3) | | | (4) | | | F EFECTIVO | F ACTUALI | VPN |
| Valor Presente Neto (con i = 18%) | F EFECTIVO | F ACTUALI | VPN | F EFECTIVO | F ACTUALI | VPN | F EFECTIVO | F ACTUALI | VPN | |
| | 0 | -158990.00 | 1.0000000 | -158990.00 | -246675.00 | 1.0000000 | -246675.00 | -353600.00 | 1.0000000 | -353600.00 |
| | 1 | 80186.57 | 0.8474576 | 67954.72 | 52355.36 | 0.8474576 | 44388.94 | 107528.11 | 0.8474576 | 91125.52 |
| | 2 | 80186.57 | 0.7181844 | 57588.75 | 52355.36 | 0.7181844 | 37600.80 | 107528.11 | 0.7181844 | 77225.01 |
| | 3 | 80186.57 | 0.6086309 | 48804.02 | 52355.36 | 0.6086309 | 31865.09 | 107528.11 | 0.6086309 | 65444.93 |
| | 4 | 80186.57 | 0.5157889 | 41359.34 | 52355.36 | 0.5157889 | 27004.31 | 107528.11 | 0.5157889 | 55461.80 |
| | 5 | 80186.57 | 0.4371092 | 35050.29 | 52355.36 | 0.4371092 | 22885.01 | 107528.11 | 0.4371092 | 47001.53 |
| | 6 | 80186.57 | 0.3704315 | 29703.64 | 52355.36 | 0.3704315 | 19394.07 | 107528.11 | 0.3704315 | 39831.80 |
| | 7 | 80186.57 | 0.3139250 | 25172.57 | 52355.36 | 0.3139250 | 16435.66 | 107528.11 | 0.3139250 | 33755.77 |
| | 8 | 99686.57 | 0.2660382 | 26520.43 | 71855.36 | 0.2660382 | 19116.27 | 146528.11 | 0.2660382 | 38982.07 |
| | 9 | 99686.57 | 0.2254561 | 22474.94 | 71855.36 | 0.2254561 | 16200.23 | 146528.11 | 0.2254561 | 33035.65 |
| | 10 | 99686.57 | 0.1910645 | 19048.56 | 71855.36 | 0.1910645 | 13729.01 | 146528.11 | 0.1910645 | 27996.32 |
| | 11 | 99686.57 | 0.1619190 | 16141.15 | 71855.36 | 0.1619190 | 11634.75 | 146528.11 | 0.1619190 | 23725.69 |
| | 12 | 99686.57 | 0.1372195 | 13678.94 | 71855.36 | 0.1372195 | 9859.98 | 146528.11 | 0.1372195 | 20106.52 |
| | 13 | 99686.57 | 0.1162877 | 11592.33 | 71855.36 | 0.1162877 | 8355.90 | 146528.11 | 0.1162877 | 17039.42 |
| | 14 | 99686.57 | 0.0985489 | 9824.00 | 71855.36 | 0.0985489 | 7081.27 | 146528.11 | 0.0985489 | 14440.19 |
| | 15 | 99686.57 | 0.0835160 | 8325.43 | 71855.36 | 0.0835160 | 6001.07 | 146528.11 | 0.0835160 | 12237.45 |
| | | | | 274247.14 | | | 44857.32 | | | 243809.68 |

B/C= Se acepta 2.72

B/C= Se acepta 1.18

B/C= Se acepta 1.69

TABLA A.3.7 CALCULO DE LA TASA INTERNA DE RENDIMIENTO (TIR)

| CONCEPTO | AÑO | TIPO DE SISTEMA DE RIEGO | | | | | | | | |
|-----------------------|-----------|--------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|----------------------|-----------|------------|
| | | GRAVEDAD TECNIFICADO | | | | | | ASPERSION PIVOTE (5) | | |
| | | (3) | | | (4) | | | F EFECTIVO | F ACTUALI | VPN |
| F EFECTIVO | F ACTUALI | VPN | F EFECTIVO | F ACTUALI | VPN | F EFECTIVO | F ACTUALI | VPN | | |
| - Valor Presente Neto | 0 | -158990.00 | 1.0000000 | -158990.00 | -246675.00 | 1.0000000 | -246675.00 | -353600.00 | 1.0000000 | -353600.00 |
| | 1 | 80186.57 | 0.6666667 | 53457.72 | 52355.36 | 0.8264463 | 43268.89 | 107528.11 | 0.7633588 | 82082.53 |
| | 2 | 80186.57 | 0.4444444 | 35638.48 | 52355.36 | 0.6830135 | 35799.41 | 107528.11 | 0.5827168 | 62658.42 |
| | 3 | 80186.57 | 0.2962963 | 23758.98 | 52355.36 | 0.5644739 | 29553.23 | 107528.11 | 0.4448219 | 47830.85 |
| | 4 | 80186.57 | 0.1975309 | 15839.32 | 52355.36 | 0.4665074 | 24424.16 | 107528.11 | 0.3385587 | 36512.10 |
| | 5 | 80186.57 | 0.1316872 | 10559.55 | 52355.36 | 0.3855433 | 20185.26 | 107528.11 | 0.2592051 | 27871.83 |
| | 6 | 80186.57 | 0.0977915 | 7039.70 | 52355.36 | 0.3186308 | 16682.03 | 107528.11 | 0.1978665 | 21276.21 |
| | 7 | 80186.57 | 0.0582577 | 4693.13 | 52355.36 | 0.2633313 | 13786.80 | 107528.11 | 0.1510431 | 16241.36 |
| | 8 | 99686.57 | 0.0390184 | 3889.61 | 71855.36 | 0.2176291 | 15637.82 | 146528.11 | 0.1153001 | 16894.70 |
| | 9 | 99686.57 | 0.0260123 | 2593.08 | 71855.36 | 0.1798588 | 12923.82 | 146528.11 | 0.0880153 | 12898.72 |
| | 10 | 99686.57 | 0.0173415 | 1728.72 | 71855.36 | 0.1486436 | 10680.84 | 146528.11 | 0.0671873 | 9844.82 |
| | 11 | 99686.57 | 0.0115610 | 1152.48 | 71855.36 | 0.1228460 | 8827.14 | 146528.11 | 0.0512880 | 7515.13 |
| | 12 | 99686.57 | 0.0077073 | 768.32 | 71855.36 | 0.1015256 | 7295.16 | 146528.11 | 0.0391511 | 5736.74 |
| | 13 | 99686.57 | 0.0051382 | 512.21 | 71855.36 | 0.0839055 | 6029.06 | 146528.11 | 0.0298864 | 4379.19 |
| | 14 | 99686.57 | 0.0034255 | 341.48 | 71855.36 | 0.0693433 | 4982.69 | 146528.11 | 0.0228140 | 3342.90 |
| | 15 | 99686.57 | 0.0022637 | 227.85 | 71855.36 | 0.0573086 | 4117.93 | 146528.11 | 0.0174153 | 2551.83 |
| | | | 3210.43 | | | 7479.23 | | | 4035.37 | |

| CONCEPTO | AÑO | TIPO DE SISTEMA DE RIEGO | | | | | | | | |
|-----------------------|-----------|--------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|----------------------|-----------|------------|
| | | GRAVEDAD TECNIFICADO | | | | | | ASPERSION PIVOTE (4) | | |
| | | (3) | | | (4) | | | F EFECTIVO | F ACTUALI | VPN |
| F EFECTIVO | F ACTUALI | VPN | F EFECTIVO | F ACTUALI | VPN | F EFECTIVO | F ACTUALI | VPN | | |
| - Valor Presente Neto | 0 | -158990.00 | 1.0000000 | -158990.00 | -246675.00 | 1.0000000 | -246675.00 | -353600.00 | 1.0000000 | -353600.00 |
| | 1 | 80186.57 | 0.6622517 | 53103.69 | 52355.36 | 0.8196721 | 42914.23 | 107528.11 | 0.7575758 | 81480.69 |
| | 2 | 80186.57 | 0.4385773 | 35168.01 | 52355.36 | 0.6718624 | 35175.59 | 107528.11 | 0.5739210 | 61712.64 |
| | 3 | 80186.57 | 0.2904485 | 23290.07 | 52355.36 | 0.5507069 | 28832.45 | 107528.11 | 0.4347887 | 46752.00 |
| | 4 | 80186.57 | 0.1923500 | 15423.89 | 52355.36 | 0.4513991 | 23633.16 | 107528.11 | 0.3293853 | 35418.18 |
| | 5 | 80186.57 | 0.1273941 | 10214.50 | 52355.36 | 0.3699993 | 19371.44 | 107528.11 | 0.2495344 | 26831.96 |
| | 6 | 80186.57 | 0.0843603 | 6764.57 | 52355.36 | 0.3032781 | 15878.23 | 107528.11 | 0.1890412 | 20327.24 |
| | 7 | 80186.57 | 0.0558678 | 4479.85 | 52355.36 | 0.2485886 | 13014.94 | 107528.11 | 0.1432130 | 15399.42 |
| | 8 | 99686.57 | 0.0369985 | 3698.26 | 71855.36 | 0.2037611 | 14641.33 | 146528.11 | 0.1084947 | 15897.52 |
| | 9 | 99686.57 | 0.0245023 | 2442.55 | 71855.36 | 0.1670173 | 12001.09 | 146528.11 | 0.0821930 | 12043.56 |
| | 10 | 99686.57 | 0.0162267 | 1617.59 | 71855.36 | 0.1368994 | 9836.96 | 146528.11 | 0.0622674 | 9123.92 |
| | 11 | 99686.57 | 0.0107462 | 1071.25 | 71855.36 | 0.1122127 | 8063.08 | 146528.11 | 0.0471723 | 6912.06 |
| | 12 | 99686.57 | 0.0071167 | 709.44 | 71855.36 | 0.0919776 | 6609.08 | 146528.11 | 0.0357366 | 5236.41 |
| | 13 | 99686.57 | 0.0047130 | 469.83 | 71855.36 | 0.0753915 | 5417.28 | 146528.11 | 0.0270732 | 3966.98 |
| | 14 | 99686.57 | 0.0031212 | 311.14 | 71855.36 | 0.0617963 | 4440.39 | 146528.11 | 0.0205100 | 3005.29 |
| | 15 | 99686.57 | 0.0020670 | 206.05 | 71855.36 | 0.0508527 | 3639.67 | 146528.11 | 0.0155379 | 2276.73 |
| | | | -29.33 | | | -3206.07 | | | -7235.36 | |

TIR = 51.01
Se acepta

TIR = 22.75
Se acepta

TIR = 32.26
Se acepta

TABLA A.4.1 INFORMACION GENERAL DEL CULTIVO DEL MELON

| No. | CONCEPTO | DENOMINACION | UNIDAD | FORMULA | TIPO DE SISTEMA DE RIEGO | | | | |
|-----|------------------------------------|--------------|-----------|---------------------------------|--------------------------|--------------|----------------|----------------------|----------|
| | | | | | GRAV. (1) | GRAVEDAD (2) | TECNIFICAD (3) | ASPERSION GOTEIO (4) | (5) |
| 1 | Rendimiento esperado por ha regada | le | ton/ha | | 16.33 | 16.33 | 25 | 25 | 80 |
| 2 | Valor del cultivo por unidad | Vc | NS/ton | | 600 | 600 | 600 | 600 | 600 |
| 3 | Evapotranspiración | UC | cm | | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 |
| 4 | Duración del Ciclo | Dc | días | | 360 | 360 | 360 | 360 | 360 |
| 5 | Eficiencia de aplicación | | % | | 60 | 60 | 70 | 70 | 90 |
| 6 | No. de horas operados por año | Nh | horas/año | $S*10000*UC/100/(Q/1000)/3600$ | 0 | 0 | 0 | 0 | 2510 |
| 7 | Superficie regada | S | ha | | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 |
| 8 | Costo de los insumos | Cp | NS/ha | | 5850 | 5850 | 5850 | 5850 | 5850 |
| 9 | Gasto necesario para regar | Q | lps | | 0 | 0 | 0 | 0 | 27 |
| 10 | Altura de bombeo | H | m | | | | | | 25 |
| 11 | Potencia Requerida | P | HP | $Q*H/(76*.7)$ | 0 | 0 | 0 | 0 | 13 |
| 12 | Tipo de energía | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | diesel |
| 13 | Costo por U. Combustible | CC | NS | | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 14 | BHP-Horas por U. Combustión | | BHP-Hora | $P*(S*10000*UC/100)/Q/1000/360$ | 0 | 0 | 0 | 0 | 31850.46 |
| 15 | Costo Mano de Obra por hectárea | Mo | NS/ha | | 120 | 120 | 120 | 120 | 50 |
| 16 | Vida Util | | años | | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 |
| 17 | Tasa de Interés | | % | | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 |
| 18 | Costo de Sistema de Riego | | NS | | 0 | 81840 | 97840 | 151800 | 317400 |
| 19 | Factor de Costo | FC | | tabla 5.3 | 0.021 | 0.021 | 0.021 | 0.021 | 0.021 |
| 20 | Factor de Seguro | FS | % | | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 21 | Costo del agua | Cag | NS/ha | | 170 | 170 | 170 | 170 | 170 |

- (1) Gravedad sin tecnificar
- (2) Revestimiento de regaderas
- (3) Revestimiento de regaderas y nivelación
- (4) Tuberías de compuertas y nivelación

TABLA A.4.2 EN CASO DE FINANCIAMIENTO

| No. | CONCEPTO | UNIDAD | FORMULA | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
|-----|-----------------------------------|--------|---------|-----------|--------|--------|--------|--------|
| 1 | Tasa de interés del préstamo | TC | % | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 |
| 2 | Duración del préstamo | | años | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 |
| 3 | Factor de Costo de Financiamiento | FCF | | tabla 5.4 | 0.1964 | 0.1964 | 0.1964 | 0.1964 |

TABLA A.4.3 CALCULO DE COSTOS DEL CULTIVO DEL MELON

| CONCEPTO | DENOMINACION | UNIDAD | FORMULA | GRAVEDAD (1) | TIPO DE SISTEMA DE RIEGO | | | |
|---------------------------------------|--------------|--------|---------------------|-----------------|--------------------------|-----------|-----------|------------------------|
| | | | | | GRAVEDAD TECNIFICADO | | | ASPERSION GOTEO (5) |
| | A | N\$ | | 0.00 | 81840.00 | 97840.00 | 151800 | 317400.00 |
| COSTO DE SISTEMA | | | | | | | | |
| COSTO DE DEPRECIACION | | | | | | | | |
| | D | N\$/ha | $(A*FC+A*FS)/S$ | 0.00 | 145.27 | 173.67 | 269.45 | 563.39 |
| - Costo de Energia | Ce | N\$/ha | $(BHP-hr)/4*CC/S$ | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 199.07 |
| - Reparación y Mantenimiento | Rm | N\$/ha | $(A)*0.05/S$ | 0.00 | 102.30 | 122.30 | 189.75 | 396.75 |
| - Mano de Obra | Mo | N\$/ha | Cm | 120.00 | 120.00 | 120.00 | 120.00 | 50.00 |
| COSTO DE OPERACION ANUAL | | | | | | | | |
| FINANCIAMIENTO | | | | | | | | |
| - Costo Anual de Inasmiamento | Cf | N\$/ha | $(FCF*A)/S$ | 0.00 | 401.83 | 480.39 | 745.34 | 1558.43 |
| RECUPERACION DE LA INVERSION | | | | | | | | |
| - Incremento de Producción | Ip | N\$/ha | $le*Vc$ | 9798.00 | 9798.00 | 15000.00 | 15000.00 | 48000.00 |
| - Costo Anual por ha | Ca | N\$/ha | $D+C+Cag+Cf+Cp$ | 6140.00 | 6789.40 | 6916.36 | 7344.53 | 8787.63 |
| - Costo Anual total | Cat | N\$ | $(D+C+Cag+Cf+Cp)*S$ | 245600.00 | 271578.02 | 278654.42 | 293781.32 | 351505.37 |
| - Beneficio Adicional | Ba | N\$/ha | $Ip-Ca$ | 3658.00 | 3008.60 | 8083.64 | 7655.47 | 39212.37 |
| PARAMETROS DE DECISION | | | | | | | | |
| - Tasa de Rendimiento | i | | $(Ba/(A*S))*100$ | | 147.05 | 330.48 | 201.73 | 494.17 |
| - Inflación Anual | la | % | | | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 10.00 |
| Tasa de Rendimiento > Inflación Anual | | | | | SI | SI | SI | SI |

TABLA A.4.4 PROYECCION DE LA EVALUACION

| CONCEPTO | UNIDAD | FORMULA | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
|--|--------|---------|----------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| Periodo total de evaluación | años | | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 |
| Tasa mínima | % | | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 |
| Periodo 1-7 años | | | | | | | |
| Valor de la producción (valor del cultivo) | Vp | N\$/ton | Vc | 600 | 600 | 600 | 600 |
| Costo de los insumos | Cp | N\$/ha | | 5850 | 5850 | 5850 | 5850 |
| Valor total de la producción | Vtp | N\$/ha | $le*Vc$ | 8798 | 9798 | 15000 | 15000 |
| Costo total de la producción | CTp | N\$/ha | $D+C+Cag+Cf+Cp$ | 6140 | 6789 | 6916 | 7345 |
| Ingreso neto por hectárea | In/ha | N\$/ha | $Vtp-CTp$ | 3658 | 3009 | 8084 | 7655 |
| Ingreso neto | In | N\$ | | 146320 | 120344 | 323348 | 306219 |
| Incremento debido a la inversión | | N\$/ha | $In/ha\ sist. - In/ha\ gravedad$ | 0 | -649 | 4428 | 3997 |
| Periodo 8-15 años | | | | | | | |
| Rendimiento esperado por ha regada (le) | le2 | ton/ha | $le + 0.5$ | 16.83 | 16.83 | 25.5 | 25.5 |
| Valor de la producción (valor del cultivo) | Vp | N\$/ton | Vc | 600 | 600 | 600 | 600 |
| Costo de los insumos | Cp | N\$/ha | | 5850 | 5850 | 5850 | 5850 |
| Valor total de la producción | Vtp | N\$/ha | $le2*Vc$ | 10098 | 10098 | 15300 | 15300 |
| Costo total de la producción | CTp | N\$/ha | $D+C+Cag+Cf+Cp$ | 6140 | 6789 | 6916 | 7345 |
| Ingreso neto por hectárea | In/ha | N\$/ha | $Vtp-CTp$ | 3958 | 3309 | 8384 | 7955 |
| Ingreso neto | In | N\$ | $In*S$ | 158320 | 132344 | 335346 | 318219 |
| Incremento debido a la inversión | | N\$/ha | $In/ha\ sist. - In/ha\ gravedad$ | 0 | -649 | 4428 | 3997 |

(1) Gravedad sin tecnificar

(2) Revestimiento de regaderas

(3) Revestimiento de regaderas y nivelación

(4) Tuberías de compuertas y nivelación

(5) Aspersión Goteo

TABLA A.4.5 BALANCE DE INGRESOS Y EGRESOS DEL CULTIVO DEL MELON

| CONCEPTO | AÑO | TIPO DE SISTEMA DE RIEGO | | | | | | | | |
|-----------------------------|---------|--------------------------|------------|-----------|-----------|------------|------------|---------------------|------------|------------|
| | | GRAVEDAD TECNIFICADO | | | | | | ASPERSION GOTEO (5) | | |
| | | (3) | | | (4) | | | INGRESO | EGRESO | F EFECTIVO |
| PROYECCION DE LA EVALUACION | INGRESO | EGRESO | F EFECTIVO | INGRESO | EGRESO | F EFECTIVO | INGRESO | EGRESO | F EFECTIVO | |
| - Balance de ingresos | 0 | | 97840.00 | -97840.00 | | 151800.00 | -151800.00 | | 317400.00 | -317400.00 |
| | 1 | 323345.58 | 276654.42 | 46691.17 | 306218.68 | 293781.32 | 12437.36 | 1568494.63 | 351505.37 | 1216989.25 |
| | 2 | 323345.58 | 276654.42 | 46691.17 | 306218.68 | 293781.32 | 12437.36 | 1568494.63 | 351505.37 | 1216989.25 |
| | 3 | 323345.58 | 276654.42 | 46691.17 | 306218.68 | 293781.32 | 12437.36 | 1568494.63 | 351505.37 | 1216989.25 |
| | 4 | 323345.58 | 276654.42 | 46691.17 | 306218.68 | 293781.32 | 12437.36 | 1568494.63 | 351505.37 | 1216989.25 |
| | 5 | 323345.58 | 276654.42 | 46691.17 | 306218.68 | 293781.32 | 12437.36 | 1568494.63 | 351505.37 | 1216989.25 |
| | 6 | 323345.58 | 276654.42 | 46691.17 | 306218.68 | 293781.32 | 12437.36 | 1568494.63 | 351505.37 | 1216989.25 |
| | 7 | 323345.58 | 276654.42 | 46691.17 | 306218.68 | 293781.32 | 12437.36 | 1568494.63 | 351505.37 | 1216989.25 |
| | 8 | 335345.58 | 276654.42 | 58691.17 | 318218.68 | 293781.32 | 24437.36 | 1592494.63 | 351505.37 | 1240989.25 |
| | 9 | 335345.58 | 276654.42 | 58691.17 | 318218.68 | 293781.32 | 24437.36 | 1592494.63 | 351505.37 | 1240989.25 |
| | 10 | 335345.58 | 276654.42 | 58691.17 | 318218.68 | 293781.32 | 24437.36 | 1592494.63 | 351505.37 | 1240989.25 |
| | 11 | 335345.58 | 276654.42 | 58691.17 | 318218.68 | 293781.32 | 24437.36 | 1592494.63 | 351505.37 | 1240989.25 |
| | 12 | 335345.58 | 276654.42 | 58691.17 | 318218.68 | 293781.32 | 24437.36 | 1592494.63 | 351505.37 | 1240989.25 |
| | 13 | 335345.58 | 276654.42 | 58691.17 | 318218.68 | 293781.32 | 24437.36 | 1592494.63 | 351505.37 | 1240989.25 |
| | 14 | 335345.58 | 276654.42 | 58691.17 | 318218.68 | 293781.32 | 24437.36 | 1592494.63 | 351505.37 | 1240989.25 |
| | 15 | 335345.58 | 276654.42 | 58691.17 | 318218.68 | 293781.32 | 24437.36 | 1592494.63 | 351505.37 | 1240989.25 |

TABLA A.4.6 RELACION BENEFICIO COSTO

i = 18

| CONCEPTO | AÑO | TIPO DE SISTEMA DE RIEGO | | | | | | | | |
|-------------------------------------|-----|--------------------------|-----------|------------|------------|-----------|------------|---------------------|-----------|------------|
| | | GRAVEDAD TECNIFICADO | | | | | | ASPERSION GOTEO (5) | | |
| | | F EFECTIVO | F ACTUALI | VPN | F EFECTIVO | F ACTUALI | VPN | F EFECTIVO | F ACTUALI | VPN |
| - Valor Presente Neto (con i = 18%) | 0 | 97840.00 | 1.0000000 | -97840.00 | -151800.00 | 1.0000000 | -151800.00 | -317400.00 | 1.0000000 | -317400.00 |
| | 1 | 323345.58 | 0.8474576 | 274021.68 | 306218.68 | 0.8474576 | 259507.36 | 1568494.63 | 0.8474576 | 1329232.73 |
| | 2 | 323345.58 | 0.7181644 | 232221.76 | 306218.68 | 0.7181644 | 219921.49 | 1568494.63 | 0.7181644 | 1126468.42 |
| | 3 | 323345.58 | 0.6086309 | 196798.10 | 306218.68 | 0.6086309 | 186374.14 | 1568494.63 | 0.6086309 | 954634.25 |
| | 4 | 323345.58 | 0.5157889 | 166776.06 | 306218.68 | 0.5157889 | 157944.19 | 1568494.63 | 0.5157889 | 809012.08 |
| | 5 | 323345.58 | 0.4371092 | 141337.33 | 306218.68 | 0.4371092 | 133851.01 | 1568494.63 | 0.4371092 | 685603.46 |
| | 6 | 323345.58 | 0.3704315 | 119777.40 | 306218.68 | 0.3704315 | 113433.06 | 1568494.63 | 0.3704315 | 581019.88 |
| | 7 | 323345.58 | 0.3139250 | 101506.27 | 306218.68 | 0.3139250 | 96129.79 | 1568494.63 | 0.3139250 | 492389.73 |
| | 8 | 335345.58 | 0.2660382 | 89214.72 | 318218.68 | 0.2660382 | 84858.31 | 1592494.63 | 0.2660382 | 423664.35 |
| | 9 | 335345.58 | 0.2254561 | 75605.70 | 318218.68 | 0.2254561 | 71744.33 | 1592494.63 | 0.2254561 | 359037.58 |
| | 10 | 335345.58 | 0.1910645 | 64072.63 | 318218.68 | 0.1910645 | 60800.20 | 1592494.63 | 0.1910645 | 304269.14 |
| | 11 | 335345.58 | 0.1619190 | 54298.83 | 318218.68 | 0.1619190 | 51525.68 | 1592494.63 | 0.1619190 | 257855.20 |
| | 12 | 335345.58 | 0.1372195 | 46015.56 | 318218.68 | 0.1372195 | 43665.82 | 1592494.63 | 0.1372195 | 218521.36 |
| | 13 | 335345.58 | 0.1162877 | 38936.98 | 318218.68 | 0.1162877 | 37004.93 | 1592494.63 | 0.1162877 | 185187.59 |
| | 14 | 335345.58 | 0.0985489 | 33047.93 | 318218.68 | 0.0985489 | 31360.11 | 1592494.63 | 0.0985489 | 156938.64 |
| | 15 | 335345.58 | 0.0835160 | 28006.75 | 318218.68 | 0.0835160 | 26576.36 | 1592494.63 | 0.0835160 | 132998.84 |
| | | | | 1563859.72 | | | 1422696.76 | | | 7699433.23 |

B/C= Se acepta 16.98

Se acepta B/C= 10.37

B/C= Se acepta 25.28

TABLA A.4.7 CALCULO DE LA TASA INTERNA DE RENDIMIENTO (TIR)

| | | i= 330.00 | | | i= 201.00 | | | i= 494.00 | | |
|-----------------------|------------|--------------------------|-----------|------------|------------|-----------|------------|---------------------|-----------|------------|
| CONCEPTO | AÑO | TIPO DE SISTEMA DE RIEGO | | | | | | | | |
| | | GRAVEDAD TECNIFICADO | | | | | | ASPERSION GOTEO (5) | | |
| | | (3) | | | (4) | | | | | |
| | F EFECTIVO | F ACTUALI | VPN | F EFECTIVO | F ACTUALI | VPN | F EFECTIVO | F ACTUALI | VPN | |
| - Valor Presente Neto | 0 | -97840.00 | 1.0000000 | -97840.00 | -151800.00 | 1.0000000 | -151800.00 | -317400.00 | 1.0000000 | -317400.00 |
| | 1 | 323345.58 | 0.2325581 | 75196.65 | 306218.68 | 0.3322259 | 101733.78 | 1568494.63 | 0.1683502 | 264056.33 |
| | 2 | 323345.58 | 0.0540833 | 17487.59 | 306218.68 | 0.1103741 | 33798.60 | 1568494.63 | 0.0283418 | 44453.93 |
| | 3 | 323345.58 | 0.0125775 | 4066.88 | 306218.68 | 0.0366691 | 11228.77 | 1568494.63 | 0.0047713 | 7483.83 |
| | 4 | 323345.58 | 0.0029250 | 945.79 | 306218.68 | 0.0121824 | 3730.49 | 1568494.63 | 0.0008033 | 1259.90 |
| | 5 | 323345.58 | 0.0006802 | 219.95 | 306218.68 | 0.0040473 | 1239.36 | 1568494.63 | 0.0001352 | 212.10 |
| | 6 | 323345.58 | 0.0001582 | 51.15 | 306218.68 | 0.0013446 | 411.75 | 1568494.63 | 0.0000228 | 35.71 |
| | 7 | 323345.58 | 0.0000368 | 11.90 | 306218.68 | 0.0004467 | 136.79 | 1568494.63 | 0.0000038 | 6.01 |
| | 8 | 323345.58 | 0.0000086 | 2.87 | 318218.68 | 0.0001484 | 47.23 | 1592494.63 | 0.0000006 | 1.03 |
| | 9 | 323345.58 | 0.0000020 | 0.67 | 318218.68 | 0.0000493 | 15.69 | 1592494.63 | 0.0000001 | 0.17 |
| | 10 | 323345.58 | 0.0000005 | 0.16 | 318218.68 | 0.0000164 | 5.21 | 1592494.63 | 0.0000000 | 0.03 |
| | 11 | 323345.58 | 0.0000001 | 0.04 | 318218.68 | 0.0000054 | 1.73 | 1592494.63 | 0.0000000 | 0.00 |
| | 12 | 323345.58 | 0.0000000 | 0.01 | 318218.68 | 0.0000018 | 0.58 | 1592494.63 | 0.0000000 | 0.00 |
| | 13 | 323345.58 | 0.0000000 | 0.00 | 318218.68 | 0.0000006 | 0.19 | 1592494.63 | 0.0000000 | 0.00 |
| | 14 | 323345.58 | 0.0000000 | 0.00 | 318218.68 | 0.0000002 | 0.08 | 1592494.63 | 0.0000000 | 0.00 |
| | 15 | 323345.58 | 0.0000000 | 0.00 | 318218.68 | 0.0000001 | 0.02 | 1592494.63 | 0.0000000 | 0.00 |
| | | | | 143.64 | | | 550.26 | | | 109.05 |

| | | i= 331.00 | | | i= 202.00 | | | i= 495.00 | | |
|-----------------------|------------|--------------------------|-----------|------------|------------|-----------|------------|---------------------|-----------|------------|
| CONCEPTO | AÑO | TIPO DE SISTEMA DE RIEGO | | | | | | | | |
| | | GRAVEDAD TECNIFICADO | | | | | | ASPERSION GOTEO (5) | | |
| | | (3) | | | (4) | | | | | |
| | F EFECTIVO | F ACTUALI | VPN | F EFECTIVO | F ACTUALI | VPN | F EFECTIVO | F ACTUALI | VPN | |
| - Valor Presente Neto | 0 | -97840.00 | 1.0000000 | -97840.00 | -151800.00 | 1.0000000 | -151800.00 | -317400.00 | 1.0000000 | -317400.00 |
| | 1 | 323345.58 | 0.2320186 | 75022.18 | 306218.68 | 0.3311258 | 101396.91 | 1568494.63 | 0.1680572 | 263612.54 |
| | 2 | 323345.58 | 0.0538326 | 17406.54 | 306218.68 | 0.1096443 | 33575.14 | 1568494.63 | 0.0282466 | 44304.63 |
| | 3 | 323345.58 | 0.0124902 | 4038.64 | 306218.68 | 0.0363061 | 11117.60 | 1568494.63 | 0.0047473 | 7446.16 |
| | 4 | 323345.58 | 0.0028980 | 937.04 | 306218.68 | 0.0120219 | 3681.32 | 1568494.63 | 0.0007979 | 1251.45 |
| | 5 | 323345.58 | 0.0006724 | 217.41 | 306218.68 | 0.0039808 | 1218.99 | 1568494.63 | 0.0001341 | 210.33 |
| | 6 | 323345.58 | 0.0001560 | 50.44 | 306218.68 | 0.0013181 | 403.64 | 1568494.63 | 0.0000225 | 35.35 |
| | 7 | 323345.58 | 0.0000362 | 11.70 | 306218.68 | 0.0004365 | 133.65 | 1568494.63 | 0.0000038 | 5.94 |
| | 8 | 323345.58 | 0.0000084 | 2.82 | 318218.68 | 0.0001445 | 45.99 | 1592494.63 | 0.0000006 | 1.01 |
| | 9 | 323345.58 | 0.0000019 | 0.65 | 318218.68 | 0.0000479 | 15.23 | 1592494.63 | 0.0000001 | 0.17 |
| | 10 | 323345.58 | 0.0000005 | 0.15 | 318218.68 | 0.0000158 | 5.04 | 1592494.63 | 0.0000000 | 0.03 |
| | 11 | 323345.58 | 0.0000001 | 0.04 | 318218.68 | 0.0000052 | 1.67 | 1592494.63 | 0.0000000 | 0.00 |
| | 12 | 323345.58 | 0.0000000 | 0.01 | 318218.68 | 0.0000017 | 0.55 | 1592494.63 | 0.0000000 | 0.00 |
| | 13 | 323345.58 | 0.0000000 | 0.00 | 318218.68 | 0.0000006 | 0.18 | 1592494.63 | 0.0000000 | 0.00 |
| | 14 | 323345.58 | 0.0000000 | 0.00 | 318218.68 | 0.0000002 | 0.06 | 1592494.63 | 0.0000000 | 0.00 |
| | 15 | 323345.58 | 0.0000000 | 0.00 | 318218.68 | 0.0000001 | 0.02 | 1592494.63 | 0.0000000 | 0.00 |
| | | | | -152.38 | | | -204.01 | | | -532.38 |

TIR = 348.44

Se acepta

TIR = 202.59

Se acepta

TIR = 494.26

Se acepta

**ANEXO B. Modelos de los escenarios
comprendidos del 1 al 4**

ESCENARIO 1

FUNCION OBJETIVO

| | | | | | | | | | |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|--|--|--|--|
| MAX | 810 X1 + | 161 X2 + | 1434 X3 + | 1005 X4 + | | | | | |
| | 250 X6 + | 399 X7 + | 1184 X8 + | 755 X9 + | 474 X10 + | | | | |
| | 190 X11 + | 459 X12 + | 1234 X13 + | 805 X14 + | 1654 X15 + | | | | |
| | 3658 X16 + | 3009 X17 + | 8084 X18 + | 7655 X19 + | 39212 X20 | | | | |

RESTRICCIONES

SUJETO A:

| | | | | | | | | | |
|----|-------------|-------------|------------|------------|------------|----|----------|--|--|
| 2) | X1 + | X2 + | X3 + | X4 + | | | | | |
| | X6 + | X7 + | X8 + | X9 + | X10 + | | | | |
| | X11 + | X12 + | X13 + | X14 + | X15 + | | | | |
| | X16 + | X17 + | X18 + | X19 + | X20 | <= | 4625 | | |
| 3) | X1 + | X2 + | X3 + | X4 + | | <= | 1341.3 | | |
| 4) | X6 + | X7 + | X8 + | X9 + | X10 | <= | 185 | | |
| 5) | X11 + | X12 + | X13 + | X14 + | X15 | <= | 693.8 | | |
| 6) | X16 + | X17 + | X18 + | X19 + | X20 | <= | 2405 | | |
| 7) | X1 + | 2046 X2 + | 2446 X3 + | 3795 X4 + | | | | | |
| | X6 + | 2046 X7 + | 2446 X8 + | 3795 X9 + | 5440 X10 + | | | | |
| | X11 + | 2046 X12 + | 2446 X13 + | 3795 X14 + | 5440 X15 + | | | | |
| | X16 + | 2046 X17 + | 2446 X18 + | 3795 X19 + | 7935 X20 | <= | 10432686 | | |
| 8) | 14935 X1 + | 12778 X2 + | 10952 X3 + | 9857 X4 + | | | | | |
| | 11255 X6 + | 9630 X7 + | 7704 X8 + | 6500 X9 + | 6118 X10 + | | | | |
| | 13203 X11 + | 9683 X12 + | 9683 X13 + | 9682 X14 + | 7974 X15 + | | | | |
| | 13203 X16 + | 11296 X17 + | 9683 X18 + | 9663 X19 + | 7531 X20 | <= | 43400000 | | |

FIN

ESCENARIO 2

FUNCION OBJETIVO

| | | | | | | | |
|-----|------------|------------|------------|------------|------------|--|--|
| MAX | 810 X1 + | 161 X2 + | 1434 X3 + | 1005 X4 + | | | |
| | 250 X6 - | 399 X7 + | 1184 X8 + | 755 X9 + | 474 X10 + | | |
| | 190 X11 - | 459 X12 + | 1234 X13 + | 805 X14 + | 1654 X15 + | | |
| | 3658 X16 + | 3009 X17 + | 8084 X18 + | 7655 X19 + | 39212 X20 | | |

RESTRICCIONES

SUJETO A:

| | | | | | | | |
|----|-------------|-------------|------------|------------|------------|----|----------|
| 2) | X1 + | X2 + | X3 + | X4 + | | | |
| | X6 + | X7 + | X8 + | X9 + | X10 + | | |
| | X11 + | X12 + | X13 + | X14 + | X15 + | | |
| | X16 + | X17 + | X18 + | X19 + | X20 | <= | 4625 |
| 3) | X1 + | X2 + | X3 + | X4 + | | <= | 1341.3 |
| 4) | X6 + | X7 + | X8 + | X9 + | X10 | = | 185 |
| 5) | X11 + | X12 + | X13 + | X14 + | X15 | = | 693.8 |
| 6) | X16 + | X17 + | X18 + | X19 + | X20 | <= | 2405 |
| 7) | X1 + | 2046 X2 + | 2446 X3 + | 3795 X4 + | | | |
| | X6 + | 2046 X7 + | 2446 X8 + | 3795 X9 + | 5440 X10 + | | |
| | X11 + | 2046 X12 + | 2446 X13 | 3795 X14 + | 5440 X15 + | | |
| | X16 + | 2046 X17 + | 2446 X18 | 3795 X19 + | 7935 X20 | <= | 10432686 |
| 8) | 14935 X1 + | 12778 X2 + | 10952 X3 + | 9857 X4 + | | | |
| | 11255 X6 + | 9630 X7 + | 7704 X8 + | 6500 X9 + | 6118 X10 + | | |
| | 13203 X11 + | 9683 X12 + | 9683 X13 | 9682 X14 + | 7974 X15 + | | |
| | 13203 X16 + | 11296 X17 + | 9683 X18 | 9683 X19 + | 7531 X20 | <= | 43400000 |
| 9) | | | | | X20 | = | 0 |

FIN

ESCENARIO 3

FUNCION OBJETIVO

| | | | | | | | |
|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--|--|
| MAX | 810 X1 + | 161 X2 + | 1434 X3 + | 1005 X4 + | | | |
| | 250 X6 - | 399 X7 + | 1184 X8 + | 755 X9 + | 474 X10 + | | |
| | 190 X11 - | 459 X12+ | 1234 X13+ | 805 X14+ | 1654 X15+ | | |
| | 3658 X16+ | 3009 X17+ | 8084 X18+ | 7655 X19+ | 39212 X20 | | |

RESTRICCIONES

SUJETO A:

| | | | | | | | |
|----|------------|------------|------------|-----------|-----------|----|----------|
| 2) | X1 + | X2 + | X3 + | X4 + | | | |
| | X6 + | X7 + | X8 + | X9 + | X10+ | | |
| | X11+ | X12+ | X13 + | X14+ | X15+ | | |
| | X16+ | X17+ | X18 + | X19+ | X20 | <= | 4625 |
| 3) | X1 + | X2 + | X3 + | X4 + | | <= | 1341.3 |
| 4) | X6 + | X7 + | X8 + | X9 + | X10 | = | 185 |
| 5) | X11+ | X12+ | X13 + | X14+ | X15 | = | 693.8 |
| 6) | X16+ | X17+ | X18 + | X19+ | X20 | <= | 2405 |
| 7) | X1 + | 2046 X2 + | 2446 X3 + | 3795 X4 + | | | |
| | X6 + | 2046 X7 + | 2446 X8 + | 3795 X9 + | 5440 X10+ | | |
| | X11+ | 2046 X12+ | 2446 X13 | 3795 X14+ | 5440 X15+ | | |
| | X16+ | 2046 X17+ | 2446 X18 | 3795 X19+ | 7935 X20 | <= | 10432586 |
| 8) | 14935 X1 + | 12778 X2 + | 10952 X3 + | 9857 X4 + | | | |
| | 11255 X6 + | 9630 X7 + | 7704 X8 + | 6500 X9 + | 6118 X10+ | | |
| | 13203 X11+ | 9683 X12+ | 9683 X13 | 9682 X14+ | 7974 X15+ | | |
| | 13203 X16+ | 11296 X17+ | 9683 X18 | 9683 X19+ | 7531 X20 | <= | 43400000 |
| 9) | X1 + X6 + | X11 + X16 | | | | = | 0 |

FIN

ESCENARIO 4

FUNCION OBJETIVO

| | | | | | | | |
|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--|--|
| MAX | 810 X1 + | 161 X2 + | 1434 X3 + | 1005 X4 + | | | |
| | 250 X6 - | 399 X7 + | 1184 X8 + | 755 X9 + | 474 X10 + | | |
| | 190 X11 - | 459 X12+ | 1234 X13+ | 805 X14+ | 1654 X15+ | | |
| | 3658 X16+ | 3009 X17+ | 8084 X18+ | 7655 X19+ | 39212 X20 | | |

RESTRICCIONES

SUJETO A:

| | | | | | | | |
|----|------------|------------|------------|-----------|-----------|------|----------|
| 2) | X1 + | X2 + | X3 + | X4 + | | | |
| | X6 + | X7 + | X8 + | X9 + | X10+ | | |
| | X11+ | X12+ | X13 + | X14+ | X15+ | | |
| | X16+ | X17+ | X18 + | X19+ | X20 | <= | 4625 |
| 3) | X1 + | X2 + | X3 + | X4 + | | <= | 1341.3 |
| 4) | X6 + | X7 + | X8 + | X9 + | X10 | = | 185 |
| 5) | X11+ | X12+ | X13 + | X14+ | X15 | = | 693.8 |
| 6) | X16+ | X17+ | X18 + | X19+ | X20 | <= | 2405 |
| 7) | X1 + | 2046 X2 + | 2446 X3 + | 3795 X4 + | | | |
| | X6 + | 2046 X7 + | 2446 X8 + | 3795 X9 + | 5440 X10+ | | |
| | X11+ | 2046 X12+ | 2446 X13 | 3795 X14+ | 5440 X15+ | | |
| | X16+ | 2046 X17+ | 2446 X18 | 3795 X19+ | 7935 X20 | <= | 10432686 |
| 8) | 14935 X1 + | 12778 X2 + | 10952 X3 + | 9857 X4 + | | | |
| | 11255 X6 + | 9630 X7 + | 7704 X8 + | 6500 X9 + | 6118 X10+ | | |
| | 13203 X11+ | 9683 X12+ | 9683 X13 | 9682 X14+ | 7974 X15+ | | |
| | 13203 X16+ | 11296 X17+ | 9683 X18 | 9683 X19+ | 7531 X20 | <= | 43400000 |
| 9) | X2 + X3 + | X4 + X7 + | X8 + X9 + | X10 | X12 + | X13+ | |
| | X14+ X15+ | X17+ X18+ | X20 | | | | = 0 |

FIN

ANEXO C. Glosario de términos

GLOSARIO DE TERMINOS

AGUA DE BOMBEO

Es el agua que se extrae de los mantos subterráneos o de las corrientes o almacenamientos superficiales, y que se eleva con sistemas mecánicos hasta el nivel necesario para su aprovechamiento.

AGUA DE GRAVEDAD

Es el agua que se conduce desde el lugar de captación hasta el lugar de aprovechamiento, por la acción de la gravedad, utilizando la pendiente de las obras de conducción.

AGUAS SUBTERRANEAS

Son aguas que se encuentran en el interior de la corteza terrestre, cualquiera que sea su origen (aguas de lluvia, de origen interno, etc).

CUENCA DE CAPTACION

Zona cuyas aguas concurren a formar el caudal de una corriente o los almacenamientos de un vaso.

CULTIVOS DE HUMEDAD

Son aquellos que pueden prosperar y dar rendimientos económicamente satisfactorios, utilizando la humedad existente en el perfil del suelo, la cual proviene generalmente de filtraciones de depósitos contiguos o de afloraciones, o de humedad residual del ciclo anterior.

CULTIVOS DE TEMPORAL

Son aquellos que es posible realizar, aprovechando exclusivamente la humedad procedente de las lluvias.

DISTRITO DE RIEGO

Area dominada por obras de infraestructura hidráulica, en la que interactúan los factores agua, suelo, clima, hombre y capital, para facilitar una agricultura tecnificada.

DOTACION VOLUMETRICA

Cantidad de agua que recibe un usuario y que se suministra por volumen.

EFICIENCIA DE OPERACION

Es la relación que existe entre el agua entregada en la parcela y el volumen de agua derivado de un río, de una presa o de otra fuente natural la cual es conducida por un sistema de canales, produciéndose pérdidas por filtración y evaporación, principalmente.

EVAPORACION

Es el agua perdida en forma de vapor por el terreno adyacente a la planta, por la superficie del agua o por la superficie de las hojas de la planta.

EVAPOTRANSPIRACION

La evapotranspiración o evaporación total es la cantidad de agua utilizada por las plantas para realizar sus funciones de transpiración, más el agua que se evapora de la superficie del suelo en el cual se desarrolla.

EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL

Es la evapotranspiración pero incluye los efectos del clima.

LAMINA DE RIEGO

Cantidad de agua suministrada o empleada para regar una superficie de tierra, medida por la altura en cm., que resulta de dividir el volumen de agua, entre la superficie regada.

METODO DE RIEGO

Es la forma en que se aplica el agua de riego (gravedad, aspersión, goteo, etc.)

MODULO DE RIEGO

Es una superficie bajo riego controlada por un grupo de usuarios organizados. Usualmente son las tierras dominadas por un canal terciario o secundario. El agua es entregada en bloque (volumen) a la entrada del canal. En la entrada del canal existe una estructura aforadora denominada como punto de control.

SUPERFICIE COSECHADA

Es la superficie total en que se obtuvieron cosechas en el año agrícola. Teóricamente debería ser igual a la sembrada, pero suele ser menor por dos causas principales: siembras de cultivos frutales que darán cosecha en los próximos años y pérdidas de cultivos por plagas, enfermedades o factores climatológicos diversos, y puede ser mayor a la superficie física cuando hay segundos cultivos.

SUPERFICIE DOMINADA

Es la superficie que abarca las obras de riego del Distrito y que podría regarse.

SUPERFICIE REGABLE

Area susceptible de regarse en cada año agrícola, en función de las disponibilidades del agua y suelos.

SUPERFICIE REGADA

Es la superficie que se ha regado en un año agrícola determinado, de acuerdo con las disponibilidades de agua y las solicitudes de riego por los usuarios. Puede ser mayor a la superficie regable debido a la superficie física que se regó con segundos cultivos.

SUPERFICIE REGADA CON SEGUNDOS CULTIVOS

Es la parte de la superficie regada en la que, después de levantada la cosecha principal, se sembró un segundo cultivo, de tal modo que en la misma superficie el agricultor obtuvo dos cosechas en el mismo ciclo agrícola.

SUPERFICIE SEMBRADA

Es aquella en que se sembraron cultivos cíclicos o en la que existen cultivos perennes en pie, incluyendo las superficies cultivadas de humedad o de temporal dentro del Distrito, cuando existan.

USO CONSUNTIVO

Está formado por la evapotranspiración más el agua que utilizan las plantas en la formación de sus tejidos durante todo el ciclo vegetativo de los cultivos, un uno por ciento del contenido de humedad aproximadamente. También se le conoce como evapotranspiración real.