

4.2.4 Determinación de Escala Optima de Desarrollo

(1) Desarrollo de recursos hídricos

El volumen anual de agua requerida es de aproximadamente 1,026 mm/há para el área del proyecto, por lo cual los volúmenes necesarios de agua variando entre 41.0 y 49.3 MMC para el área de riego entre 4,000 y 4,800 há, de acuerdo al patrón de cultivos propuesto (Tabla 4.2.4-1).

Tabla 4.2.4-1 Desarrollo de Recursos Hídricos

(Unidad: mm).

	Período lluvioso (May-Oct.)	Período seco (Nov -Abr)	Total
a) Requerimiento bruto de riego	570	393	963
b) Precipitación efectiva	475	0	475
c) Requerimiento neto de riego (a) - (b)	95	393	488
d) Requerimiento de agua explotada (c) x 1/0.476	200	826	1,026

Superficie de riego	Requer.de agua	Requerimiento de agua explotada
4,000 há	1,026 mm	41.04 mm
4,350	1,026	44.63
4,800	1,026	49.28

En relación con el desarrollo de recursos hídricos, se examinarán los usos de agua en la época seca almacenando el suficiente volumen de agua de río y de aguas subterráneas

(2) Volumen explotable de agua

1) Aguas superficiales

El río Güirila localizado en la presa propuesta tiene una superficie reducida de cuenca en 26 km² y anual caudal promedio en 12.0 MMC. Por otro lado, el río Ostua tiene una suficiente descarga anual en 97.0 MMC para ser fuente hídrico (Fig. 4.2.4-1). Por lo tanto, el volumen de agua requerido se puede obtener mediante la conducción de aguas desde el río Ostua.

La capacidad del canal de conducción varía entre 3.0 y 4.0 m³/sec. para regar una superficie de 4,000 y 4,800 há, respectivamente, en base a la relación entre el volumen conducido desde

el río Ostua al embase de presa Güirila y la capacidad del canal de conducción.

Superficie de riego	Capacidad de conducción
4,000 há	3.0 m ³ /s
4,350	3.0
4,800	4.0

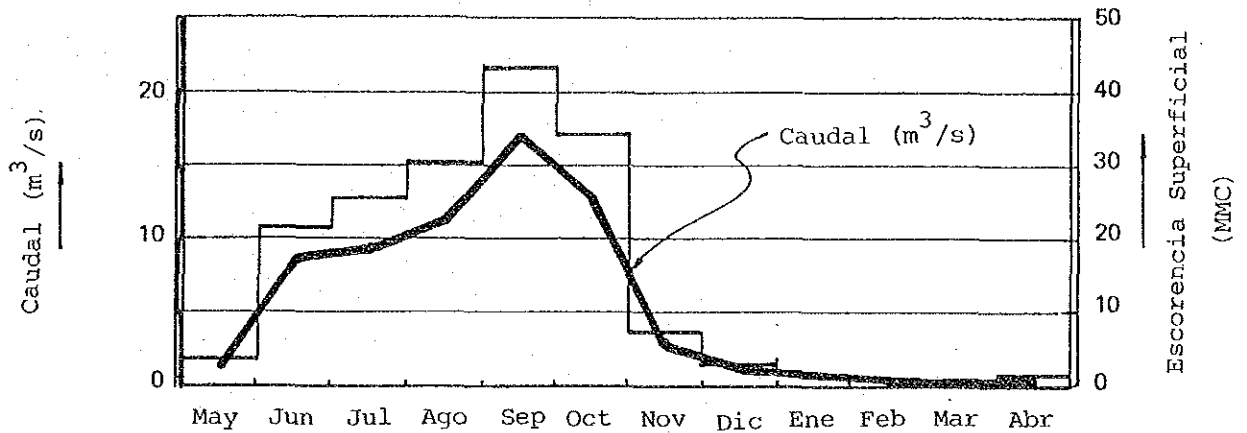


Fig. 4.2.4-1 Promedio Mensual de Caudal del Río Ostúa en Casa de Tablas

El volumen almacenable del embalse de presa Güirila varía de acuerdo a la capacidad de conducción desde el río Ostua. El anual volumen aportado promedio incluido lo directo varía entre 49.9 y 72.9 MMC (Tabla 4.2.4-2, Apéndice 4.2.2).

Tabla 4.2.4-2 Volumen Almacenable del Embalse de Presa de Güirila

Volumen anual de aporte al embalse (MMC)	Capacidad de canal de conducción (m ³ /s)				
	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0
Promedio	49.9	56.3	62.9	68.2	72.9
Máximo	74.3	86.9	98.6	109.1	118.4
Mínimo	19.4	20.5	21.4	22.2	22.8

2) Aguas subterráneas

El recurso de aguas subterráneas tiene la mayor ventaja como sigue:

- Innecesidad de conducción debido a la ubicación cercana entre pozo y terreno de riego; y
- Menor pérdida de agua por toma y conducción.

Sin embargo, es necesario bombear por estar 20 - 50 m o más bajo la superficie del nivel dinámico, por lo que se debe disponer el costo de operación de bomba. Para la factibilidad del uso de aguas subterráneas se debe examinar el volumen disponible de aguas subterráneas y comparar económicamente entre dos costos de explotación de aguas subterráneas y superficial.

El volumen explotable de aguas subterráneas se estima de acuerdo con los resultados de prospección geoelectrica, prueba de bombeo, la situación del uso y estudio en terreno.

- Volumen explotable de agua subterránea
 - 5.0 MMC en el sector de Mojarritas
 - 8.4 MMC en el sector de San Pedro

- Superficie regable

Aproximadamente 800 há abarcando aguas abajo del río Mojarritas y alrededores del río San Pedro.

Basándose en el volumen explotable de aguas subterráneas, sólo con este recurso no se puede regar toda el área propuesta, por lo tanto, es necesario establecer un plan combinado de aguas subterráneas y superficial.

(3) Examen de alternativa optima.

1) Consideración básica y alternativas

Al examinar alternativas, consideraciones básicas al proyecto son las siguientes:

- Al disponer la fuente hídrica, la superficie regable se toma lo más amplio posible incluyendo el terreno de cultivo existente;
- Es deseable planificar la altura de muro de presa menor a 50 m, debido al basamento compuesto por toba.
- El costo de operación y mantenimiento, por lo general, se carga a los beneficiarios razón por la cual se trata de disminuir dicho costo lo más mínimo posible. La proporción de los costos cargados para el proyecto de riego en la República de Guatemala es como sigue:

Costo de construcción de obras
 Fisco 40% Beneficiarios 60%

Costo de operación y mantenimiento
 Fisco 0% Beneficiarios 100%

- Algunas obras existentes del Proyecto de Laguna del Hoyo se utilizarán en forma eficiente.
- Con respecto al fuente hídrico, se planifica el desarrollo de aguas superficiales y subterráneas como recurso complementario, teniendo en cuenta caudal, topografía, geología, etc.

Para seleccionar un plan óptimo de desarrollo, las siguientes tres alternativas con variedad de fuente hídrico y superficie regada se examinarán basándose en las consideraciones antes mencionadas.

Caso	Fuente hídrico	Superficie Regable
1	Presa Güirila	4,800 há.
2	Presa Güirila	4,350
3	Presa Güirila y Pozos	4,800 (incluido 800 há de riego con aguas subterráneas).

2) Año de criterio para plan y capacidad de almacenamiento

Al evaluar la probabilidad hidrológica del volumen aportado a la presa Güirila, que es de 4.0 m³/s de la capacidad de conducción, basándose en los datos hidrológicos de 15 años (1967-1981) los años 1972 y 1977 corresponden a años de estiaje ocurrido una vez a 30 y 50 años, respectivamente.

Por lo tanto, el plan de recurso hídrico se establecerá para satisfacer el volumen requerido excluido dos años mencionados.

Teniendo en cuenta el volumen requerido de riego y caudal del río, el volumen requerido de almacenamiento basándose en el balance hídrico del período de 15 años (Tabla 4.2.4-3) esta resumido en la Tabla 4.2.4-4 y el volumen de almacenamiento por superficie regable en Tabla 4.2.4-5.

Tabla 4.2.4-4 Volumen Requerido de Almacenamiento para el Area de 4,800 há

Orden	Volumen Requerido	Año de Ocurrencia.	Período de Retorno	Nota
1	39.8 MMC	1972	10 años	Falta de caudal aportado por año de estiaje.
2	38.5	1977	8	"
3	37.7	1974	6	Caudal aportado fue mayor que el volumen requerido de almacenamiento.

Nota: Referirse a Apéndice 4.2.1

Tabla 4.2.4-3 Balance Hídrico

(x1000m³)

		Capacidad de Canal de Conducción					
		Año	3 m ³ /sec	4 m ³ /sec	5 m ³ /sec	6 m ³ /sec	7 m ³ /sec
Area Regada : 4000 há	1967		31468	31468	31468	31468	31468
	1968		30623	30623	30623	30623	30623
	1969		30995	30995	30995	31004	30995
	1970		32865	32692	32692	32673	32673
	1971		33551	33551	33551	33551	33551
	1972		39836	39835	39836	39836	39836
	1973		31255	31255	31255	31255	31255
	1974		37690	37690	37691	37691	37691
	1975		32515	32448	32448	32448	32448
	1976		34636	34549	34477	34477	34477
	1977		38478	38478	38478	38478	38478
	1978		21754	21754	21754	21754	21754
1979		34486	34400	34314	34227	34209	
1980		30431	30432	30431	30431	30431	
1981		21473	21473	21473	21473	21473	
		Año	3 m ³ /sec	4 m ³ /sec	5 m ³ /sec	6 m ³ /sec	7 m ³ /sec
Area Regada : 4350 há	1967		27363	27363	27963	27963	27963
	1968		27240	27240	27240	27240	27240
	1969		27157	27157	27157	27166	27157
	1970		29077	28904	28904	28885	28885
	1971		29667	29667	29667	29667	29667
	1972		35649	35648	35649	35649	35649
	1973		27632	27632	27632	27632	27632
	1974		33823	33823	33824	33824	33824
	1975		29052	28985	28985	28985	28985
	1976		30848	30761	30689	30689	30689
	1977		34235	34295	34295	34295	34295
	1978		18606	18606	18606	18606	18606
1979		30683	30597	30511	30424	30406	
1980		26593	26594	26593	26593	26593	
1981		17960	17960	17960	17960	17960	
		Año	3 m ³ /sec	4 m ³ /sec	5 m ³ /sec	6 m ³ /sec	7 m ³ /sec
Area Regada : 4,800 há	1967		25237	25237	25237	25237	25237
	1968		24609	24609	24609	24609	24609
	1969		24172	24172	24172	24181	24172
	1970		25131	25958	25958	25939	25939
	1971		26738	26738	26738	26738	26738
	1972		32396	32395	32396	32396	32396
	1973		24814	24814	24814	24814	24814
	1974		30838	30838	30839	30839	30839
	1975		26381	26314	26314	26314	26314
	1976		27902	27815	27743	27743	27743
	1977		31077	31077	31077	31077	31077
	1978		16226	16226	16226	16226	16226
1979		27737	27651	27565	27478	27460	
1980		23608	23609	23608	23608	23608	
1981		15325	15325	15325	15325	15325	

Nota:

$$V = \sum_{i=1}^n (Q_{in} - Q_{out})$$

donde B: Capacidad de almacenamiento

Q_{in}: Volumen aportado al embalse

Q_{out}: Volumen descargado del embalse

Tabla 4.2.4-5 Capacidad de Almacenamiento según Escala de Proyecto

Superficie regable	Volumen Requerido de Almacenamiento	Capacidad de Conducción Necesario
4,800 há	37.7 MMC	4.0 m ³ /s
4,350	33.8	3.0
4,000	30.8	3.0

Nota: Referirse a Apéndice 4.2.1

La máxima capacidad de almacenamiento fue registrado en 1974 y los volúmenes se estiman en 37.7, 33.8 y 30.8 MMC para superficie regable de 4,800, 4,350 y 4,000 há, respectivamente.

3) Comparación de alternativas

Tres alternativas se proponen considerando el volumen de aguas disponibles, tipo de recursos hídricos, escala del área beneficiada, etc. y se estudian comparativamente las factibilidades técnicas y económicas, y la facilidad de operación y mantenimiento para seleccionar el plan óptimo. Las características de cada alternativa son las siguientes:

a. Caso 1 (fuente hídrico: presa Güirila, área beneficiada : 4,800 há) (Fig. 4.2.4-2)

i) Área beneficiada (A= 4,800 há)

El área objetiva de riego consiste en terreno cultivado existente y actual pradera a convertirse en terreno cultivado.

ii) Fuente hídrico

El agua del río Ostua se acumula en el embalse Güirila durante la época lluviosa con el objeto de regar todo el área objetiva.

La escala de presa Güirila tendrá 37.70 MMC de la capacidad neta de embalse y 49 m de la altura del muro.

iii) Canal de riego

Canal de conducción: longitud L = 9.5 km, caudal Q=4.0 m³/s.

Canales principal y secundario L=41.2 km, caudal máximo Q=3.28m³/s.

iv) Operación y mantenimiento

Es fácil de operar las instalaciones de riego debido al único fuente hídrico y sistema gravitacional de toma de agua.

b. Caso 2 (fuente hídrico: presa Güirila, área beneficiada: 4,350 há)

i) Área beneficiada (A= 4,350 há)

El área objetiva de riego es sólo el terreno cultivado existente.

ii) Fuente hídrico

Igual al Caso 1, pero la escala de presa es menor debido al área reducida de riego siendo 33.80 MMC de la capacidad de almacenamiento.

iii) Canal de riego

Canal de conducción : L= 9.5km, Q= 3.0m³/s

Canales principal y secundario: L= 41.2 km, Q=2.97m³/s

iv) Operación y mantenimiento

Igual a Caso 1.

c. Caso 3 (fuente hídrico: presa Güirila y pozos, área beneficiada: 4,800 há) (Fig.4.2.4-4)

i) Área beneficiada (A= 4,800 há)

El área beneficiada de riego es terreno cultivado y alguna pradera a convertirse en terreno cultivado.

ii) Fuente hídrico

El terreno cultivado de 800 há en los sectores de Mojarritas y San Pedro se regarán con aguas subterráneas y el de 4,000 há se regará con agua almacenada en el embalse Güirila.

La escala de presa es el menor dentro de tres casos como se muestra en Tabla 4.2.4-6.

El número de pozos es 55, en lo cual 33 son nuevos.

iii) Canal de riego

Los pozos se instalarán esporádicamente en los terrenos cultivados por lo que no requieren red de canales de riego.

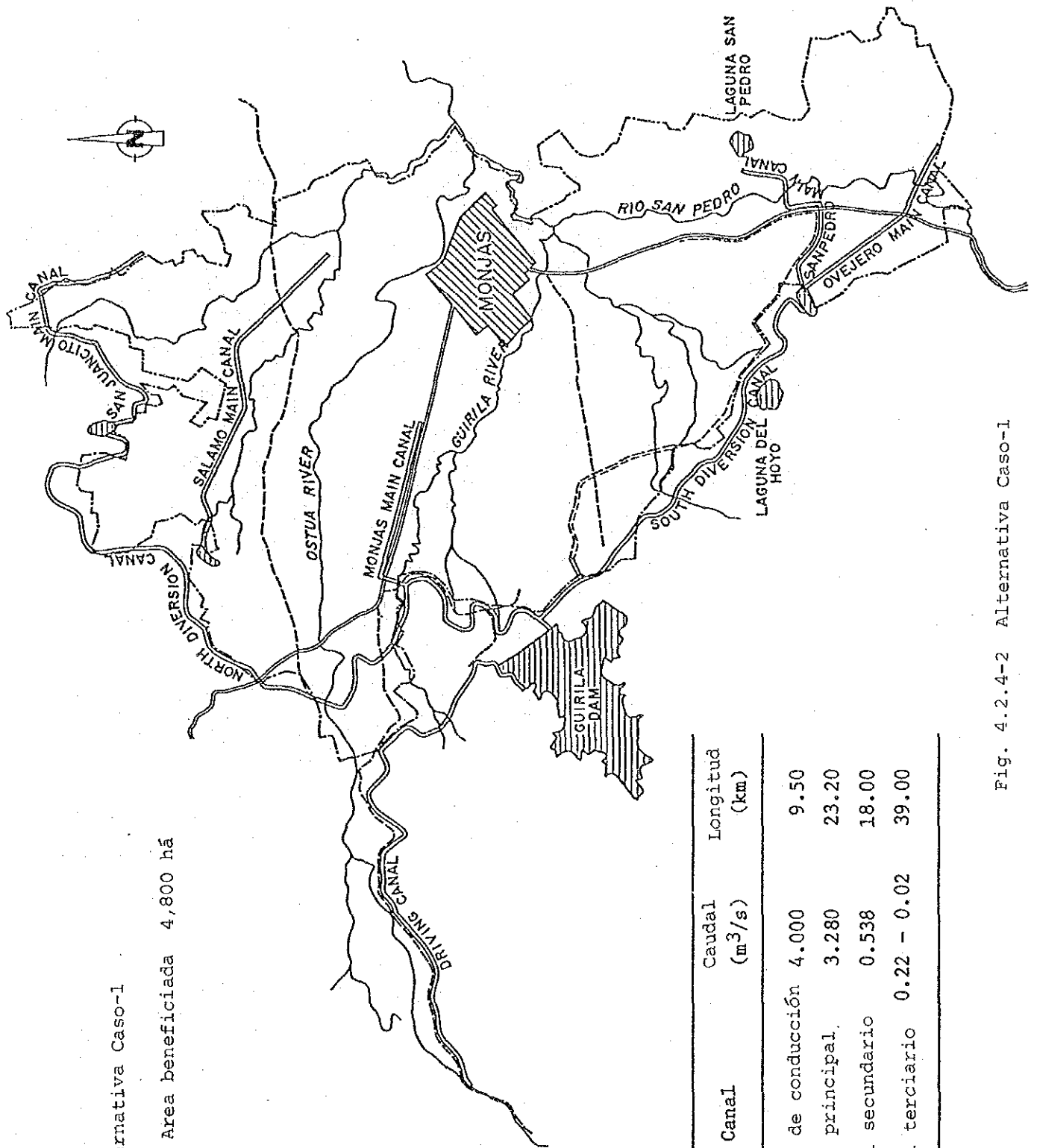
Las longitudes de canales más cortas de las tres alternativas son las siguientes:

Canal de conducción: longitud L= 9.5 km, capacidad de caudal Q= 3.0m³/s

Canales principal y secundario: longitud L= 36.5 km, capacidad de caudal Q= 2.72m³/s

Alternativa Caso-1

Area beneficiada 4,800 há

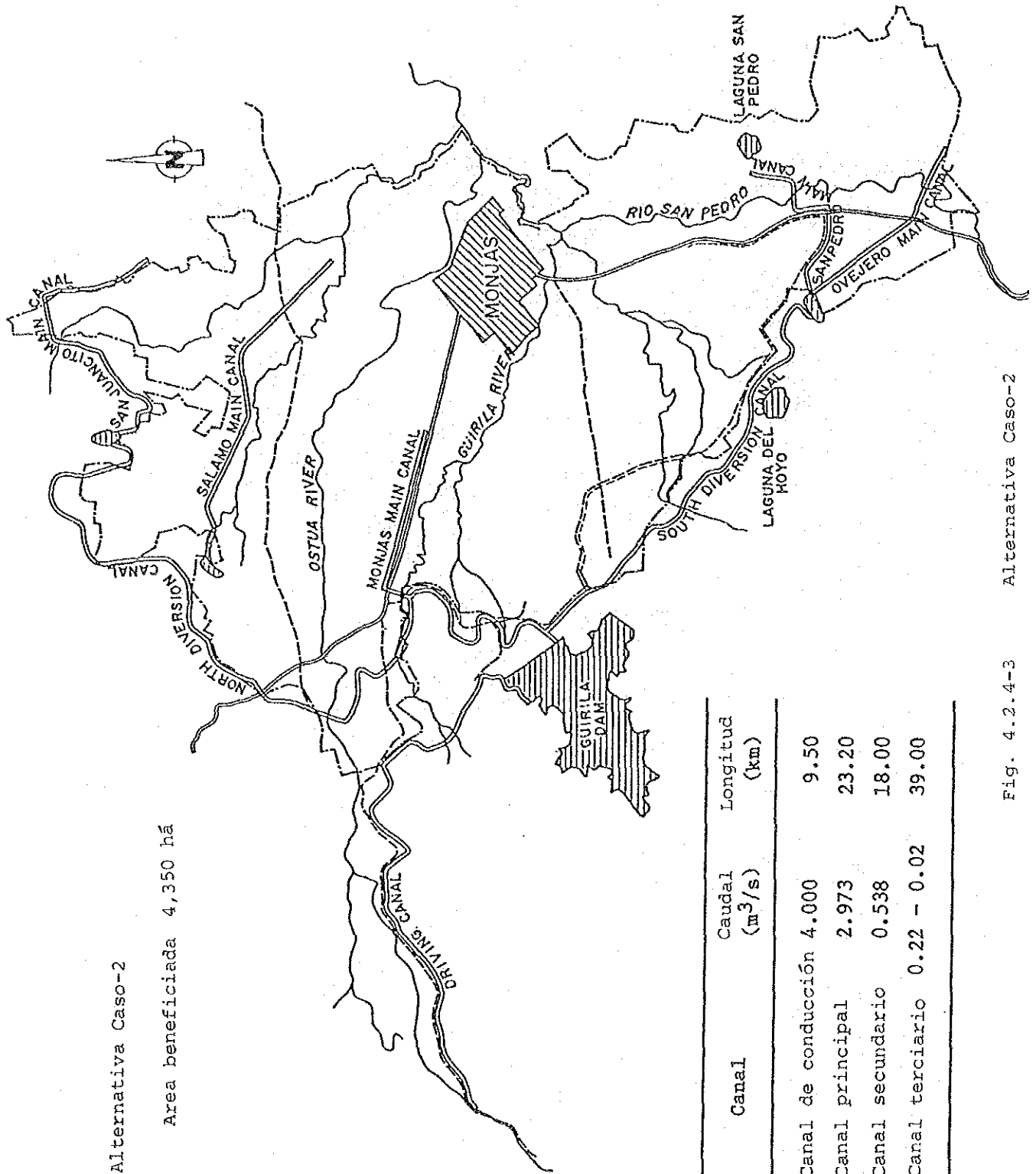


Canal	Caudal (m ³ /s)	Longitud (km)
Canal de conducción	4.000	9.50
Canal principal	3.280	23.20
Canal secundario	0.538	18.00
Canal terciario	0.22 - 0.02	39.00

Fig. 4.2.4-2 Alternativa Caso-1

Alternativa Caso-2

Area beneficiada 4,350 há



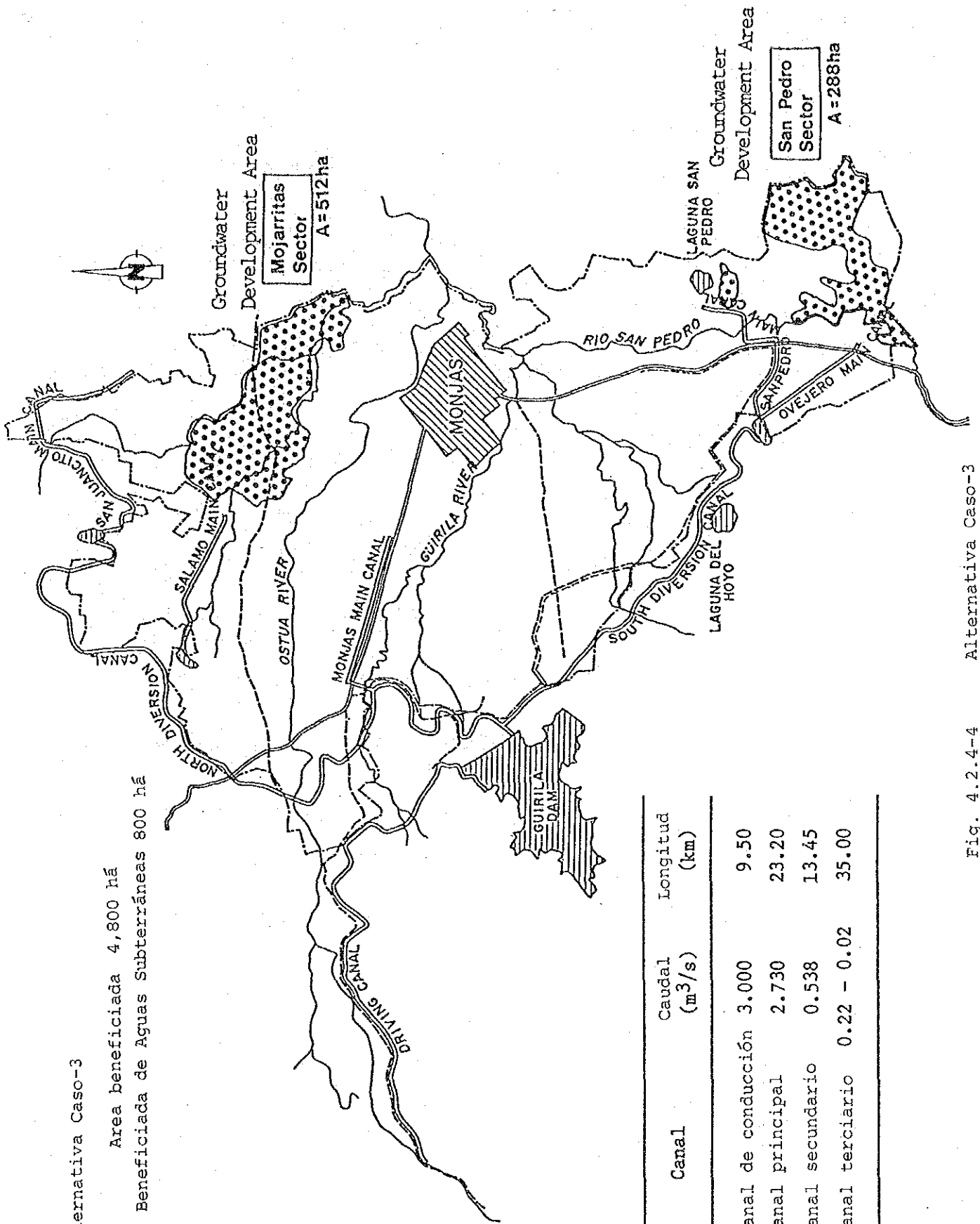
Canal	Caudal (m ³ /s)	Longitud (km)
Canal de conducción	4.000	9.50
Canal principal	2.973	23.20
Canal secundario	0.538	18.00
Canal terciario	0.22 - 0.02	39.00

Fig. 4.2.4-3 Alternativa Caso-2

Alternativa Caso-3

Area beneficiada 4,800 há

Area Beneficiada de Aguas Subterráneas 800 há



Canal	Caudal (m ³ /s)	Longitud (km)
Canal de conducción	3.000	9.50
Canal principal	2.730	23.20
Canal secundario	0.538	13.45
Canal terciario	0.22 - 0.02	35.00

Fig. 4.2.4-4

Alternativa Caso-3

iv) Operación y mantenimiento

La operación y mantenimiento deberá realizarse para dos tipos de recursos hídricos tanto aguas superficial como subterránea.

Las tres alternativas se han comparado en la Tabla 4.2.4-6.

4) Determinación del plan óptimo

Al examinar la superficie de riego, costo de construcción de obras de recurso hídrico, costo de operación y mantenimiento y rentabilidad de las tres alternativas mencionadas, el Caso 1 que consiste en el recurso hídrico único de la presa Güirila y superficie de riego de 4,800há se llega a la conclusión del plan óptimo según las siguientes razones:

- La superficie de riego incluido la pradera convertida a terreno cultivado es mayor alcanzando a 4,800 há;
- Se puede disponer un 37.7 MMC del volumen de agua requerido que equivale a 39.6MMC de la capacidad efectiva del embalse, mediante la conducción de la agua del río Ostua al río Güirila;
- El costo de construcción de las obras de recurso hídrico por hectárea sale más barato que el Caso 2;
- El costo de operación y mantenimiento es relativamente barato;
- Los canales existentes del proyecto de la Laguna del Hoyo se podrán utilizar efectivamente para el Caso 1; y
- El Caso 3 que es combinación con aguas subterráneas como recurso hídrico presenta el costo de operación, mantenimiento elevado y la rentabilidad baja.

Se ha evaluado cada alternativa en la Tabla 4.2.4-7

(4) Plan de riego

1) Característica del plan

Las características del plan de riego basándose en el párrafo anterior son las siguientes:

a. Superficie de riego $A = 4,800$ há

b. Obras de recursos hídricos

i) Obras de toma

- Presa de derivación 1 unidad
- Canal de conducción
 - Longitud $L = 9.5$ km
 - Caudal conducido $Q = 4.0$ m³/s

Tabla 4.2.4-6 Comparación de Planes de Alternativa

PLAN DE ALTERNATIVA	RECURSOS HIDRICOS	REQ. DE AGUAS SUPERFICIALES (MMC)	REQ. DE AGUAS SUBTERRANEAS (MMC)	OBRAS DE RECURSOS HIDRICOS				CANALES				MERITO	DESVENTAJA	NOTA	
				PRESA		Presa de Derivación	AGUAS SUBTERR.		CONDUCCION		CANAL PRINCIP.				
				Capac. de almacen.	Altura del muro		Vol. del muro	Vol. de bombeo	Capa de ciudad	Longitud	Capa de ciudad				Longitud
Caso 1	PRESA GUIRILA	4,928	-	3,770	49.0	2.64	1	-	-	4.0	9.5	3.28	41.2	-El costo de construcción es mayor debido a la gran cantidad de muro y mayor volumen de construcción	Referirse Fig. 4.2.4-2
Caso 2	PRESA GUIRILA	4,466	-	3,380	47.0	2.41	1	-	3.0	9.5	2.97	41.2	-La presa no es objetivo para desarrollar -La escala de proyecto es pequeña	Referirse Fig. 4.2.4-3	
Caso 3	PRESA Y AGUAS SUBTERR.	4,107	1/631	3,080	45.5	2.24	1	2/0.18	0.28	3.0	9.5	2.72	36.5	-Es necesario disponer el costo de reparación de PP los existentes -El costo de operación y mantenimiento será diez veces debido a bombeo de aguas subterráneas y -El sistema de operación y mantenimiento será en los. Pista y P222	Referirse Fig. 4.2.4-4

1/ Volumen bombeado de aguas subterráneas 2/ Caudal bombeado

$$V = \frac{49.284 \text{ MMC} \times 800 \times 0.476}{4,800 \text{ há} \times 0.62} = 6.31 \text{ MMC}$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Actual } 8.4 \text{ l/s} \times 22 = 0.18 \\ \text{Nuevo } 8.4 \text{ l/s} \times 33 = 0.28 \end{array} \right\} 0.46 \text{ m}^3/\text{s}$$

Tabla 4.2.4-7 Comparación de Alternativas

Descripción	Caso-1	Caso-2	Caso-3	
1. Superficie beneficiada (há)	4,800	4,350	4,800	
2. Principal recurso hídrico	Agua superficial (Presa Güirila)	Agua superficial (Presa Güirila)	Agua superficial 4,000 há; agua sub.; 800 há.	
3. Obras de recursos hídricos				
<u>Presa</u> Altura de muro (m)	49	47	45.5	
Capac.de almacenam.(MMC)	37.7	33.8	30.8	
Factibilidad técnica	Positiva	Positiva	Positiva	
<u>Pozo</u> Número de pozos	-	-	55 (33 pozos nuevos y 22 existentes)	
Factibilidad técnica	-	-	Positiva	
4. Costo de construcción de obras de recursos hídricos (X10 ⁹ Q)				
<u>Presa</u>	34,500	32,600	31,300	
<u>Pozo con bomba</u>	-	-	3,040	
Total	34,500	32,600	34,340	
Costo por hectárea	7,188	7,494	7,154	
5. Costo anual de operación y mantenimiento (O/M) *				
Personal requerido (número)	73	73	73	
Costo anual de O/M (X10 ⁹ Q)				
<u>Presa</u>	664	653	645	
<u>Pozo</u>	-	-	436	
Total	664	653	1,081	
Costo anual de O/M por hectárea (Q/año/há)				
<u>Presa</u>	138	150	161	
<u>Pozo</u>	-	-	545	
Promedio	138	150	225	
Evaluc. económica	Normal	Levemente elevado	Altamente elevado	
6. Proporción del costo de provechamiento de agua ocupado en el costo de producción**				
Maíz %	5.5	5.9	Pozo 18.1	Promedio 8.7
Frijol %	6.5	7.0	20.9	10.1
Rendimiento por producción de maíz (Q/há)	14	7	-226	-37

Nota : * Referirse a Apéndice 4.1.2 (5)

** Referirse a Apéndice A.4.2-8

ii) Embalse

- Volumen de almacenamiento requerido $V = 37.7$ MMC
- Capacidad efectiva de almacenamiento $V = 39.6$ MMC
- Altura de muro 49 m
- Volumen de la presa 2.64 MMC

c. Obras de riego

- i) Canal principal Longitud $L = 23.2$ km
- ii) Canal secundario Longitud $L = 18.0$ km
Caudal conducido $Q = 0.54 \text{ m}^3/\text{s}$ (promedio)
- iii) Canal terciario Longitud $L = 39.0$ km
Caudal conducido $Q = 0.21 \text{ m}^3/\text{s}$ (máximo)
- iv) Embalse regulador 3 lugares

2) Operación de la presa Güirila

Se ha examinado la operación de la presa Güirila durante 15 años comprendido desde 1967 hasta 1981. Los resultados se pueden resumir como los siguientes y los niveles operacionales de agua se dan a conocer en la Fig. 4.2.4-5.

- a. La capacidad efectiva de almacenamiento es de 39.6 MMC. (volumen de almacenamiento requerido es de 37.7 MMC), la cual es capaz de regar la superficie de 4,800 há durante 13 años.
- b. Se presenta una deficiencia de agua de riego en los 1972 y 1977 para una superficie de 4,800 há conduciendo $4.0 \text{ m}^3/\text{s}$ del máximo caudal desde el río Ostua al embalse Güirila. Este déficit es de aproximadamente 25.0 MMC y se presenta desde enero hasta abril.

Se presenta el agua sobrante durante 9 años que se puede solucionar mediante el control de conducción del río Ostua.

- c. Se puede suministrar el 35 - 45% de superficie de riego en 1972 y 1977 de los años de estiaje.
- d. La superficie regable se calcula en la base al volumen de almacenamiento en el comienzo de la época seca (de fines de septiembre a principios de octubre)
 - i) Si fuera el nivel de agua embalsada mayor a 1,036.9 m.s. n.m., o sea el volumen almacenado es de 34.0 MMC, se puede regar una superficie de 4,800 há.
 - ii) Si fuera el nivel de agua embalsada menor de 1,036.9 m.s. n.m. se puede calcular por la siguiente formula:

Area regable $A = 4,800$ há x tasa de volumen almacenado
donde,

Tasa de volumen almacenado

$$= \frac{\text{volumen almacenado a fines de sept.} \times 100}{\text{volumen total de almacenamiento}}$$

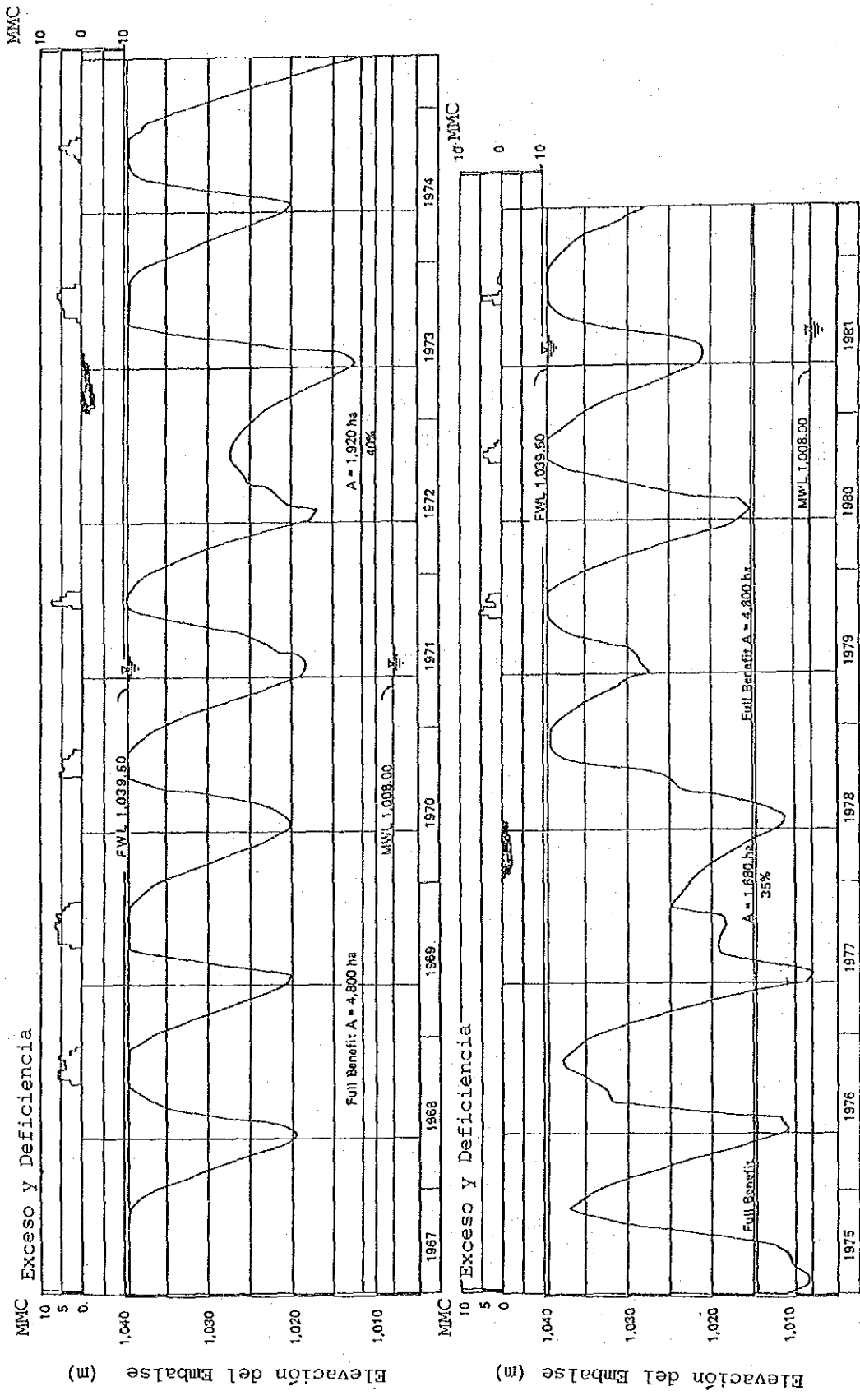


Fig. 4.2.4-5 Nivel de Agua Operacional de Embalse

4.3 Plan de Desarrollo

4.3.1 Plan de Uso de la Tierra

El área objetiva de riego será 4,800 há incluido 4,350 há del terreno cultivado existente y 450 há de la pradera convertida a terreno cultivado. Esta pradera corresponde a un terreno apto siendo clases II o III de la clasificación de la tierra, sin embargo, no se está utilizando como terreno cultivado debido a la falta de agua de riego y mala distribución laboral. En el plan de uso de la tierra, examinando el volumen de agua disponible se propone convertir aproximadamente 450 há de 1,000 há de la pradera existente en terreno cultivado que está distribuido al sur del río Ostua en base a las siguientes razones:

- Los agricultores con pradera tienen una intención de cambiar su uso en terreno cultivado, que es más rentable, siempre que esté disponible el agua de riego;
- Se puede utilizar eficientemente las obras de riego incluyendo las pequeñas praderas esporádicamente distribuídas en el terreno cultivado; y
- El plan está de acuerdo con la estrategia gubernamental de riego, que se trata de ampliar el área beneficiada de riego lo máximo posible.

La superficie de uso de la tierra propuesta está en la Tabla 4.3.1-1 y mapa de uso propuesta de la tierra en la Fig. 4.3.1-1.

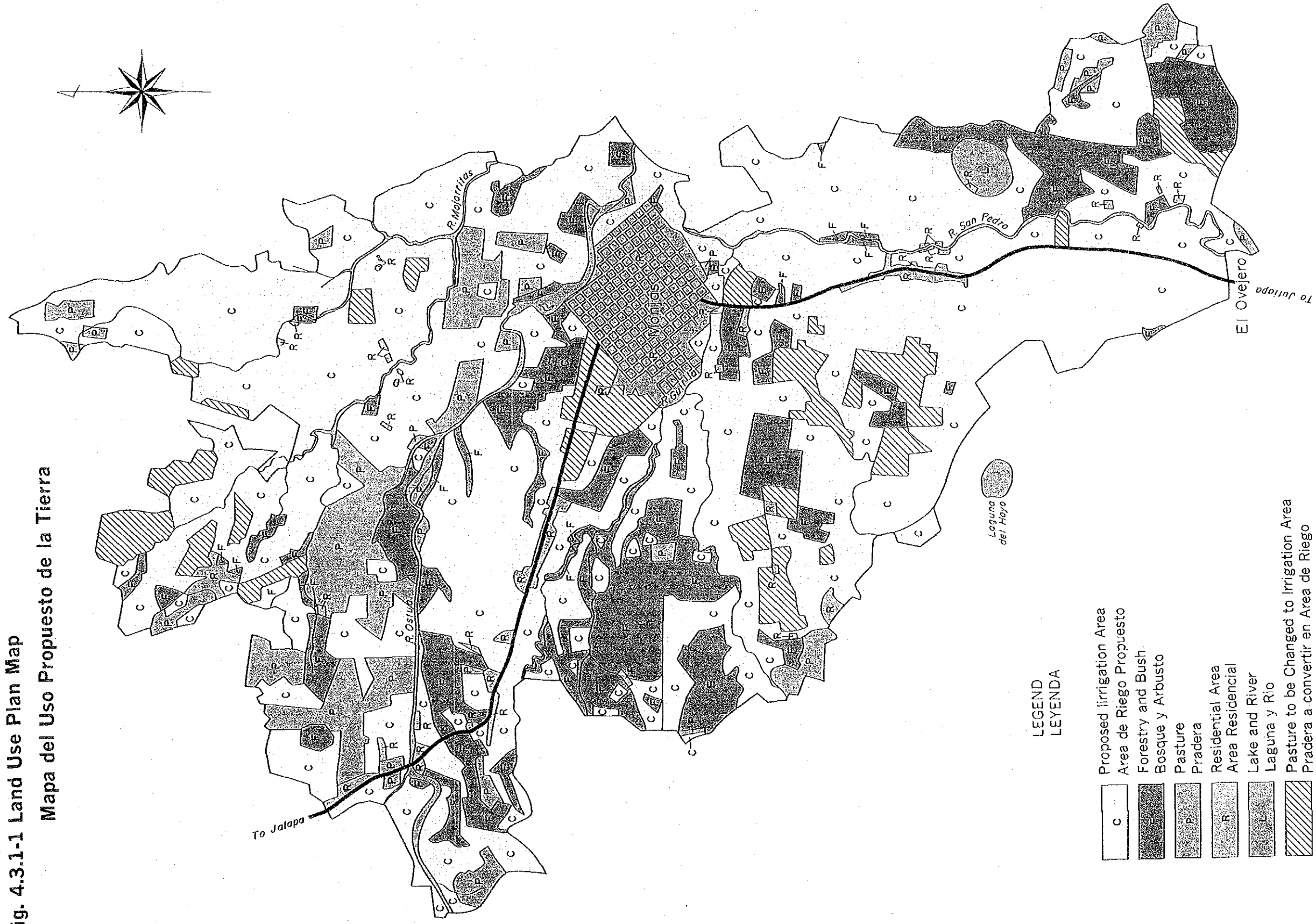
Tabla 4.3.1-1 Plan de Uso de la Tierra

I T E M	Superficie (há)		Total (há)	
	Jutiapa Depto.	Jalapa Depto.		
Terreno Agrícola	Terreno cultivado	715	3,635	4,350
	Terreno convertido	31	419	450
	Total	746	4,054	4,800
	Pradera	39	511	550
	Sub-Total	785	4,565	5,350
Bosque, arbusto	235	840	1,075	
Area urbana, pueblo	5	365	370	
Lagunas	35	-	35	
Otros *	65	235	300	
GRAN TOTAL	1,125	6,005	7,130	

* Están incluidos caminos, cauces naturales, canales, etc.

Las praderas distribuídas al norte del río Ostua son de escala mayor y de trata de mantener el actual estado de acuerdo con el volumen de agua disponible.

Fig. 4.3.1-1 Land Use Plan Map
 Mapa del Uso Propuesto de la Tierra



LEGEND
 LEYENDA

- | | |
|--|--|
| | Proposed Irrigation Area |
| | Area de Riego Propuesto |
| | Forestry and Bush |
| | Bosque y Arbusto |
| | Pasture |
| | Pradera |
| | Residential Area |
| | Area Residencial |
| | Lake and River |
| | Laguna y Rio |
| | Pasture to be Changed to Irrigation Area |
| | Pradera a convertir en Area de Riego |



89° 55'

89° 55'

14° 30'

14° 30'

4.3.2 Plan de Riego

(1) Area beneficiada y tasa de cultivo propuesto

Como está comentado en el párrafo 4.2.3, los conceptos básicos del patrón de cultivos propuesto para una superficie de 4,800 há son las siguientes:

- Mantener el volumen de producción de cultivos básicos tales como maíz y frijol;
- Ampliar el área cultivada de hortalizas rentables para la exportación; y
- Utilizar efectivamente el empleo laboral disponible en el Área.

De acuerdo al resultado de encuesta a los agricultores, la actualidad de agricultores ejemplares del área de proyecto de la Laguna del Hoyo, las sugerencias de extensionistas agrícolas y la tasa de cultivo, la superficie cultivada se ha determinado como se muestra en la Tabla 4.3.2-1

Tabla 4.3.2-1 Superficie Cultivada

Bloque	Area (há)	Cultivos	Sup.cultivada (há)
1	1,200	Maíz + Tomate	2,400
2	1,200	Maíz + Brócoli + Frijol	3,600
3	1,200	Tomate + Maíz	2,400
4	750	Frijol + Cebolla	1,500
5	450	Tabaco + Maíz + frijol	1,350
Total	4,800		11,250
Tasa de cultivo	100%		234%

El volumen de agua de riego se calcula sobre la base al patrón de cultivos antes mencionado.

(2) Volumen requerido de riego

1) Requerimiento de agua por cultivos

a. Cálculo de evapo-transpiración

i) El cálculo de evapo-transpiración (ET_o), que es un factor básico para saber el requerimiento de agua por cultivos, se ha realizado en la base al método de Penman utilizando los datos meteorológicos de la estación La Ceibita (Tabla 4.3.2-2).

El detalle del cálculo se da a conocer en la Tabla A.4.2-2.

Tabla 4.3.2-2 Evapo-transpiración calculada por el Método de Penman
(unidad: mm)

	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	Mayo	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Promedio
ET _o	3.86	4.64	5.24	5.44	4.83	4.23	4.57	4.23	3.78	3.67	3.61	3.54	4.30

Al comparar la evapo-transpiración que se está utilizando como el criterio de riego para el proyecto de la Laguna del Hoyo, los métodos de Penman y Pan-evaporation muestran buena coincidencia.

ii) Cálculo de requerimiento de agua por cultivos

El requerimiento de agua por cultivos (ET_{crop}) se obtiene multiplicando la evapo-transpiración antes mencionado, por el coeficiente de cultivos (K_c) de acuerdo con el patrón de cultivos propuesto como sigue:

$$ET_{crop} = K_c \cdot ET_o$$

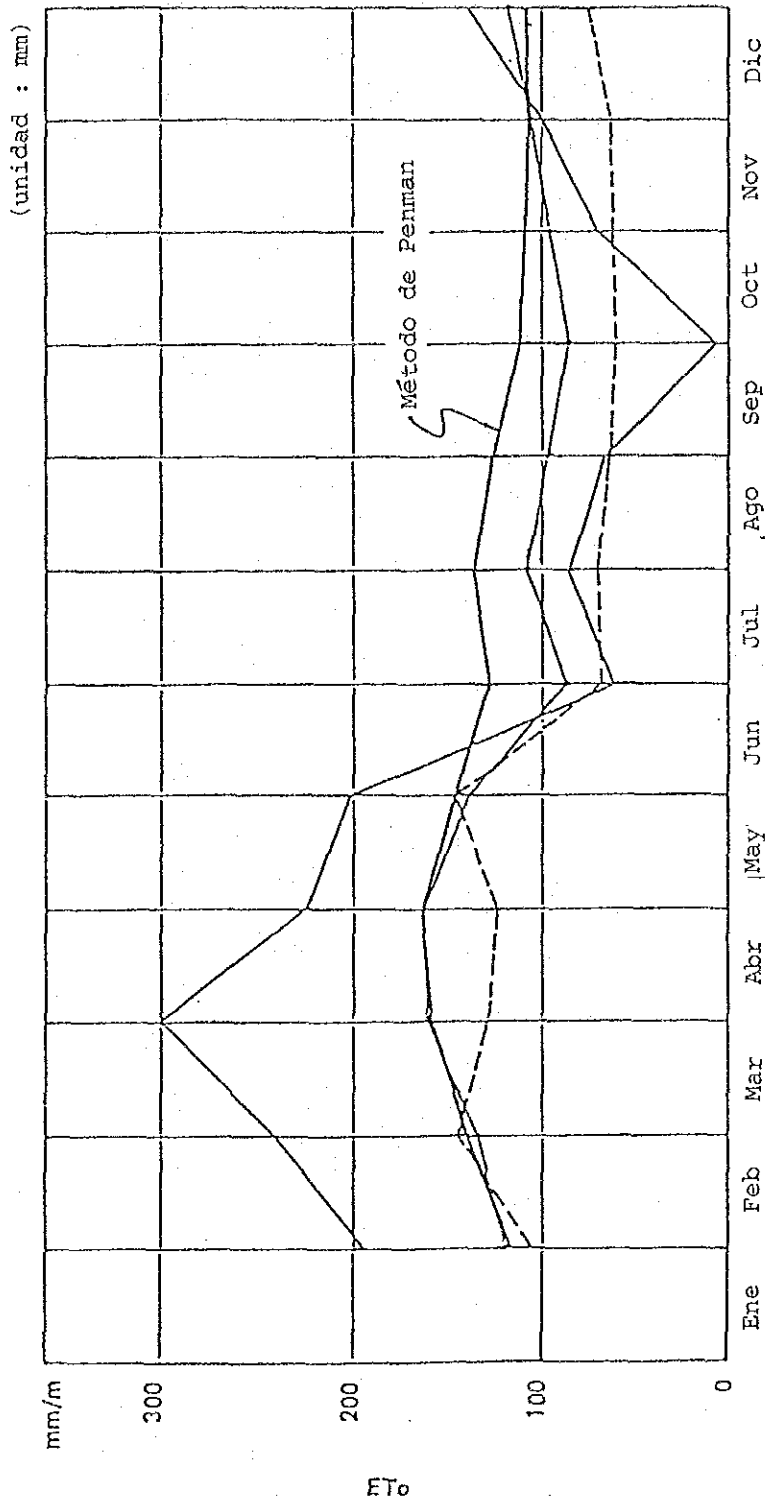
El resultado de este cálculo está mostrado en la Tabla 4.3.2-3.

El coeficiente de cultivos (K_c) se ha obtenido teniendo en cuenta "Technical Paper N° 24, Crop Water Requirements" de FAO y tomando como se muestra en la Tabla 4.3.2-4.

El detalle de cultivos por el período se da a conocer en la Fig. A.4.2.1-2.

Tabla 4.3.2-4 Coeficientes de Cultivos

Cultivos	Mes	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr
Maíz	I, II	0.40	0.48	0.66	0.87	1.04	0.98	0.88	0.68	-	-	-	-
"	III	-	-	-	-	-	0.47	0.65	0.82	0.94	0.98	0.89	0.68
"	IV	-	-	-	-	0.46	0.64	0.78	0.87	0.94	0.73	-	-
Tomate	I	-	-	-	-	-	-	0.46	0.64	0.81	0.93	1.03	0.89
"	II	-	0.43	0.62	0.79	0.92	1.03	0.89	-	-	-	-	-
Brócoli		-	-	-	-	-	-	0.54	0.77	0.81	0.93	0.93	-
Frijol	I	0.89	0.99	0.77	-	-	-	-	-	-	0.42	0.61	0.78
"	II	0.42	0.61	0.78	0.87	0.99	0.77	-	-	-	-	-	-
"	III	0.99	0.77	-	-	-	-	-	-	0.45	0.63	0.79	0.90
Tabaco		0.42	0.61	0.78	0.91	1.02	0.85	-	-	-	-	-	-
Cebolla		-	-	-	-	0.46	0.59	0.72	0.83	0.92	0.87	-	-



Penman	115.8	138.3	157.3	163.1	144.9	127.0	137.1	127.0	113.5	110.0	108.3	106.3
Christiansen*	195.6	242.0	301.7	225.8	203.5	63.4	85.9	68.0	5.7	71.3	98.8	139.0
Evaporimetro*	116.3	132.2	160.6	162.0	137.3	85.5	106.9	95.5	85.5	95.5	101.5	118.7
Blaney-Criddle*	105.3	143.5	128.3	123.7	146.2	65.6	69.8	63.2	59.9	62.4	63.4	75.1

* Criterio de operación utilizado por el proyecto de la Laguna del Hoyo.

Fig. 4.3.2-1 Evapo-transpiración por Cultivos

Tabla 4.3.2-3 Requerimiento Mensual de Agua por Cultivos

(unidad : mm)

Cultivo	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Promedio
Maíz (I), (II)	57.9	60.7	90.1	109.9	117.7	107.7	95.3	72.2	-	-	-	-	711.5
" (III)	-	-	-	-	-	52.1	70.4	86.9	108.9	136.0	139.6	111.0	704.9
" (IV)	-	-	-	-	52.2	70.5	84.5	93.2	109.1	101.9	-	-	511.4
Tomate (I)	-	-	-	-	-	-	49.8	68.5	93.5	129.8	161.9	145.8	649.3
" (II)	-	55.1	84.5	100.2	104.4	113.2	96.8	-	-	-	-	-	554.2
Brócoli	-	-	-	-	-	-	58.7	82.3	93.7	129.2	146.7	-	510.6
Frijol (I)	129.0	125.7	105.0	-	-	-	-	-	-	59.1	96.4	127.2	642.4
" (II)	61.2	77.8	107.0	110.9	112.4	84.2	-	-	-	-	-	-	553.5
" (III)	143.5	97.1	-	-	-	-	-	-	52.2	88.5	124.9	146.6	652.8
Tabaco	61.2	77.8	107.5	115.4	115.4	93.3	-	-	-	-	-	-	570.6
Cebolla	-	-	-	-	51.8	64.9	78.3	88.0	106.5	120.7	-	-	510.2
Promedio	90.5	82.4	98.8	109.1	92.3	83.7	76.2	81.8	94.0	109.3	133.9	132.7	547.6
Total	452.8	494.2	494.1	436.4	553.9	585.9	533.8	491.1	563.9	765.2	669.5	530.6	6,571.4

2) Cálculo de requerimiento de agua de riego

El requerimiento de agua de riego se calcula teniendo en cuenta el volumen consumido de agua por cultivos, precipitación efectiva y eficiencia de riego. Existe cierta posibilidad de concentrar el salino bajo condición de riego continuo durante la época seca. A pesar de que no se presenta este fenómeno en el área de riego existente, será conveniente considerar el volumen de agua para desalinización.

A continuación la precipitación efectiva y eficiencia de riego se comentarán:

a. Precipitación efectiva

Teniendo en cuenta los datos y característica de precipitación y los resultados del área beneficiada del Proyecto de la Laguna del Hoyo, se ha obtenido la precipitación efectiva mediante "Evaporation and Precipitation Method" elaborado por U.S.D.A. (Tabla 4.3.2-5).

Tabla 4.3.2-5 Precipitación Efectiva

(unidad: mm)

Mes	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Total
Precipitación (1963 - 87)	106	187	157	148	169	94	13	2	1	1	7	19	927
Precipitación Efectiva	60	90	90	90	90	55	0	0	0	0	0	0	475

La precipitación efectiva por año se estima en 475 mm durante la época lluviosa de seis meses (de mayo a octubre) lo que corresponde aproximadamente al 50% de la precipitación anual.

b. Eficiencia de riego

Teniendo en cuenta la topografía, sección de canales, red de distribución y método de riego, etc. la eficiencia de riego se ha determinado de acuerdo a la orientación establecida por FAO. La eficiencia de riego se muestra según el método de riego (Tabla 4.3.2-6).

Tabla 4.3.2-6 Eficiencia de Riego

Método de Riego	Eficienc.de aplicac. en terreno	Eficienc. de Distribución	Eficienc.de Conducción	Eficienc.de Riego
Riego por surcos	0.60	0.90	0.85	0.46
Riego por aspersión	0.70	0.90	0.85	0.54

c. Agua de desalinización

Agua de desalinización se ha obtenido por la siguiente fórmula:

$$Lr = \frac{ECw}{5ECe - ECw} \times \frac{1}{Le}$$

donde,

Lr : Agua de desalinización

ECe : Conductividad eléctrica de agua saturada en suelos para el cultivo facultativo dentro del alcance permitido de cosecha reducida mmho/cm

ECw : Conductividad eléctrica de agua de riego mmho/cm

Le : Eficiencia de desalinización

Los valores de agua de desalinización se dan a conocer como sigue:

Cultivo	Lr
Maíz	0.03
Brócoli	0.02
Tomate	0.02
Frijol	0.01
Cebolla	0.04
Tabaco	0.02

El detalle de agua de desalinización está comentado en Apéndice 4.2.1 (7).

d) Requerimiento de agua de riego

El requerimiento de agua de riego para cada cultivo se ha obtenido desde requerimiento de agua para cultivo, precipitación efectiva, área de cultivo y eficiencia de riego utilizando la siguiente fórmula:

$$W.R. = \frac{A \times \text{Neto } E_{Tcrop}}{1 - Lr} \times \frac{10}{E_p}$$

donde, A : Área de Riego (há)

Neto $E_{Tcrop} = E_{To} - P_e$: Requerimiento de agua por cultivo.

E_{To} : Volumen consumido de agua por cultivo (MM)

P_e : Precipitación efectiva (mm)

E_p : Eficiencia de Riego

Lr : Agua de desalinización

Los resultados de cálculo se muestran en las Tablas 4.3.2-7 y -8.

Basándose en la superficie beneficiada de 4,800 há y tasa del uso de tierras, el volumen requerido de agua de riego por año es de 49.3 MMC (1,026 mm por hectárea) y el máximo volumen de agua de riego es de 3.28 m³/sec.

Item	Volumen de agua	Período
Máximo requerimiento de agua de riego	3.280 m ³ /s	Fines de enero
Máximo requerimiento de agua de riego por área unitaria	1.12 l /s/há	Fines de marzo

(3) Método de riego

1) Velocidad de infiltración

Para examinar el presente plan de riego, se ha realizado una medición a la velocidad de infiltración en ocho puntos en el área del proyecto. Las velocidades básicas de infiltración obtenidas del resultado de ensayo en terreno están mostrados en la Tabla 4.3.2-9

Tabla 4.3.2-9 Velocidad Básica de Infiltración

Punto de Medición	Velocidad Básica de Infiltración (mm/hr)
1. Area del Proyecto de la Laguna del Hoyo	2.03
2. Ovejero (N° 1)	1.98
" (N° 2)	8.56
3. San Pedro (N° 1)	12.99
" (N° 2)	15.39
4. Güirila (N° 1)	5.96
" (N° 2)	10.18
5. San Antonio (N° 1)	4.51
" (N° 2)	11.26
6. Monjas (I)	1.09
7. Monjas (II) (N° 1)	0.73
" (N° 2)	2.86
8. Salamo	2.24
Promedio	6.14

Tabla 4.3.2-7 Requerimiento de Agua de Riego

Fecha		Requerimiento de Agua		Requerimiento Uni-	
Mes	Día	(MMC)	(m ³ /s)	Area de Riego (há)	tario de Agua (l/sec/há)
May	B	0.721	0.834	1,983	0.42
	M	0.539	0.624	2,067	0.30
	L	0.488	0.565	2,150	0.26
Jun	B	0.168	0.194	2,500	0.08
	M	0.140	0.162	2,851	0.06
	L	0.115	0.133	3,200	0.04
Jul	B	0.141	0.163	3,600	0.05
	M	0.209	0.242	4,000	0.06
	L	0.286	0.331	4,400	0.08
Ago	B	0.409	0.473	4,400	0.11
	M	0.681	0.788	4,400	0.18
	L	0.623	0.721	4,400	0.16
Sep	B	0.748	0.866	4,267	0.20
	M	0.718	0.831	4,133	0.20
	L	0.526	0.609	4,000	0.15
Oct	B	1.060	1.227	3,734	0.33
	M	0.914	1.058	3,466	0.31
	L	1.117	1.293	3,200	0.40
Nov	B	2.297	2.659	3,466	0.77
	M	2.020	2.338	3,467	0.67
	L	1.982	2.294	3,600	0.64
Dic	B	2.003	2.318	3.600	0.64
	M	2.086	2.414	3,600	0.67
	L	2.355	2.726	3,600	0.76
Ene	B	2.501	2.895	3,650	0.79
	M	2.608	3.019	3,700	0.82
	L	2.834	3.280	3,750	0.87
Feb	B	2.831	3.277	3,400	0.96
	M	2.636	3.051	3,050	1.00
	L	2.452	2.838	2,700	1.05
Mar	B	2.279	2.638	2,484	1.06
	M	2.055	2.378	2,266	1.05
	L	1.992	2.306	2,050	1.12
Abr	B	1.769	2.047	1,867	1.10
	M	1.603	1.855	1,683	1.10
	L	1.378	1.595	1,500	1.06
Total		49,284 MMC			
Promedio		49.284	1,026 mm	3,227	

Tabla 4.3.2-8 Requerimiento de Agua por Cultivos

(A= 4,800 h a)
(unidad: MMC)

Fecha	Maíz (I) (1,200 ha)	Maíz (II) (1,200 ha)	Maíz (III) (1,200 ha)	Maíz (IV) (450 ha)	Tomate (I) (1,200 ha)	Tomate (II) (1,200 ha)	Brócoli (1,200 ha)	Frijol (I) (1,200 ha)	Frijol (II) (750 ha)	Frijol (III) (450 ha)	Tabaco (450 ha)	Cebolla (750 ha)	Total MMC
May	B 0.003	0.003						0.537	0.003	0.173	0.002		0.721
	M 0.054	0.054						0.426		0.113			0.539
	L 0.107	0.107						0.404	0.005	0.077	0.002		0.488
Jun	B 0.278	0.278						0.154		0.014			0.168
	M 0.260	0.260						0.140					0.140
	L 0.182	0.182						0.105	0.006		0.004		0.115
Jul	B 0.018	0.018				0.027		0.061	0.050		0.030		0.141
	M 0.054	0.054						0.007	0.103		0.063		0.209
	L 0.107	0.107							0.091		0.060		0.286
Ago	B 0.200	0.200			0.056				0.084		0.055		0.409
	M 0.211	0.211			0.105				0.105		0.071		0.681
	L 0.278	0.278			0.072				0.069		0.060		0.623
Sep	B 0.260	0.260			0.069				0.074		0.049		0.748
	M 0.182	0.182			0.108				0.102		0.039		0.718
	L 0.370	0.370			0.245				0.031		0.023		0.526
Oct	B 0.325	0.325		0.001	0.209				0.044		0.030		1.060
	M 0.357	0.357		0.019	0.196				0.010		0.010		0.914
	L 0.491	0.491		0.076	0.196								0.100
Nov	B 0.374	0.374		0.214	0.436		0.048				0.329		2.297
	M 0.250	0.250		0.250	0.088		0.110				0.388		2.020
	L 0.250	0.250		0.268	0.145		0.194				0.428		1.982
Dic	B 0.147	0.147		0.248	0.223		0.291				0.397		2.003
	M 0.065	0.065		0.230	0.322		0.386				0.362		2.086
	L 0.881	0.881		0.454	0.511		0.511				0.355		2.355
Ene	B 0.930	0.930		0.194	0.582		0.518			0.017	0.309		2.501
	M 1.019	1.019		0.157	0.707		0.523			0.035	0.256		2.608
	L 1.017	1.017		0.121	0.862		0.566			0.061	0.205		2.834
Feb	B 0.913	0.913		0.079	0.883		0.551	0.051		0.104	0.146		2.831
	M 0.811	0.811		0.034	0.858		0.496	0.107		0.157	0.071		2.636
	L 0.682	0.682		0.828	0.739		0.406	0.187		0.220	0.071		2.432
Mar	B 0.529	0.529		0.439	0.739		0.276	0.295		0.287	0.279		2.279
	M 0.404	0.404		0.491	0.491		0.133	0.439		0.350	0.350		2.055
	L 0.238	0.238		0.311	0.311			0.667		0.430	1.992		1.789
Abr	B 0.103	0.103		0.133	0.133			0.824		0.386	0.386		1.603
	M 0.103	0.103		0.133	0.133			0.999		0.368	0.368		1.603
	L 0.103	0.103		0.133	0.133			1.057		0.321	0.321		1.378
Total	3.692	3.692	10.607	2.113	8.283	1.713	5.009	6.460	0.732	3.123	0.498	3.362	49.284

Los puntos de medición y resultados del ensayo están mostrados en el Apéndice 4.2.1 (8)

2) Método de riego

Teniendo en cuenta las condiciones naturales, de manejo agrícola y económica, el método de riego se propone como sigue:

Riego por surcos	80%
Riego por asperción	20%

Los criterios para elegir el método de riego son los siguientes:

a. Aunque la gradiente topográfica y forma predial son aptos para ambos métodos de riego, el riego por surcos es más apropiado teniendo en consideración la velocidad de infiltración básica (1-15 mm/hr).

El viento oriental predomina en la época seca que causa mala eficiencia de riego por asperción, razón por la cual será conveniente disminuir la porción de riego por asperción.

b. Actualmente, se encuentran dos métodos de riego en el Area existente: riego por surcos; 76% y riego por asperción; 24%. Para formular el plan de riego se toma esta proporción como una referencia.

c. El costo para equipar la instalación de asperción es elevado, siendo un juego standard es de aproximadamente Q. 10,000.

d. Teniendo en cuenta el manejo agrícola, en particular la labor de manejo de agua y sistema de labor agrícola, se propone introducir el riego por asperción en la proporción de un 20%.

(4) Volumen requerido de agua de riego por una vez, día de intervalo de riego y bloque predial rotativo

Se ha realizado el análisis físico-químico de suelos, tales como gravedad, porosidad, capacidad de retención de agua, punto de marchitamiento permanente, etc., utilizando las muestras obtenidas en los puntos de ensayo de infiltración en terreno (Tabla A.3.5-4).

Basándose en los resultados de análisis se calcularon el contenido efectivo de cada estrato de suelo y total de humedad efectiva (TRAM).

Tabla 4.3.2-10 Total Humedad Efectiva (TRAM)

(unidad: mm)

Punto	Maíz , Tabaco	Tomate, Cebolla, Brócoli, etc.
1. Area de proyecto de la Laguna del Hoyo	78	39
2. Ovejero	70	35
3. San Pedro	46*	23*
4. Güirila	54	27
5. San Antonio	45*	23*
6. Monjas	64	32
7. "	62	31
8. Mojarritas	68	34
9. Achiotes	66	33
Promedio	61	31
" (excepto 3 y 5)	66	33

Como se muestra en la Tabla 4.3.2-10, el valor de TRAM es de 66mm para maíz y tabaco y 33mm para tomate y brócoli.

Los días de intervalo de riego se obtienen en la base a los valores de TRAM y volumen diario de consumo de agua (Tabla 4.3.2-11).

Tabla 4.3.2-11 Intervalo de Riego por Cultivos

Cultivo	TRAM (mm)	Volumen diario de consumo máximo de agua	Día de Intervalo
Maíz I, II	66	4.07	15
Maíz III	66	4.72	
Maíz IV	66	3.71	
Tomate I	33	5.73	7
Tomate II	33	3.83	
Brócoli	33	5.17	6
Frijol I	33	4.41	7
Frijol II	33	3.85	
Frijol III	33	5.27	
Tabaco	66	3.94	16
Cebolla	33	4.15	8
Promedio	33	4.5	7

El día de intervalo de riego se diferencia por cultivo y tiempo de siembra; sin embargo, el volumen promedio de agua consumida durante la época de crecimiento corresponde aproximadamente al 90% de la máxima. Por lo tanto, se puede tomar 7 días en promedio que corresponde al valor establecido por el proyecto de la Laguna del Hoyo.

El volumen requerido de agua de riego por una vez se estimó en 33 - 66 mm obtenido de TRAM.

Generalmente, el área regable por un día mediante riegos por surco y asperción varía entre 1.4 y 2.1 há, respectivamente.

Por lo tanto, el bloque predial rotativo Ar.b se da a conocer como sigue:

$$Ar.b = 1.4 \sim 2.1 \times 7 = 10 \sim 15 \text{ há}$$

Por otro lado, la capacidad de canal de extremo en el bloque predial rotativo es de 8.21 l/s/há.

(5) Plan de distribución de agua

1) Red de canales de riego

Teniendo en cuenta la topografía, cauces naturales existentes, área residencial y área del proyecto de la Laguna del Hoyo, el sistema de riego se planifica dividiendo el área beneficiada en 10 bloques (Tabla 4.3.2-12).

Tabla 4.3.2-12 Bloque de Distribución de Aguas

Bloque	Nº de Obra de Derivación	Superficie (há)
. Canal Principal del Sur		
1. Bloque de riego de la Lag. del Hoyo	16	923.6
2. Bloque de San Pedro	13	504.8
3. Bloque Ovejero	11	394.8
4. Bloque de Bomba de Ovejero	4	145.0
5. Bloque de distribución directa	6	201.8
Sub-Total		2,170.0
. Canal Principal del Norte		
6. Bloque de Monjas	11	567.0
7. Bloque de Salamo	14	737.2
8. Bloque de San Juancito	10	560.0
9. Bloque de distribución directa	24	695.8
Sub-Total		2,560.0
. Canal de Conducción		
10. Bloque de distribución directa	2	70.0
Sub-Total		70.0
GRAN-TOTAL		4,800.0 há
Promedio	111*	480.0 Há

* Está excluido las obras de derivación desde canales principales a secundarios.

El área beneficiada por un canal principal es de 480 há en promedio y el área controlada por una obra de derivación es de aproximadamente 45 há (3 bloques rotativo).

El esquema de canales principal y secundario y plan de distribución de agua se dan a conocer en la Fig. 4.3.2-2.

2) El plan de embalse regulador

Es difícil distribuir el agua oportunamente sin inutilidad por un canal abierto de larga longitud. Por eso, se propone planificar un embalse regulador en el extremo terminal de cada canal principal, o sea, extremo cabezal de canales secundarios con el objetivo de facilitar el manejo de la distribución.

El embalse regulador tendrá las siguientes funciones:

- Regular el tiempo de riego ;
- Regular el tiempo de distribución;
- Prevenir la descarga inútil; y
- Embalse con función de tanque de bomba para el embalse regulador N° 3.

3) Requerimiento unitario de agua

El requerimiento unitario de agua para cada tipo de canal se ha determinado de acuerdo a cada función y como sigue:

Tipo de Canal	Area Beneficiada (há)	Requerimiento Unitario de Agua (l/s/há)
Canal Principal	560 - 2,560	0.87
Canal Secundario	480 en promedio	1.12
Canal Terciario	15 - 150	1.43
Canal de Extremo	15 en promedio	8.21

4.3.3 Plan de Embalse de Presa

(1) Escala de Embalse

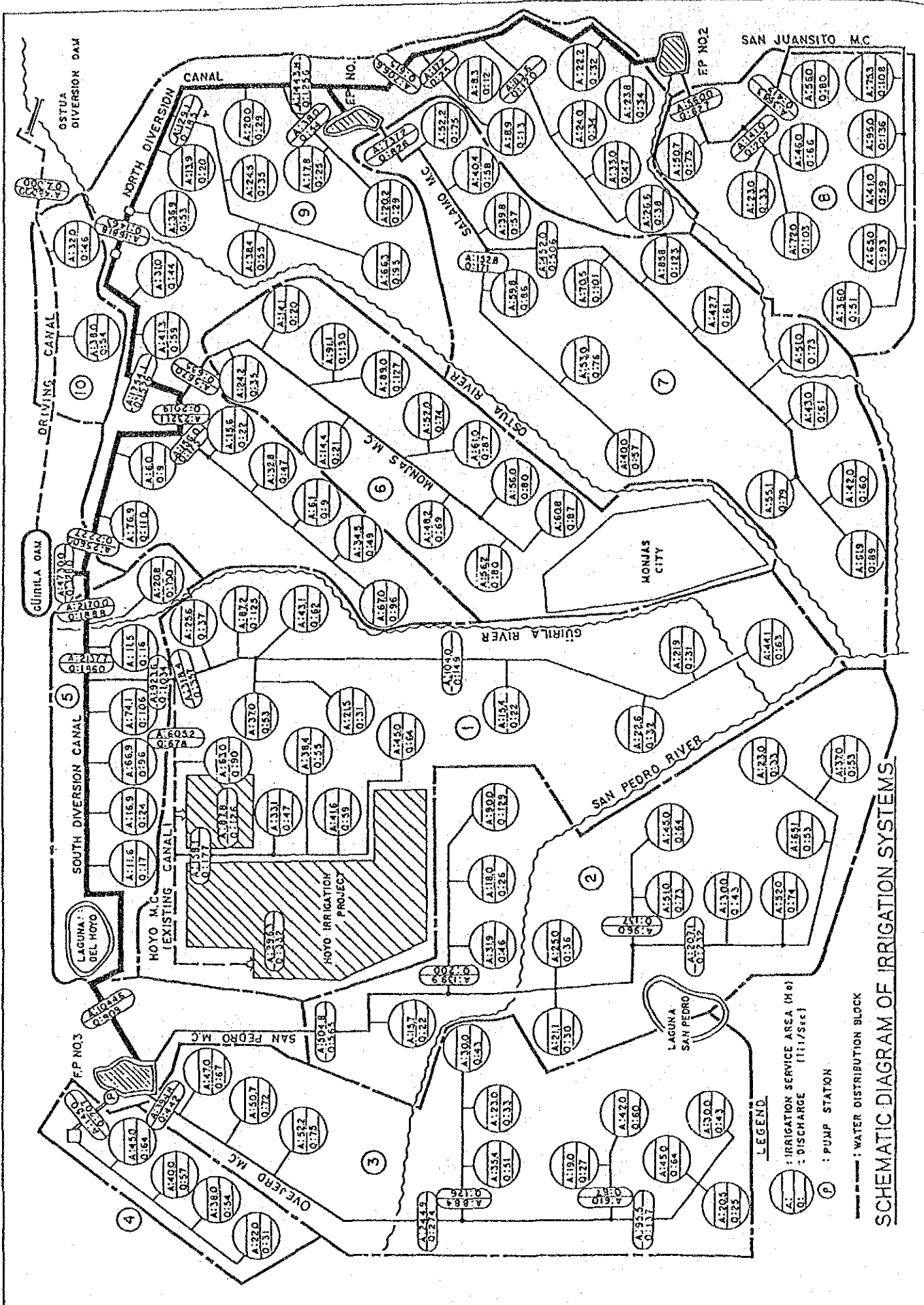
La escala de embalse de la presa Güirila que se ha examinado en el párrafo 4.2 Concepto Básico de Desarrollo se determina basándose en la curva de altura vs. volumen mostrada en la Fig. A.4.1.1-1 como sigue:

Cuenca hidrográficas

cuenca directa	26.0 km ²
cuenca indirecta	177.0 km ²

Descarga anual

cuenca directa	11.9 MMC
cuenca indirecta	96.7 MMC



SCHEMATIC DIAGRAM OF IRRIGATION SYSTEMS

Embalse

capacidad efectiva de embalse *	39.6 MMC
sedimentación diseñada	1.3 MMC
capacidad bruta de embalse	40.9 MMC
área de embalse en el nivel lleno de agua	3.05 km ²
nivel lleno de agua	1,039.50 m.s.n.m.
nivel alto de agua	1,041.00 m.s.n.m.
nivel de sedimentación	1,008.00 m.s.n.m.
profundidad de agua utilizable	39.50 m

* Está incluido un 5% de pérdida.

(2) Escala de muro de presa

1) Elevación de no-rebosadero

La elevación de no-rebosadero se ha determinado por la siguiente manera:

- En el caso de nivel lleno de agua (1,039.50 m.s.n.m.)

$$H_f + h_w + h_e + 1$$

$$\text{donde, } h_w < 1 \rightarrow H_h + 2$$

- En el caso de nivel alto de agua (1,041.00 m.s.n.m.)

$$H_f + h_w + 1$$

$$\text{donde, } h_w < 1 \rightarrow H_h + 2$$

H_f : nivel lleno de agua

H_h : nivel alto de agua

h_w : altura de ola en el embalse producido por el viento (m)

h_e : altura de onda sísmica en el embalse producido por sismo (m)

a. Altura de ola

Para calcular la altura de ola en el embalse producido por viento en la base a la velocidad de viento, distancia hasta orilla opuesta y gradiente de pendiente, se aplican los métodos de SMB y Saville.

La velocidad promedio de viento registrado durante 10 años pasado en el Area de estudio es lento siendo 2.0 m/s, por lo cual se utiliza 20 m/s teniendo en consideración la seguridad de la presa. La distancia hasta la orilla opuesta es de 2,800 m medida de la cartografía con escala 1:12,500.

El muro de la presa por lado de aguas arriba tomará pendiente plana con una gradiente 1:2.8.

En consecuencia, la altura de ola producida por viento será de 1.50 m.

b. Altura de onda sismica

La altura de onda sismica en el embalse producida por sismo se calcula por la siguiente formula:

$$h_e = \frac{1}{2} \cdot \frac{K_t}{\tau} \cdot \sqrt{g \cdot H_o}$$

donde,

K : sismicidad diseñada	0.12
τ : ciclo sismico (sec)	1.0
Ho: profundidad de embalse en el nivel lleno de agua(m)	
1,039.50 m.s.n.m - 1,000.00 m.s.n.m.	$= 39.50 \text{ m}$
g: gravedad acelerada	9.8 m/s ²

$$h_e = \frac{1}{2} \times \frac{0.12}{3.14} \times \sqrt{9.8 \times 39.5}$$
$$\approx 0.38 \text{ m}$$

c. Determinación de elevación de muro de presa

- En el caso de nivel lleno de agua (1,039.50 m.s.n.m.)

$$h_w + h_e = 1.50 + 0.38 = 1.88 > 1.0$$

por tanto,

$$H_f + h_w + h_e + 1 = 1,039.50 + 1.50 + 0.38 + 1$$
$$= 1,042.38 \text{ m.s.n.m.}$$

- En el caso de nivel alto de agua (1,041.00 m.s.n.m.)

$$h_w = 1.50 > 1.0$$

por tanto,

$$H_h + h_w + 1 = 1,041.00 + 1.50 + 1$$

en consecuencia, la elevación de muro de presa será de 1,043.50 m.s.n.m.

2) Elevación de coronación

La elevación de coronación es de 1,044 m, sumando la elevación de muro y espesor de capa de protección para la zona impermeable.

4.4 Plan de Desarrollo Agrícola

4.4.1 Plan de Producción Agrícola

(1) Superficie sembrada

Al calcular la superficie sembrada de las épocas lluviosa y seca de acuerdo al patrón de cultivos propuesto en la Fig. 4.2.3-1, la superficie total de siembras se dobla a la actual y promedio de

tasa anual de cultivo incrementa de 129 a 234% (Tabla 4.4.1-1). En relación con la superficie de siembra estacional, casi se mantiene en la época lluviosa presentando de 110 a 109% y se incrementa notoriamente en la época seca aumentando de 18 a 125%. La diferencia de tasa de cultivo entre las épocas seca y lluviosa proviene de una mayor siembra de maíz de larga duración de cultivo en la época lluviosa y mayor frecuencia de siembra de hortalizas de corta duración de cultivo en la época seca.

(2) Volumen de producción

1) Rendimiento

De acuerdo con la examinación exhaustiva con las personas de la República de Guatemala relacionadas sobre los datos recolectados, resultados de la encuesta aplicada a los agricultores, actual situación del proyecto de la Laguna del Hoyo y pronóstico de incremento de la producción agrícola por el mejoramiento tecnológico, se planifica el rendimiento como se muestra en la Tabla 4.4.1-2. En la Tabla, Presente significa el rendimiento actual obtenido del presente estudio, Sin Proyecto el rendimiento pronosticado en la base al incremento de mejoramiento tecnológico sin proyecto y Con Proyecto el rendimiento tomado del rendimiento actual de agricultores ejemplares con medios de riego.

El plan de rendimiento de cultivos se propone diferente entre las épocas lluviosa y seca, de acuerdo con los siguientes conceptos:

- La mayoría de agua de riego se obtiene de la precipitación salvo algunos sectores con riego en el momento de sequía durante la época lluviosa por lo que el rendimiento se presenta inestable; y
- El agua de riego estará asegurado durante la época seca por lo que el rendimiento se presenta estable.

El rendimiento de cultivos se planifica incrementar en comparación con lo de actualidad como sigue: 1.3 - 1.4 veces para el maíz, 1.4 - 1.6 veces para el frijol, 1.4 veces para el tabaco, tomate y cebolla y 1.3 veces para brócoli.

2) Volumen total de producción

El volumen total de producción de cada cultivo se planifica incrementar, en comparación con lo actual, como sigue: 1.9 veces para el maíz, 6 veces para el frijol, 1.3 veces para el tabaco, 4.0 veces para el tomate, 4.5 veces para el brócoli y 8.1 veces para la cebolla (Tabla 4.4.1-3).

Tabla 4.4.1-1 Superficie de Siembra Propuesta

(unidad : há)

Cultivo			Sin Proyecto	Con Proyecto	Balance
Maíz	W	1st	2,950	2,400	-450
	W	2nd	160	450	290
	D		24	1,200	1,176
	Sub-Total		3,134	4,050	916
Frijol	W	1st	600	750	150
	D - W			1,200	1,200
	D		57	450	393
	Sub-Total		657	2,400	1,743
Tabaco	W	1st	480	450	-30
Tomate	W	1st	320	1,200	880
	W	2nd	290	-	-290
	D		259	1,200	941
	Sub-Total		869	2,400	1,531
Brócoli	D		340	1,200	860
Cebolla	D		130	750	620
<u>Gran-Total (a)</u>			5,610	11,250	5,640
Area Cultivada (b)			4,350	4,800	
Tasa de siembra a/b x 100			129	234	
Pastoe			1,000	550	-450
W	: época lluviosa		D	: época seca	
1st	: primera siembra		2nd	: segunda siembra	

Tabla 4.4.1-2 Rendimiento Propuesto

(unidad:t/há)

Cultivo		Presente	Sin Proyecto	Con Proyecto
Maíz	W	2.7	2.8	3.8
	D	3.2	3.4	4.1
Frijol	W	1.1	1.2	1.8
	D	1.4	1.5	2.0
Tabaco	W	1.4	1.4	1.9
	D	17.0	17.9	24.0
Tomates	W	18.5	19.4	26.0
	D	8.3	8.3	10.5
Brócoli	D	8.5	8.7	12.0
Cebolla	D			

W : época lluviosa D : época seca

- Fuente: 1. Costo Estimado de Producción de los Principales Productos Agrícolas, Temporada 1987 - '88, Banco de Guatemala, 1987.
 2. Diagnostico de la Sub-Region VI-2, DIGESA, Region VI-2, 1986.
 3. Oficina de Unidad de Riego "Laguna de Hoyo", 1987.

Tabla 4.4.1-3 Volumen de Producción Propuesto

(unidad: tonelada)

Cultivo		Presente	Sin Proyecto	Con Proyecto
Maíz:	W	8,397	8,708	10,830
	D	77	82	4,920
Sub-Total		8,474	8,790	15,750
Frijol	W	660	720	3,510
	D	80	86	900
Sub-Total		740	806	4,410
Tabacco	W	672	672	855
Tomate	W	10,370	10,919	28,800
	D	4,792	5,025	31,200
Sub-Total		15,162	15,944	60,000
Brócoli	D	2,822	2,822	12,600
Cebolla	D	1,105	1,131	9,000

(3) Materiales de insumo

El plan de materiales de insumo es lo siguiente:

Semillas: Se trata de mejorar la calidad de las semillas mediante la renovación de semillas y aplicación de semillas mejoradas.

Fertilizantes: Se planifica aumentar aproximadamente 1.5 veces más que el actual volumen aplicado.

Insecticidas: Se propone la misma fórmula de aplicación para el tabaco y brócoli, ya que la compañía dispone la distribución y asistencia técnica. Para frijol y tomate se mejorarán la frecuencia de aplicación y volumen de insecticidas. Se planifica la aplicación apropiada para otros cultivos en la base al actual volumen aplicado.

Herbicidas: Al examinar la demanda laboral de cada período, se trata de racionalizar la labor para deshierbe mediante el uso de herbicida.

(4) Requerimiento laboral

1) Requerimiento laboral por área unitaria

El requerimiento laboral por hectárea y cultivo para las situaciones presentes y con proyecto está mostrado en la Tabla

4.4.1-4. Aunque la tecnología de cultivo tales como siembra, aplicación de fertilizantes e insecticidas se mejore, la labor requerida no cambia significativamente. La labor para deshierba disminuirá en aproximadamente un 10% en relación con la situación actual. El mejoramiento de canales disminuye la labor requerida en aproximadamente un 20% en comparación con la situación actual, sin embargo se planifica el riego en el momento de estiaje aun en la época lluviosa por lo cual se requiere la labor de 6 personas por hectárea. Además, la labor para la cosecha aumentará en aproximadamente un 10%, debido al aumento de rendimiento.

La labor requerida según Cultivo e ítem de trabajo se da a conocer en la Tabla A.4.2.2-6.

Tabla 4.4.1-4 Labor Requerida por Cultivo

		(unidad:hombre-día/há)	
		Presente	Con Proyecto
Maíz	W	57	63
	D	82	75
Frijol	W	40	46
	D	69	95
Tabaco		192	198
Tomate	W	121	133
	D	160	159
Brócoli		129	124
Cebolla		253	250

W: época lluviosa D: época seca.

2) Requerimiento laboral por mes

El requerimiento anual de la labor para el plan es de aproximadamente 1,179 mil personas incrementando en 2 veces mayor a la situación actual. Esto significa que la oportunidad de empleo laboral para la producción agrícola se incrementará significativamente (Tabla 4.4.1-5). El requerimiento mensual de la labor en época lluviosa no aumenta significativamente, debido a siembra de cultivos de menor requerimiento laboral, tales como maíz y frijol. Por otro lado, la demanda laboral se aumenta por el cultivo intensivo de hortalizas desde fines de la época lluviosa a la época seca.

Aproximadamente un 80% de la población económicamente activa en el Area de estudio son empleados agrícolas. Se necesita aproximadamente 105,000 jornadas promedias por un mes en base a 25 días de trabajo mensual.

De acuerdo al patrón de cultivos propuesto, la labor requerida es superior a la demanda laboral del Area de estudio durante septiembre y marzo, sin embargo, se puede utilizar per

sonas cesantes de los alrededores durante este período que corresponde principalmente a la época seca.

Tabla 4.4.1-5 Requerimiento Laboral por Mes

(unidad: hombre/día)

	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Total
P (a)	21.114	55.230	55.310	77.255	46.452	41.072	48.270	64.872	28.092	28.170	26.700	8.868	501.411
W (b)	36.594	58.873	64.071	66.774	111.595	141.754	149.071	130.145	109.147	134.443	109.774	66.459	1.178.700
(b)-(a)	15.480	3.643	8.761	▲10.481	65.143	100.682	100.801	65.273	81.055	106.273	83.068	57.591	677.289

P: Presente W: Con Proyecto

El detalle mensual de requerimiento laboral está mostrado en la Tabla A.4.2.2-7.

(5) Valor de producción

1) Precios a nivel de productor

Los precios a nivel de productor se proponen basándose en los datos obtenidos de DIGESA, la oficina de proyecto de la Laguna del Hoyo y Banco de Guatemala y los resultados de la encuesta agrícola (Tabla 4.4.1-6). Estos precios fluctúan significativamente de acuerdo con el volumen de producción estacional, intensiones de intermediarios y precios internacionales, etc.

Teniendo en cuenta la intención de personas relacionadas, cambios de precios anual y estacional, cultivo por contrato, etc. los precios a nivel de productos se establece tomando en cuenta el precio promedio anual de cultivos en el valle de Monjas.

Los items examinados son los siguientes:

- Maíz : Los precios promedios en el valle de Monjas son:

Q460/t por DIGESA, Q400/t por Banco de Guatemala y Q400 - 460/t por encuesta agrícola. Se adapta Q400/t para el presente plan.

- Frijol: Los precios promedios en el valle de Monjas son:

Q1,035/t para la totalidad del Area, Q1,650/t según la oficina de proyecto de la Laguna del Hoyo, Q1,090/t por Banco de Guatemala, Q925 - 1,010/t por encuesta agrícola. Se adopta Q1,090/t para el presente plan.

- Tabaco: Se adapta Q4,460/t del precio promedio que es de precio de contrato.

- Tomate: Los precios variados en el valle de Monjas son, Q260-530/t según la oficina del proyecto de la Laguna del

Hoyo y Q190 - 240/t según la encuesta agrícola. Para el presente plan se adapta Q260/t.

- Brócoli: Se adapta Q500/t del precio de contrato registrado durante 1987 y 1988.

- Cebolla: Se adapta Q590/t en la base a las informaciones suministradas por el Banco de Guatemala.

Tabla 4.4.1-6 Precios a Nivel de Productor

(unidad:Q/t)						
Cultivo	Maíz	Frijol	Tabaco	Tomate	Brócoli	Cebolla
Precios a nivel de productor	400	1,090	4,460	260	500	590

Fuente: Costos Estimados de Producción de los Principales Productos Agrícolas. Temporada 1987 - '88, Banco de Guatemala, 1987.

2) Valor bruto, costo y valor neto de producción

Los valores bruto, costo y valor neto de producción por una hectárea para las situaciones presente, sin proyecto y con proyecto se dan a conocer en la Tabla 4.4.1-7.

El valor neto de producción por una hectárea de tabaco y hortalizas es mayor en comparación con lo de cultivo básico tales como maíz y frijol. La producción pecuaria se estima igual a los valores de la situación presente.

Estos valores para la totalidad del área objetiva están mostrados en la Tabla 4.4.1-8. Al compararlos con los de la situación presente, el valor bruto y valor neto de producción incrementarán aproximadamente 3.1 y 5.4 veces, respectivamente.

Tabla 4.4.1-8 Valor Neto de Producción y Valor de Producción

(unidad:Q 1,000)			
	V.Bruto de Producción	V. de Producción	V. Neto de Producción
Presente	13,672	9,989	3,681
Sin Proyecto	14,088	9,661	4,027
Con Proyecto	42,391	22,618	19,773

Tabla 4.4.1-7 Valor Propuesto de Producción y Valor de Producción

(unidad: Q/há)

	Valor bruto de Producción		Costo de Producción		Valor Neto de Producción	
	Presente	Sin Proyecto	Presente	Sin Proyecto	Presente	Sin Proyecto
Maíz	1,080	1,120	1,024	1,024	56	96
		1,520		1,215		305
	1,280	1,360	1,210	13,03	70	57
		1,640		1,316		324
Frijol:	1,199	1,308	826	826	373	482
		1,992		1,032		930
	1,526	1,635	1,010	1,103	516	532
		2,180		1,156		1,024
Tabaco	6,244	6,244	5,328	5,328	916	916
		8,474		5,482		2,992
Tomate	4,420	4,654	2,134	2,134	2,286	2,520
		6,240		2,430		3,810
	4,810	5,044	2,410	2,482	2,400	2,562
		6,760		2,655		4,105
Brócoli	4,150	4,150	2,772	2,844	1,378	1,306
		5,250		3,043		2,207
Cebolla	5,015	5,133	3,315	3,388	1,700	1,745
		7,080		3,486		3,594
Pasto	474	474	378	378	96	96
		474		378		96

Nota: W; época lluviosa D; época seca

4.4.2 Plan de Manejo Agrícola

(1) Escala de manejo agrícola

La superficie promedio de terreno cultivado según la escala de manejo agrícola es: 2.2 há para sub-familiares, 14.9 há para familiares y 53.1 há para multi-familiares.

Incluyendo en el área 450 há de pradera convertida en terreno cultivado, la superficie de terreno será de 2.3, 15.4 y 66.6 há según la escala.

Tabla 4.4.2-1 Superficie de Siembra según Escala de Manejo Agrícola

	(unidad: há)					
	Sub - familiares		Familiares		Multi-familiares	
	P	C/P	P	C/P	P	C/P
Superficie de terreno cultivado	2.2	2.3	14.9	15.4	53.1	66.6
Superficie de pradera	0.1	-	1.0	0.5	31.3	17.8
Area Sembrada						
Maíz	1.9	1.8	10.8	13.8	32.0	54.1
Frijol	0.4	1.3	2.9	9.2	5.4	24.7
Tabaco	0.3	0.2	1.5	1.2	6.0	7.3
Tomate	0.8	1.6	2.3	8.1	6.3	20.6
Brócoli	0.2	0.6	0.7	2.6	5.1	19.8
Cebolla	0.2	0.4	0.1	3.5	0.1	4.3
Sub-Total	3.8	5.9	18.3	38.4	54.9	130.8
Tasa de Utilización de Terreno Cultivado (%)	173	257	123	249	103	196

(2) Plan de cultivos

Las tasas de cultivos actuales según la escala son de: 173% para sub-familiares, 123% para familiares y 103% para multi-familiares. A medida que se aumenta la escala de manejo agrícola, dicha tasa se disminuye.

Las tasas de cultivo de granos son de: 105% para sub-familiares, 92% para familiares y 70% para multi-familiares, por otro lado, las tasas de cultivo de tabaco y hortalizas son de 68%, 31% y 33% para la escala del mismo orden.

Teniendo en cuenta la tasa de cultivo actual, el plan de cultivos según la escala se establece como se muestra en la Tabla 4.4.2-1. Las tasas de cultivos propuestas serán de: 257% para sub-familiares, 249% para familiares y 196% para multi-familiares.

(3) Técnica de cultivos

Con respecto a la siembra, aplicación de fertilizantes e insecticidas, medios y método de cada ítem de la labor agrícola, se adaptará la técnica antes mencionada en el plan de producción agrícola.

(4) Plan de labor agrícola

Los números de labor familiar según la escala de manejo agrícola son de: 2.4 hombres para sub-familiares, 2.8 para familiares y 3.8 para multi-familiares. Los números totales de labor agrícola por un año (300 días) son de : 720, 840, 1140 hombres según la escala de familia agrícola del mismo orden. El superávit de labor familiar se emplea para multi-familiares como empleados agrícolas. Por otro lado, el déficit de labor agrícola se suple de micro-finca con menor de 0.7 há de tenencia de tierra, sub-familias y familias de los alrededores como empleados agrícolas.

Los actuales requerimientos numerales de labor agrícola por un año para cada escala de familia agrícola son de: 372.2 para sub-familiares, 725.9 para familiares y 1,121.2 jornadas para multi-familiares (Tabla A.4.2.2-11). Debido al incremento de la superficie de cultivos y cambio de patrón de cultivos, el requerimiento de labor agrícola será de 635.9, 4,033.5 y 13,093.4 jornadas, respectivamente, razón por la cual se requiere labor empleado (Tabla A.4.2.2-12). Actualmente, la tasa de desempleo es elevado por lo cual se puede utilizar labor cesante, tanto en el área del proyecto como en los alrededores para la demanda de labores agrícolas.

(5) Plan de ingreso agrícola

1) Beneficio bruto agrícola

El beneficio bruto agrícola es una suma del ingreso obtenido por cultivos e ingreso por la actividad pecuaria, en particular, es una suma del ingreso por venta de productos agrícolas y consumo familiar de productos cosechados (Tabla A.4.2.2-15). Al implementar el proyecto, el beneficio bruto agrícola se incrementará en 2.3 - 3.5 veces en comparación con la situación sin proyecto.

2) Costo de manejo agrícola

El costo de manejo agrícola ha sido calculado deduciendo los costos de labor propio de los costos de producción agrícola. El costo de labor familiar es de Q5/persona.

Tabla 4.4.2-2 Costo de Manejo Agrícola

(unidad: Q)

		N° de labor familiar	Costo de labor familiar	Costo de Pro ducción Agrí cola	Costo de Ma nejo Agríco la
Sub-familiares	P	372.2	1,861	6,957	5,096
	S/P	372.2	1,861	6,996	5,135
	C/P	543.1	2,716	12,001	9,285
Familiares	P	725.9	3,630	29,219	25,589
	S/P	725.9	3,630	29,293	25,663
	C/P	840.0	4,200	74,395	70,195
Multi Familiares	P	1,121.2	5,606	109,641	104,035
	S/P	1,121.2	5,606	109,942	104,336
	C/P	1,140.0	5,700	267,845	262,145

Fuente: Tabla A.4.2.2-11, -12
y -16.

Nota: P: presente; S/P sin proyecto;
C/P: con proyecto.

3) Ingreso agrícola

El ingreso agrícola ha sido calculado deduciendo el costo de manejo agrícola del beneficio bruto agrícola.

Tabla 4.4.2-3 Ingreso Agrícola

(unidad: Q)

		Beneficio Bru to agrícola	Costo de Manejo Agrícola	Ingreso Agrícola
Sub-familiares	P	9,991	5,096	4,895
	S/P	10,325	5,135	5,190
	C/P	23,489	9,285	14,204
Familiares	P	38,867	25,589	13,278
	S/P	40,169	25,663	14,506
	C/P	141,435	70,195	71,240
Multi Familiares	P	143,818	104,035	39,783
	S/P	147,179	104,336	42,843
	C/P	472,328	262,145	210,183

Fuente: Tabla A.4.2.2-15 y Tabla 4.4.2-2

Nota: P: presente ; S/P:sin proyecto; C/P: con proyecto

Los ingresos agrícolas se aumentarán entre 2.7 y 4.9 veces más por la implementación del proyecto, en relación con los de la situación sin proyecto.

(6) Plan de ingreso de grupo familiar agrícola

1) Ingresos no-agrícolas

Los ingresos no-agrícolas se obtienen por labor fuera de terreno propio empleando el exceso de mano de obra. Actualmente, la oportunidad de empleo es 0.4 (Tabla 3.3.4-10) y el salario diario es Q5/persona. No se presenta el empleo fuera del trabajo propio para agricultores de multi-familiares.

Tabla 4.4.2-4 Ingresos no-Agrícolas

		(unidad: Q)		
		Nº de labor propio excedente	Nº de labor fuera de terreno propio	Ingreso no agrícola
Sub-familiares	P	347.8	139.1	696
	S/P	347.8	139.1	696
	C/P	176.9	159.2	796
Familiares	P	114.1	45.6	228
	S/P	114.1	45.6	228
	C/P	0	0	0
Multi-familiares	P	18.8	(7.5)	0
	S/P	18.8	(7.5)	0
	C/P	0	0	0

Fuente: Tabla A.4.2.2-11 y -12

Al implementar el proyecto, el empleo de labor de familiares fuera del terreno propio se desaparece y los de sub-familiares se disminuyen.

Sin embargo, la oportunidad de empleo se incrementa en 0.9 (Tabla A.4.2.2-7), por lo que los ingresos no agrícolas aumentarán.

2) Ingresos de grupo familiar agrícola

Los ingresos de grupo familiar agrícola se calculan sumando ingresos agrícolas e ingresos no-agrícolas.

Tabla 4.4.2-5 Ingresos Agrícolas

		(unidad: Q)		Ingreso del grupo familiar agrícola
		Ingreso Agrícola	Ingreso no-Agrícola	
Sub-familiares	P	4,895	696	5,591
	S/P	5,190	696	5,886
	C/P	14,204	796	15,000
Familiares	P	13,278	228	13,506
	S/P	14,506	228	14,734
	C/P	71,240	0	71,240
Multi-familiares	P	39,783	0	39,783
	S/P	42,843	0	42,843
	C/P	210,183	0	210,183

Se incrementarán los ingresos del grupo familiar agrícola en un rango de 2.6 y 4.9 veces más que los en la situación sin proyecto. Estos ingresos corresponden a 9.3, 44.0 y 129.7 personas para cada escala de familia agrícola del mismo orden comparándolo con el anual salario base de un empleado (Q1,620/año).

(7) Plan de superávit económico del agricultor

El superávit económico del agricultor se calcula deduciendo los costos de vida desde los ingresos de los agricultores. Los costos de vida de los agricultores en el área del proyecto se estiman en Q856/persona por un año. Los costos de vida propuesto se establecen en 1.5 veces más que la situación sin proyecto.

Tabla 4.4.2-6 Superávit Económico

	Nº Familiar	Costo de Vida	Ingreso de Grupo familiar agrícola	Superávit económico del grupo familiar	
Sub-familiares	P	6.5	5,564	5,591	27
	S/P	6.5	5,564	5,886	322
	C/P	6.5	8,345	15,000	6,655
Familiares	P	7.1	6,078	13,506	7,428
	S/P	7.1	6,078	14,734	8,656
	C/P	7.1	9,117	71,240	62,123
Multi-familiares	P	8.4	7,190	39,783	32,593
	S/P	8.4	7,190	42,843	35,653
	C/P	8.4	10,785	210,183	199,398

Se espera aumentar el superávit económico del agricultor en un rango entre 5.6 y 7.2 veces más que en la situación sin proyecto.

4.4.3 Comercialización y procesamiento de productos agrícolas

(1) Pronóstico de comercialización de productos agrícolas

La exportación de hortalizas en Guatemala tiende a aumentar año por año. En particular, el brócoli y el tomate muestran significativamente esta tendencia.

Brócoli:

Una gran parte del brócoli se exporta hacia los Estados Unidos de América. Teniendo en consideración la tendencia reciente, se espera aumentar más la exportación futura.

Tomate:

La mayoría del tomate se exporta a El Salvador. La exportación de este producto en 1986 se incrementa en 1.7 veces con respecto al año anterior. Además, según la información publicada en 1985 por

FAO, El Salvador depende un 37.6% del consumo total de tomate , por lo cual aquel país seguirá siendo un país importante para exportación de este producto.

Cebolla:

El Salvador es un país principal para la exportación de cebolla que importa un 66.7% del consumo total.

La exportación de cebolla hacia otros países tiende a aumentar en el momento de disminuir el volumen de exportación a El Salvador, por lo tanto, otras países fuera de El Salvador se esperan como destino de este producto.

En consecuencia, a pesar de que los Estados Unidos de América y El Salvador son importantes como países exportables de hortalizas, pero también se puede contar con otros países. Además, el consumo interno se espera aumentar de acuerdo con el aumento de la población y mejoramiento de alimentación (Tabla A.4.2.3-2).

Maíz y Frijol:

Estos productos están destinados para auto-consumo y mercado interno. Al futuro, la demanda se incrementará gradualmente como alimentos gustosos de los guatemaltecos debido al incremento de población.

(2) Comercialización de productos agrícolas

Al implementar el proyecto, el valle de Monjas se convertirá en un lugar importante de producción de hortalizas.

Para elevar la eficiencia de desarrollo futuro, es necesario mejorar un canal consecutivo de comercialización desde la producción hasta el consumo incluyendo el uso de las instalaciones inactivas de procesamiento. Se pueden crear, por ejemplo, el sistema que los agricultores puedan participar directamente en la comercialización, mediante la instalación del mercado al por mayor.

4.4.4 Sistema de Asistencia Agrícola

Para obtener la producción agrícola estable, es indispensable reforzar la extensión y orientación de técnicas de manejo agrícola, y el crédito agrícola por lo cual se requiere establecer un sistema de asistencia agrícola.

Es necesario adelantar la cooperación mutua entre DIRYA y las organizaciones agrícolas relacionadas tales como ICTA, DIGESA, BANDESA, etc. En particular, el ICTA proporcionará la extensión de los resultados de mejoramiento de especies y ensayo de cultivos con el objeto de mejorar la productividad de hortalizas mediante extensionistas agrícolas. La DIGESA ejecutará la orientación de manejo agrícola y la extensión técnica mediante la colaboración con la DIRYA. El BANDESA se encargará de complementar el crédito agrícola bajo la dirección gubernamental apropiada.

En consecuencia, es necesario establecer el sistema coherente de asistencia agrícola incluyendo la orientación técnica dentro de la organi-

zación para adelantar el proyecto.

4.4.5 Organizaciones de Agricultores

Para adelantar eficientemente la racionalización de la comercialización de productos agrícolas, divulgación técnica y mejoramiento de tecnología agrícola, es importante crear las organizaciones de agricultores. Será necesario establecer las organizaciones de agricultores bajo orden del INACOP y otras entidades relacionadas, lo cual se esperan por los agricultores locales. Sin embargo, es conveniente organizarlas por etapa de acuerdo con la situación actual. Los procesos se proponen como sigue:

Primera etapa : Período de educación

La formación de organizaciones se guía periódicamente. Los problemas para operar las organizaciones de agricultores se examinarán tomando los ejemplos de otros casos de Guatemala como referencia.

Segunda etapa : Período de formación

Al formar las organizaciones, es necesario crear un comité, orientación de manejo, reglamentos, etc.

Tercera etapa : Período de actividad

La recolección de información necesaria y plan de operación se llevará a cabo para operar las cooperativas agrícolas. Los detalles de la actividad en este período son los siguientes:

- Recolectar la información sobre el crédito agrícola, comerciantes de insumos, mercados, comercialización, etc.
- Planificar la distribución y envío de productos agrícolas, abastecimiento de insumos y extensión técnica, y
- Ejecutar la operación de cooperativas agrícolas bajo la guía de entidades relacionadas.

4.5 Plan de Obras de Ingeniería

4.5.1 Generalidades de Obras de Ingeniería

El listado de obras de ingeniería propuestas está mostrada como sigue:

Cuenca directa: 26.0 km², Cuenca indirecta: 177.0 km²

Muro de la presa	Presas Principal	Tipo: presa de tierra con zonificación
		Altura de muro 49 m
		Longitud de muro: 1072 m
		Ancho de muro : 8.0 m

PRESA

	Gradientes de taludes: aguas arriba 1:2.8 aguas abajo 1: 2.3
	Volumen de la presa : 2.63 MMC
Presa	Altura de muro : 31 m
Auxiliar	Longitud de muro : 397 m
	Anchura de muro : 6.0 m
	Gradientes de taludes: aguas arriba 1:2.8 aguas abajo 1:2.3
	Volumen de la presa : 0.40 MMC
Capacidad del Embalse	Capacidad total del embalse : 40.9 MMC Capacidad efectiva del embalse : 39.6 MMC Volumen de sedimentos diseñado : 1.3 MMC ₂ Superf.en el nivel lleno de agua : 2.05 km ² Nivel lleno de agua : 1039.50 m.s.n.m. Nivel alto de agua : 1041.00 m.s.n.m. Nivel de sedimentos : 1008.00 m.s.n.m. Profundidad de agua utilizable : 39.50 m
Vertedero	Caudal diseñado de crecida : 461 m ³ /s Longitud de rebosadero : 120 m
Desviación Provisional	Caudal diseñado de crecidas : 135 m ³ /s Diametro interior de túnel : 4.0 m
Obra de Toma	Tipo : Toma de caída Caudal máximo : 3.28 m ³ /s

PRESA DE DERIVACION

Presa de Toma	Tipo : Presa fija Longitud de presa : Parte de presa fija : 90.5 m Parte de desagüe de arenas: 9.5 m Altura de la presa: 4.7 m (1059.2 m.s.n.m)
Bocatoma	Anchura : 2.0 m Número : 4 Nivel de toma : 1,059.10 m.s.n.m.
Tanque desarenador	Método : Escurrimiento super crítico Longitud del tanque: 25.0 m
Escolladero	Escolladero : Bloque de concreto y gavión Revestimiento : Manpostería
Protección de Base	Gavión
Canal de Conducción	Tipo : Sección trapecial con revestimiento de concreto. Caudal máximo : 4.0 m ³ /s Longitud del canal: 9.5 km Obras de arte : Sifón: 1,650 m de longitud, en 5 lugares Caída: 2 lugares Derivaciones: 2 lugares

CANALES	Canal Principal	Canal Principal del Sur	Tipo : Sección trapecial con revestimiento de concreto. Caudal máximo: 3.28 m ³ /s Longitud : 8.0 km Obras de arte: Sifón: 375m de longitud en 1 lugar. Derivación: 7 lugares
		Canal Principal del Norte	Tipo : Sección trapecial con revestimiento de concreto. Caudal máximo: 2.227 m ³ /s Longitud : 15.2 km Obras de arte: Sifón: 1170 m de long.en 9 lugares. Caída: 1 lugar Derivación: 16 lugares
	Canal Secundario		Tipo : Sección trapecial con revestimiento de concreto Caudal máximo : 1.526 m ³ /s Longitud : 18.0 km Obras de arte : Sifón: 1,440 m de longitud en 10 lugares. Caída: 10 lugares Derivación: 27 lugares
	Canal Terciario		Tipo : Sección trapecial con revestimiento de concreto Caudal máximo : 0.338 m ³ /s Longitud : 39.0 km Obras de arte : Sifón: 1,350 m de longitud en 20 lugares Caída: 34 lugares Derivación: 69 lugares
EMBALSE REGULADOR	Embalse Regulador	Por Canal Principal del Sur : 2 Por Canal Principal del Norte: 1	
	Estación de Bomba	Por Canal Principal del Sur : 1	
	Otros	Una Oficina de Administración	

4.5.2 Plan del Embalse de Presa y Embalses Reguladores

(1) Antecedentes Básicos

1) Datos e información disponibles

En relación con el plan de embalse y embalse regulador, los siguientes antecedentes sobre topografía, geología y materiales de la presa, etc. están disponibles:

Cartografía

- Mapa topográfico de las escalas 1/50,000 y 1/12,500
- Sección longitudinal de eje de la presa de la escala 1/2,000.

Fotografía aérea

- Fotografía aérea del área de estudio de la escala 1/25,000

Mapa geológico

- Mapa geológico de Guatemala de la escala 1/500,000

Estudio geológico

- Dos sondeos de perforación rotatoria de 85 m de longitud total
- Dos ensayos de permeabilidad en pozos

Ensayo de mecánica de suelos

- Ensayo físico
 - . Gravedad específica ASTM D854 1 muestra
 - . Contenido de humedad ASTM D2216 1 muestra
 - . Granulometría ASTM D422 1 muestra
- Ensayo mecánico
 - . Compactación ASTM D698 1 muestra
 - . Prueba de compresión triaxial (U-U) ASTM D2435 1 muestra

Ensayo de rocas

Se ha llevado a cabo utilizando los testigos de sondeos.

- Prueba de compresión uniaxial 4 muestras
- Prueba de peso específico 4 muestras

2) Intensidad sísmica

La intensidad sísmica diseñada se estima en 0.12 obtenida del párrafo 3.3.4 Análisis de Sismos.

3) Caudal de crecidas diseñado

El caudal de crecidas diseñado para el vertedero se adapta un $461 \text{ m}^3/\text{s}$ calculada por el análisis hidrológico. Además, el mismo caudal para desviación provisional se adapta un $135 \text{ m}^3/\text{s}$ que corresponde al caudal de 10 años del período de retorno.

4) Capacidad de toma diseñada

La capacidad de toma diseñada desde la presa será en $3.28 \text{ m}^3/\text{s}$ la máxima calculada del balance hídrico.

(2) Plan de presa Güirila

1) Topografía y geología

a. Topografía

La presa Güirila se ubica en el sector transicional donde el río Güirila recorre desde el área montañosa hacia el área plana. Generalmente, las montañas alrededor de la presa Güirila presentan relativamente escarpadas de la etapa madura. El río escurre en un amplio valle erosiona-

do con una gradiente de aproximadamente 1/120 y un ancho entre 400 y 800 m. En aguas arriba de la presa el río se muestra notorio meandro con la distribución de terrazas fluviales en ambas riberas y algunas faldas de talúd detrítico. Sin embargo, no está desarrollado evidentemente las terrazas en aguas abajo de la presa donde el río Güirila fluye rectamente.

Se expone toba en ambas laderas de la presa. En la ribera derecha se encuentra la cresta redonda con una pendiente entre 30 y 35°, por otro lado se encuentra una cresta de aproximadamente 200 m de ancho con una pendiente entre 15 y 20° alargando perpendicularmente al rumbo del río Güirila. El río Güirila fluye lentamente paralela a la dirección de talúd de la ribera derecha. Se distribuye terraza con aproximadamente 300 m de ancho y la altura variando entre 1 y 10 m desde el lecho fluvial en la ribera izquierda.

b. Distribución de afloramiento de rocas

El basamento de los alrededores de la presa está compuesta por tobas. A pesar de que se presenta una alternancia transicional entre tobas finas e ignimbritas, la mayoría de los afloramientos es de toba.

La distribución de los afloramientos se encuentran en el lecho fluvial y totalidad en ladera de la ribera derecha de la presa y la cresta de la ribera izquierda. La característica de afloramiento da a conocer una roca superficialmente meteorizada y sólida con pocas fracturas y fisuras. Pero, la toba distribuida en la ribera derecha presenta alta dureza debido a la compactación relativamente alta. Esta litología tiene su estructura horizontal sin plegamiento.

c. Fuerza de rocas basales

La roca basal se clasifica como CIa que es roca blanda según el criterio establecido por el Instituto de Ingeniería Civil de Japón, pero tiene una característica de roca con pocas fracturas. Según el resultado de sondeo de perforación, la roca dura se distribuye a medida que sea más profundo. La fuerza de compresión uniaxial muestra aproximadamente 150 Kg/cm² en la parte poca profunda y aproximadamente 350 Kg/cm² en la parte profunda, por lo cual no existiría problema de roca basal para construir una presa con la altura de muro de alrededor de 50 m.

d. Permeabilidad

Existen pocas fracturas y fisuras en la roca basal, además no podrían presentarse algunos aspectos geologicamente débiles tales como fallas y cizalles, etc. de acuerdo con los resultados de estudios topográfico y geológico. El resultado de ensayo Lugeon, efectuado mediante el pozo perforado muestra el valor de Lugeon (Lu) menor de 5 excepto la zona meteorizada de la superficie de roca ba

sal. Este valor se considera casi el mismo en el eje de la presa debido a la misma litología. En consecuencia, no hay problema en cuanto a la permeabilidad.

e. Espesor de sedimentos no consolidados

Se considera que el sedimento fluvial del río Güirila, en general, tendría poca potencia ya que dicho río tiene una pequeña cuenca hidrográfica (alrededor de 26 km²) y poco caudal (12.0 MMC/mes). Sin embargo, el sondeo de perforación realizado en el lecho fluvial localizado aproximadamente 200 m aguas arriba del eje de muro (PM-1) registra el espesor de sedimentos de alrededor de 18 m. Presumiendo topográficamente el origen de estos sedimentos, el punto de sondeo correspondería al lugar originalmente concavo profundo, que se ha formado por la acción erosiva de corriente de remolino debido a la presencia de la dura roca basal ubicado aproximadamente 60 m aguas abajo, sobre lo cual se sedimentaron las arenas y gravas suministradas de afluente de la ribera izquierda presentando un bolsillo local de sedimentos no-consolidados. Pero, teniendo en cuenta la distribución de la cresta con afloramientos expuestos en la ribera derecha, condición de recurrimiento del río y sondeo geoelectrico, se estima alrededor de 10 m del espesor de sedimentos no-consolidados.

f. Atenciones para diseño y ejecución

Los puntos de atención para diseñar y ejecutar una presa con la roca basal blanda como la presa Güirila son los siguientes:

- Distribución de roca basal (en particular profundidad para alcanzar el nivel de roca en la zona nuclear para una presa tipo de tierra)
- Deformación de base
- Permeabilidad de base
- Distribución de aguas subterráneas
- Tratamiento de cimiento

Estos puntos deberán considerarse mediante el estudio geológico y ensayo de materiales, como lo que está mencionado en el Capítulo 7 Recomendaciones.

2) Tipo de presa

Generalmente, el tipo de presa se clasifica en presas de tierra y de hormigón. Se adapta una presa de tierra para el sitio de presa del río Güirila por las siguientes:

- La sección longitudinal al eje de muro se presenta trapecio con su ratio entre tramo y longitud de 22 por lo cual este sitio es amplio para la presa de hormigón;

- En relación con la base para la presa de hormigón se presenta una pequeña resistencia de cizalle debido a tobas de baja compactación; y
- Materiales de muro se pueden obtener del lugar cerca de la presa.

La presa de tierra se clasifica en presas de tierra homogénea, de tierra con núcleo impermeable y presa con capa de contención, compuesta por hormigón o asfalto. Se adapta la presa de tierra con núcleo impermeable para la presa Güirila por los siguientes:

- La capa de contención artificial requiere alguna dificultad de construcción y alto costo, además, galería para operación y mantenimiento; y
- No es conveniente construir una presa de tierra homogénea mayor de 30 m de altura de muro, desde el punto de vista de la estabilidad.

De acuerdo con la distribución y volumen de materiales de muro disponible, geología y topografía, se considera la zonificación de muro como sigue:

- Teniendo en cuenta la topografía, geología y resistencia de materiales, la zona impermeable se instala en el núcleo de la presa. El ancho de la zona impermeable se determina en la base de infiltración y compresibilidad;
- La zona de filtro se instala para prevenir el sifonamiento en ambas partes del núcleo impermeable.

Además, el desagadero se instala en aguas abajo del muro para drenar el agua infiltrante fluidamente; y

- Las zonas de materiales homogéneos y permeables se establecen en ambas partes del muro teniendo en cuenta la estabilidad del muro.

Por otro lado, la presa auxiliar tendrá 31.0 m de altura del muro por lo que se diseña casi la misma zonificación, igual a la de la presa principal.

Las secciones típicas de las presas principal y auxiliar de la presa Güirila se dan a conocer en el Apéndice 4.3.1 (8).

3) Ancho y gradiente del muro

Los anchos del muro serán de 8.0 m y 6.0 m para las presas principal y auxiliar, respectivamente, teniendo en cuenta la facilidad de construcción, economía, hundimiento y deformación. Las gradientes del muro serán: 1:2.8 para la pendiente de aguas arriba y 1:2.3 para la de aguas abajo. El estudio de estabilidad está comentado en el Apéndice 4.3.1(2).

4) Vertedero

a. Caudal diseñado de crecidas

El caudal de crecidas de 200 años del período de retorno se obtuvo $384 \text{ m}^3/\text{s}$ desde el análisis hidrológico, pero el caudal diseñado de crecidas se propone un caudal de 1.2 veces más que el caudal antes mencionado siendo $461 \text{ m}^3/\text{s}$.

b. Ruta y tipo

La ruta del vertedero será por el margen derecho, de acuerdo con las condiciones topográficas y geológica siguiendo las siguientes razones:

- El curso fluvial está localizado colindando con la ribera derecha en aguas abajo de la presa y se cambia rectangularmente el rumbo a la derecha, por lo tanto, es fácil desaguar por dispersor;
- Es difícil instalar un vertedero en el margen izquierdo por la presencia de un arroyo en aguas arriba del eje de la presa y no aparición de cauces en aguas abajo.
- La pendiente del margen derecho es relativamente abrupto, pero la condición geológica es más favorable que la del margen izquierdo.

Tipo de vertedero se propone un tipo no-controlado (sin compuerta) por los siguientes:

- Al instalar la compuerta, se requiere de operación manual, operación y mantenimiento diario; sin embargo, no es conveniente colocar la instalación que requiere la operación y mantenimiento; y
- Podría haber algún peligro de incidencia debido al retraso de manejo de compuerta y error de operación.

En relación con la forma de la parte de toma, se adapta un tipo de canal lateral, ya que la línea de cota está perpendicular al eje de la presa.

c. Longitud y rebosadero

La longitud de rebosadero se calcula por la siguiente fórmula:

$$L = \frac{Q}{C.H^{3/2}}$$

donde,

- L = longitud de rebosadero
- Q = caudal diseñado de crecidas $461 \text{ m}^3/\text{s}$
- C = coeficiente de derrame 2.1

H = profundidad de derrame en rebosadero 1.5 m

$$L = \frac{461}{2.1 \times 1.5^{3/2}}$$
$$= 120 \text{ m}$$

5) Canal de desvío temporal

Aguas del río Güirila se desvian por un canal de desvío temporal constituido con túnel de 4 m del diámetro interior localizado en el margen derecho durante el período de construcción de la presa.

Se propone una presa temporal con aproximadamente 10 m de altura en aguas arriba de la presa.

El caudal diseñado de crecidas para la instalación temporal incluido contención temporal y túnel se adopta 135 m³/s de 10 años del período de retorno.

6) Toma de agua

La toma de caída se instalarán en el embalse y la agua tomada se conducirá por el tubo de acero instalado dentro del túnel del canal de desvío temporal.

El control del caudal se realizará por la compuerta de chorro localizada en el extremo del túnel de desvío.

Además, la compuerta deslizante se instalará antes de la compuerta mencionada como una compuerta de emergencia. Obra de dissipador de energía se instalará en aguas abajo de la compuerta de chorro para descargar el agua a los canales de derivación.

(3) Plan de embalse regulador

El embalse ubicado a lo largo de los canales de derivación se instalará para regular el caudal por unos días. Los principales objetivos son los siguientes:

- Facilitar la conducción de agua de riego fluida y flexible homogenizando la variación de demanda; y
- Posibilitar la prevención de desagüe inútil y el suministro de agua durante la restauración y revisión de canales.

Para la ubicación del embalse, se proponen los siguientes tres lugares, basándose en el sistema de distribución del agua.

Embalse regulador N° 1 : Por Canal principal del Norte

Embalse regulador N° 2 : por Canal principal del Norte

Embalse regulador N° 3 : por Canal principal del Sur

El embalse regulador N° 3 se utilizará, también, como tanque para bombeo.

1) Determinación de capacidad del embalse regulador

La capacidad del embalse regulador se calcula por la siguiente fórmula:

$$V = \frac{D}{E} \cdot \frac{10}{24} \cdot (24 - T) \cdot A$$

donde:

V : capacidad de embalse regulador (m³)

E : eficiencia de riego

D : requerimiento de agua (mm/día) 5.73mm/día como máximo

T : tiempo diario de riego 18 horas

A : área de riego controlada por un embalse

La eficiencia de riego se obtiene mediante el cálculo de promedio compensado de cada área de distinto método de riego: 80% de riego por surcos y 20% de asperción como sigue:

$$\begin{aligned} \text{Eficiencia de Riego} &= \frac{0.60 \times 0.8 + 0.7 \times 0.2}{1} \\ &= 0.62 \end{aligned}$$

La capacidad calculada del embalse regulador es 6 horas/día y tendrá la tolerancia de tres (3) días basándose en el sistema de distribución y el volumen de agua suministrado durante la restauración y revisión de canales.

- Capacidad de embalse regulador N° 1

$$\begin{aligned} V &= \frac{5.73}{0.62} \times \frac{10}{24} \times (24-18) \times 739.2 \times 3 \times \frac{24}{6} \\ &= 205,000 \quad \text{casi } 210,000 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- Capacidad de embalse regulador N° 2

$$\begin{aligned} V &= \frac{5.73}{0.62} \times \frac{10}{24} \times (24-18) \times 560 \times 3 \times \frac{24}{6} \\ &= 155,300 \text{ m}^3 \quad \text{casi } 160,000 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- Capacidad de embalse regulador N° 3

$$\begin{aligned} V &= \frac{5.73}{0.62} \times \frac{10}{24} \times (24-18) \times 1044.8 \times 3 \times \frac{24}{6} \\ V &= 289,600 \text{ m}^3 \quad \text{casi } 300,000 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

2) Tipo de embalse regulador

El tipo de embalse regulador será de presa de tierra homogénea, basándose en la topografía y geología por las siguientes razones:

- Altura del muro será menor de 10 m,
- Es posible obtener los materiales del muro alrededores de los lugares propuestos, y
- Es fácil de construirlos.

3) Características específicas del embalse regulador

Las características específicas de cada embalse regulador se determinan de acuerdo a la topografía como sigue:

Item	Emb. Reg. N° 1	Emb. Reg. N° 2	Emb. Reg. N° 3
Nivel lleno de agua	EL 990.00 m	EL 989.00 m	EL 1000.50 m
Nivel diseñado de crecida	EL 990.50 m	EL 989.50 m	EL 1001.00 m
Nivel de toma	EL 988.00 m	EL 987.00 m	EL 994.50 m
Capacidad efectiva de embalse	210,000 m ³	160,000 m ³	300,000 m ³
Profundidad de agua utilizable	2.0 m	2.0 m	6.0 m
Altura del muro	5.0 m	5.0 m	9.0 m
Elevación del muro	EL 991.50 m	EL 990.50 m	EL 1002.00 m
Elevación mínima de excavación	EL 986.50 m	EL 985.50 m	EL 993.00 m
Ancho del muro	3.0 m	3.0 m	3.0 m
Gradientes de taludes			
aguas arriba	1: 2.5	1: 2.5	1: 2.5
aguas abajo	1: 2.0	1: 2.0	1: 2.0

Nota: EL: elevación

Tolerancia de altura del muro será de 1.0 m

4.5.3 Plan de Obras de Riego

(1) Presa de derivación

1) Selección de ubicación

La ubicación de la presa de derivación se determinará considerando integralmente los siguientes puntos:

- Elevación del extremo terminal del canal de conducción (punto de desagüe al embalse) será más alta que la del muro (1044.0 m.s.n.m.);
- Cercanía de la presa Güirila para que sea barato el costo de construcción del canal de conducción;

- Ancho angosto del río Ostua para menor volumen de la obra;
- Poca fluctuación del nivel de lecho fluvial; y
- Facilidad de la operación y mantenimiento.

2) Topografía y geología

La presa de derivación se ubicará en el curso superior del río Ostua, aproximadamente 1 km aguas abajo de la localidad denominada como Ingenio Ayarza. El río Ostua fluye en este punto con aproximadamente 1/60 de gradiente de lecho fluvial por la base de la ladera izquierda. Se encuentran laderas montañosas alrededor de 40 grados en el margen izquierdo y planicie en el margen derecho.

En el margen izquierdo, se distribuyen los afloramientos de basalto en el nivel fluvial y de ignimbrita, que se compone de basamento del río Ostua, en el nivel alto. El basalto está distribuido ampliamente en el valle del río Ostua con alrededor de 5 m de espesor. Su característica litológica se presenta dura y maciza.

Por otro lado, la ignimbrita es roca sub-blanda de baja compactación con poco desarrollo de fracturas y fisuras.

En el margen derecho la planicie está cubierta por sedimentos fluviales constituidos por arenas y gravas de aproximadamente 1 m de espesor encima de lava basáltico.

En consecuencia, el basalto forma un cimiento de la presa de derivación lo que no tendrá problemas en relación con la resistencia al esfuerzo y la permeabilidad basándose en el resultado del estudio geológico.

3) Tipo de presa de toma

El tipo de presa de toma se divide en presas fija y flotante de acuerdo con el cimiento basal de presa. Para la presente presa, se propone el tipo fijo ya que se encuentra el cimiento de roca en el nivel poco profundo como se muestra en el párrafo anterior. Además, el cuerpo de la presa será fijo debido a la facilidad de operación y mantenimiento, economía, topografía del lugar de presa y medio ambiente de aguas arriba del río Ostua.

4) Nivel de toma

El nivel de toma se determina basándose en la ruta del canal de conducción y el nivel de desagüe a la presa Güirila. Teniendo en cuenta 1,044.00 m.s.n.m. de la altura del muro y la pérdida de carga hidráulica por obras tal como: sifón localizados por la ruta del canal de conducción con aproximadamente 9.5 km de longitud, se propone 1059.10 m.s.n.m. del nivel de toma.

5) Elevación de la presa

La elevación de la presa será de 1059.20 m.s.n.m. agregando 1059.10 m.s.n.m. del nivel diseñado de toma y pérdida de carga hidráulica por oleaje y tapadura de rejilla de la toma.

6) Toma de agua

La característica de la toma de agua se determina basándose en los siguientes conceptos:

- La profundidad de capa de agua tomada se trata de poner lo menor profundo posible mediante baja altura de la presa, ya que el lugar de la presa de derivación se ubica suficientemente alta en la elevación; y
- La velocidad del flujo de agua será inferior a 1.0 m/s para prevenir la entrada de arenas.

La escala de toma se propone considerando los conceptos antes mencionados como sigue:

$$\text{Ancho de toma} = \frac{Q}{V \cdot H}$$

donde,	Q	= Caudal máximo de toma	4.0 m ³ /s
	V	= Velocidad de toma	0.85 m/s
	H	= Profundidad de toma	0.60 m

El número de toma será 4 y la dimensión de cada una será 8.0 m de ancho y 2.0 m de altura.

7) Obras de arte

Las obras de arte son rutas de embarcación, escala de peces y tanque desarenador, etc. No se consideran la ruta de embarcación y escala de peces debido a la no presencia de transporte fluvial ni peces importantes. Por otro lado, el tanque desarenador se instalará por la situación avanzada de erosión en el curso superior del río Ostua y supuesta abundancia de arenas transportadas en la época lluviosa.

(2) Obras del canal

Al diseñar el canal, se toma en consideración los siguientes tres puntos:

- Seleccionar una ruta de canal que sea recta;
- Evitar la obra de terraplén dentro de lo posible; y
- Mantener el nivel de agua lo más alto posible por ser canal de riego.

1) Condición del diseño

- Velocidad máxima permitida
 - canal de riego : 1.5 m/s
 - sifón : 2.25 m/s

- Velocidad mínima permitida
canal de riego : 0.60 m/s
- Cálculo del caudal según la ecuación de la velocidad promedio obtenida por fórmula de Manning.
- Borde libre
caudal diseñado es mayor a $2.0 \text{ m}^3/\text{s}$ → 60 cm
caudal diseñado es menor a $2.0 \text{ m}^3/\text{s}$ → 30 cm
- Tipo de canal
sección trapecio
gradiente de taludes 1: 1.5
revestimiento de concreto en tres caras
- Coeficiente de aspereza 0.015

a. Canal de conducción

El presente proyecto tiene como objetivo principal utilizar el agua superficial almacenada en el embalse Güirila durante la época lluviosa para utilizarla como agua de riego, lo cual se toma del río Ostua mediante la presa de derivación. Para este plan, se requiere un canal de conducción desde la presa de derivación hasta el embalse Güirila.

La capacidad de almacenamiento en el embalse variará de acuerdo con la capacidad del canal de conducción. Para el plan de riego, se determina el $4.0 \text{ m}^3/\text{s}$ de caudal para el canal de conducción en la base de la capacidad de conducción y el volumen requerido de almacenamiento utilizando los datos del caudal registrado del río Ostua durante los últimos 15 años.

La ruta del canal de conducción se planea a lo largo de la línea de curva variando entre 1060 y 1050 m.s.n.m. desde la presa de derivación hasta el punto de embalse. Los cinco sifones se instalarán por la ruta del canal de conducción. El gradiente del canal, en término general, será de 1/3,000.

b. Canales de riego

Los canales de riego consistirán en canales principales, secundarios, terciarios y de extremo.

A continuación, se dan a conocer la longitud, caudal y cantidad de obras de arte.

Tabla 4.5.3-1 Características Específicas de Canales de Riego Propuestos

	Longitud (m)	Caudal (m ³ /s)	División	Caída	Obra de Cruces de cami no	Sifón
Canal Principal						
Sur	8000	3.28 - 0.909	8	-	-	1
Norte	15200	2.227 - 0.615	16	1	-	9
Canal Secundario						
Ovejero	2700	0.418	5	-	-	2
San Pedro	3000	0.722 - 0.418	5	2	-	2
Monjas	2800	0.691	6	7	-	2
Salamo	5000	0.826 - 0.506	10	4	-	2
San Juancito	4500	0.627 - 0.412	31	13	-	2
Canal Terciario						
Ovejero	4000	0.087 - 0.137	8	3	4	2
San Pedro	6125	0.074 - 0.200	8	4	3	2
Hoyo	7750	0.168 - 0.053	14	2	1	3
Monjas	2875	0.161 - 0.257	6	-	-	1
Salamo	4375	0.073 - 0.171	6	-	2	3
San Juancito	2500	0.144	3	4	2	1
Otros	11350	0.054 - 0.207	22	18	3	10

4.5.4 Plan de Obras de Ingeniería

(1) Plan básico de obras

1) Número de días laborales

El número de días laborales mensual se planea en base a la precipitación diaria de la estación meteorológica La Ceibita durante los últimos 5 años como sigue:

Item	Epoca lluviosa (día)	Epoca Seca (día)
Obras de materiales impermeables	16	25
Obras de materiales generales	21	25
Obras de ingeniería generales	21	25
Túnel de desviación temporal	25	25
Obras de inyección	25	25

2) Maquinaria principal

a. Obras de excavación

Item	Presa	Canal
Excavación	Bulldozer 32 t	Bulldozer 21 t
	Rasgador 32 t	Bulldozer 15 t, 8 t ₃ Retroexcavadora 0.6m ³ Retroexcavadora 0.8 m
Carga de tierra	Cargador sobre rueda ₃ 1.8 m ³ , 2.2 m ³ , 3.2 m ³	Retroexcavadora 0.6 m ³
		Retroexcavadora 0.8 m ³
Transporte	Camión volquete 15t, 20t	Camión volquete 8 t
Evacuación y Depósito temporal	Bulldozer 15 t	Bulldozer 15 t

b. Obras de Ingeniería

Item	Presa	Canal
Excavación en banco de materiales	Bulldozer 21 t	-
	Rasgador 32 t	-
Excavación de Materiales permeables	Pala Mecánica 1.2m ³	-
Excavación de materiales mezclados	Bulldozer 21 t	-
Carga de tierra	Cargador sobre rueda	Retroexcavador 0.6m ³
Descombro de tierra	Cargador sobre rueda	Retroexcavador 0.8m ³
Arrastre	Retroexcavador 0.8 m ³	-
Transporte	Camión Volquete 15t, 20t	Camión Volquete 8 t
Extensión	Bulldozer 21 t	Bulldozer 8t, 15t
Compactación Mater. Impermeables	Rodillo Apisonador	-
	Vibrante de tipo automovil 10 t	-
Materiales Mezclados	Plano Apisonador	-
	Vibrante de tipo automovil	-

Materiales Permeable	Plano Apisonador Vibrante de tipo auto- movil	
Materiales de Filtro	Plano Apisonador Vibrante de tipo auto- movil	Bulldozer
Terraplén de Canal	Plano Apisonador Vibrante de tipo auto- movil	Bulldozer Apisonador

c. Espesor de capa y número de compactación

Item	Espesor de capa	Número de Compactación
Materiales Impermeables	20 cm	8
Materiales Mezclados	40 cm	6
Materiales Permeables	60 cm	4
Materiales de Filtro	40 cm	3
Terraplén de Canal	30 cm	3

(2) Método de Obras de Ingeniería

1) Embalse

a) Túnel de desviación temporal

El túnel de desviación temporal tiene por objeto conducir el caudal de crecida hacia aguas abajo durante el período de construcción del muro para ejecutar dicha obra flujadamente. Esta obra se emprende en el principio. La excavación se llevará a cabo desde aguas abajo con el objeto de transportar los materiales de obra y garantizar la seguridad contra crecidas durante la construcción. El método de excavación será de total excavación debido a la sección pequeña siendo aproximadamente 35.0 m². El revestimiento de concreto se realizará después del cumplimiento de excavación desde aguas arriba. Esta obra se efectuará una vez en los lados laterales y posteriormente en los lados superiores. La obra de inyección se llevará a cabo después del revestimiento.

b) Obra de excavación

La obra de excavación se efectuará en los sitios del cimiento de la presa, obras de arte y banco de materiales. Los tipos de materiales a excavar son los siguientes:

- La excavación superficial para los suelos con pastos, árboles y raíces localizados hasta 1.0 m de profundidad se efectuará por bulldozer;
- La excavación de arenas y gravas se llevará a cabo en los sitios de zanja del cimiento de presa y obras de arte después de la excavación superficial por bulldozer; y
- La excavación de roca blanda se realizará en los sitios del cimiento de presa y obras de arte por rasgador. Materiales excavados se echarán debido a la toba de baja compactación.

c) Obra de tratamiento de cimiento

La obra de inyección de cemento se efectuará después de la excavación de zanja como el tratamiento de contención de agua. La inyección de cemento se realizará desde la capa del suelo de 1.0 m de espesor encima del nivel de excavación final y, posteriormente se quitará esta capa después de la inyección.

d) Obra del muro

La obra del muro se efectuará posteriormente a la obra del tratamiento del cimiento y excavaciones para el vertedero y pendientes laterales.

Previo a la obra del núcleo del muro, se aplicará el material denominado arcilla de contacto para adherir con la parte de roca. El nivel de cada zona se trata de tener una misma elevación.

e) Obra de hormigón

El volumen de concreto a ocupar será aproximadamente 42,000 m³ para la obra de ingeniería tales como talúd del canal de desvío temporal, vertedero y toma.

La planta de concreto se instalará en el sitio cercano de la presa, ya que no existe una fábrica de concreto mezclado hecho en el área del proyecto. Los materiales agregados arenas y gravas se obtendrán del río Ostua por la planta de dichos materiales. Esta planta servirá no sólo para la construcción de presa, sino también de canales.

La obra de hormigón se ejecutará mediante un carro de bomba de hormigón desde el punto de vista de simplificación de la obra.

2) Obras de riego

Las obras principales de riego son presa de derivación, canal de conducción y canales de riego, etc.

La obra de presa de derivación se empleará el método de ataguía en el medio del río. La presa ataguía provisional será de hormigón utilizando gravas obtenidas del sitio de la presa de derivación. La obra del canal consiste en obras de tierra y de concreto.

La tierra excavada se utilizará para terraplén balanceando cada volumen por tramo del canal. La excavación se realizará por bulldozer o retroexcavadora.

El volumen requerido de tierra se recoge a lo largo de la ruta de los canales laterales (de terciario y de extremo) por bulldozer o apisonadora manual en donde se presenta la dificultad de trabajar con bulldozer.

El hormigón requerido se transportará desde la planta de concreto al sitio de la obra por carro de mezcla de hormigón. Las obras de concreto para las obras pequeñas se realizarán mediante un conducto de camión hormigonera y para las obras grandes tales como presa de derivación, sifones, etc. un camión de bomba.

4.6 Cálculo de Costo del Proyecto

El costo del proyecto consiste en el costo de la construcción, expropiación del terreno, compensación, instalación de obras, administración general, estudio previo a la ejecución del proyecto, servicios de consultoría, imprevistos físicos y económicos (escalamiento de precios).

4.6.1 Factores de Estimación de Costo del Proyecto

El costo del proyecto se ha estimado en base a los siguientes factores:

- La construcción se llevará a cabo por contrato a destajo. El equipo de construcción para las obras estará a cargo del contratista, por lo que el costo del equipo estará incluido como el costo de depreciación para el cálculo del costo de la obra;
- Los precios básicos de los costos de mano de obra, materiales y maquinarias se fijan de acuerdo con el precio de mercado de octubre de 1987;
- Los precios de materiales y maquinarias importados de construcción y los precios para calcular el costo de depreciación de equipo están estimado como una suma del precio CIF en Santo Tomas o Quetzal, el transporte nacional. Los impuestos de importación y venta están excluidos de estos precios;
- Los precios de los materiales de construcción, de producción nacional, están de entrega al sitio e incluido un 7% del IVA;
- El precio unitario ha sido calculado en dos componentes de divisas y moneda local por cada obra de construcción. La parte de las divisas se tomará el precio de CIF Guatemala del año 1987 y la de moneda local se aplicará el precio predominante en el país;