

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA DE MECÁNICA INDUSTRIAL

**PROPUESTA DE DISEÑO PARA UN BENEFICIO HÚMEDO  
INTEGRADO DE CAFÉ, DE BAJO IMPACTO AMBIENTAL,  
CAMPAMENTO CHICHOJ,  
ALTA VERAPAZ**

TRABAJO DE TESIS

Presentado a la Junta Directiva de la

Facultad de Ingeniería

por

**PAÚL BERNAL MENCHÚ VÁSQUEZ**

Al conferirle el Título de

**INGENIERO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, FEBRERO DE 1,996

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central

08  
T(3656)  
C.4

**HONORABLE JUNTA DIRECTIVA**  
**HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

De conformidad con las normas establecidas por la  
Universidad de San Carlos de Guatemala,  
tengo el honor de someter a su consideración  
el trabajo de Tesis titulado:

**PROPUESTA DE DISEÑO PARA UN BENEFICIO HÚMEDO  
INTEGRADO DE CAFÉ, DE BAJO IMPACTO AMBIENTAL,  
CAMPAMENTO CHICHOJ,  
ALTA VERAPAZ**

Como requisito previo a optar el título profesional de  
Ingeniero Industrial

Atentamente,



**Paúl Bernal Menchú Vásquez**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



**FACULTAD DE INGENIERIA**

**MIEMBROS DE LA JUNTA DIRECTIVA.**

DECANO	ING. JULIO ISMAEL GONZALEZ PODSZUECK
VOCAL 1°.	ING. MIGUEL ANGEL SANCHEZ GUERRA.
VOCAL 2°.	ING. JACK DOUGLAS IBARRA SOLORZANO.
VOCAL 3°.	ING. JUAN ADOLFO ECHEVERRIA MENDEZ.
VOCAL 4°.	BR. FERNANDO WALDEMAR DE LEON CONTRERAS.
VOCAL 5°.	BR. PEDRO IGNACIO ESCALANTE PASTOR.
SECRETARIO	ING. FRANCISCO JAVIER GONZALEZ LOPEZ.

**TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	ING. JULIO ISMAEL GONZALEZ PODSZUECK.
EXAMINADOR	ING. JORGE IVAN ECHEVERRIA PERMOUTH.
EXAMINADOR	ING. HAROLD PEREZ MORATAYA.
EXAMINADOR	ING. ROBERTO VALLE GONZALEZ.
SECRETARIO	ING. FRANCISCO GONZALEZ LOPEZ.

Guatemala. 21 de Julio de 1.995

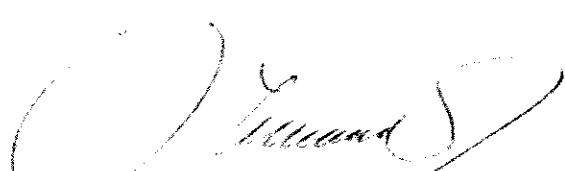
Ing. Jorge Peláez Castellanos  
Director de la Escuela de Mecánica Industrial  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala.

Estimado Ingeniero Peláez:

Por medio de la presente hago de su conocimiento que he asesorado y revisado el trabajo de tesis titulado " PROPUESTA DE DISEÑO PARA UN BENEFICIO HUMEDO INTEGRADO DE CAFE DE BAJO IMPACTO AMBIENTAL, CAMPAMENTO CHICHOJ, ALTA VERAPAZ". que ha realizado el estudiante PAUL BERNAL MENCHU VASQUEZ.

Considero que el trabajo alcanza las expectativas trazadas y es un documento que contribuye al desarrollo de la agroindustria nacional en especial de la caficultura, por lo que recomiendo su aprobación.

Atentamente.



ING. JUAN FRANCISCO MENCHU ESCOBAR.  
ASESOR.

UNIVE

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



ACUI  
Escuelas  
de Ingeniería  
Mecánica  
Industrial  
Ingeniería  
Mecánica  
Eléctrica  
Técnica  
y Regional  
de Post-grad  
de Ingeniería  
Sanitaria.

**FACULTAD DE INGENIERIA**

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería Mecánica Industrial, Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica y Regional de Post-grad de Ingeniería Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12  
Guatemala, Centroamérica

Cin  
G

El Coordinador del Area Administrativa de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, al contenido y la presentación del trabajo de tesis titulado **PROPUESTA DE DISEÑO PARA UN BENEFICIO HUMEDO INTEGRADO DE CAFE, DE BAJO IMPACTO AMBIENTAL, CAMPAMENTO CHICHÓJ, ALTA VERAPAZ**, presentada por el estudiante universitario Paul Bernal Menchu Vasquez, recomienda la aprobación del presente trabajo.

EDUCACIÓN Y ENSEÑANZA A TODOS

Ing. Francisco Gómez Rivera  
COORDINADOR

Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
Ciudad Universitaria, Zona 12, Guatemala

Guatemala, octubre de 1, 1995.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

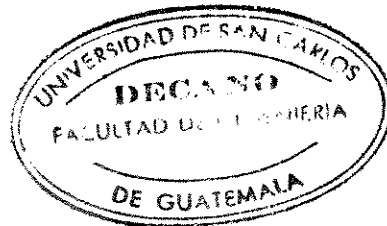
Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería  
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,  
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica  
y Regional de Post-grado de Ingeniería  
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12  
Guatemala, Centroamérica

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de tesis titulado PROPUESTA DE DISEÑO PARA UN BENEFICIO HUMEDO INTEGRADO DE CAFE, DE BAJO IMPACTO AMBIENTAL, CAMPAMENTO CHICHOJ, ALTA VERAPAZ, presentado por el estudiante universitario Paúl Bernal Menchú Vásquez, procede a la autorización para la impresión de la misma.

IMPRIMASE:

Ing. Julio Ismael González Podszueck  
DECANO



Guatemala, noviembre de 1,995.

ends

## RESUMEN

Los beneficios húmedos de café contribuyen en gran medida a la contaminación de varios de los cuerpos de agua del país, tal es el caso la laguna Chichoj ubicada en San Cristóbal Verapaz, que sufre un acelerado proceso de eutroficación.

El diseño de un beneficio húmedo de bajo impacto ambiental significa realizar un diseño que mejore la calidad del café pergamino que se va a obtener, en comparación con el de un beneficio húmedo tradicional; además debe proponer sistemas de tratamiento y aprovechamiento de los desechos sólidos (pulpa de café) y líquidos (agua utilizada en el proceso). El diseño que se plantea es una instalación de tipo demostrativo en el Campamento Chichoj, situado en la ribera de la laguna del mismo nombre ubicada en San Cristóbal Verapaz, Alta Verapaz.

El proceso de beneficiado húmedo propuesto se caracteriza por la recirculación del agua, la separación óptima del café y "flotes", y el remojo del café para obtener una tasa de alta calidad.

El sistema de tratamiento de desechos sólidos se diseñó con base en una planta de tratamiento ya existente en el lugar, la cual se adaptaría para la producción de abono orgánico, a partir de la degradación de la pulpa de café mezclada con lirio acuático, proveniente del sistema de tratamiento de líquidos o bien de la laguna.

El sistema de tratamiento de desechos líquidos propuesto aprovecha la capacidad de filtración que poseen los suelos del lugar; además utiliza sistemas biológicos de depuración, a través del uso de un estanque con lirios acuáticos.

Se concluye que el diseño que se propone es factible técnicamente, aunque no resulta factible financieramente para beneficios con una capacidad menor a cien quintales de café cereza diario.

## INTRODUCCIÓN

La dependencia económica de Guatemala, en gran medida de la producción del café, hace importante los trabajos destinados a hacer más eficiente esta agroindustria.

En la actualidad, existe una gran preocupación por la contaminación de los cuerpos de agua, debido a la cantidad de desechos, tanto líquidos como sólidos, que los beneficios húmedos vierten en las cuencas de ríos, lagos y lagunas.

El presente trabajo de tesis, enfoca este problema desde una perspectiva práctica, y propone un diseño de beneficio húmedo de bajo impacto ambiental.

Se utilizó como marco de referencia la problemática de la laguna Chichoj, contaminada por los desechos industriales de una fábrica de calzado, las aguas de los drenajes de la población de San Cristóbal Verapaz y los beneficios húmedos ubicados en su cuenca.

El diseño desarrolla tres elementos básicos: a) mejoras al beneficiado húmedo tradicional, b) sistemas de tratamiento de la pulpa del café para la producción de abono orgánico, y c) el tratamiento de las aguas residuales antes de ser vertidas en la laguna.

El diseño se completa con un análisis financiero de cada componente y con una integración final, tanto de diseño como de los aspectos financieros.

## ANTECEDENTES

El problema de la contaminación de los cuerpos de agua se ha agudizado en los últimos años en Guatemala, producto del impacto negativo que tiene la acción humana sobre la cuenca de los ríos, lagos y lagunas, los cuales son utilizados como desagües naturales para los desechos de tipo domiciliar e industrial.

La laguna Chichoj localizada en San Cristóbal Verapaz, Alta Verapaz, es un claro ejemplo del acelerado proceso de eutroficación que sufren muchos espejos de agua en Guatemala. Esta laguna ha perdido 71.6 Ha. en los últimos 45 años, lo que equivale a un 35% de su área en ese entonces. Actualmente, se encuentra con fuertemente invadida de vegetación, por lo que de continuar este proceso tendería a desaparecer (Hernández, M., 1988).

En el año de 1992, la Dirección de Energía Nuclear realizó un estudio limnológico de la laguna, para evaluar el estado de contaminación de la misma. Las conclusiones de este estudio indican, entre otras cosas, que la laguna está en un acelerado proceso de



eutroficación y recomienda evitar las descargas no tratadas de aguas residuales, provenientes de: a) sistema de drenajes de la comunidad, b) residuos y agua miel de los beneficios húmedos situados en su ribera, c) otras fuentes de aporte de materia orgánica proveniente del rastro municipal, la tenería de Calzado Cobán y los residuos agroquímicos de las fincas aledañas.

En la búsqueda de soluciones para el problema señalado, se ha propuesto el diseño y posterior construcción con carácter demostrativo de un beneficio húmedo de bajo impacto ambiental, como una alternativa que contribuya a reducir la contaminación de las fuentes de agua por parte de los beneficios tradicionales.

En Guatemala, el proceso de beneficiado húmedo se verifica por lo general en instalaciones construidas en las fincas productoras, las que adicionalmente prestan el servicio a pequeños productores. Si bien, el proceso es básicamente el mismo en todas las regiones, surge una serie de diferencias originadas principalmente por la magnitud de las instalaciones y por las condiciones climáticas y topográficas en las que se lleva a cabo la cosecha.

Cabe mencionar la participación, cada vez más importante, de los "Beneficios de Compras", los cuales compran a pequeños productores y a los grandes beneficios integrados (húmedo y seco) de casas exportadoras. Estos últimos son los que mayor contaminación provocan, principalmente por su tamaño y por no disponer espacio suficiente para incorporar sistemas de mitigación o tratamiento de sus desechos.

La naturaleza de la producción y comercialización del café en Guatemala ha dado origen al establecimiento de millares de beneficios húmedos, cuyo producto principal es el café pergamino seco. Esto se debe a la existencia de gran cantidad de pequeños productores que como es de esperar tienen baja eficiencia, si se les compara con las grandes centrales de beneficiado, tal como ocurre en Costa Rica y El Salvador.

Se reconoce que en Guatemala existen muchas condiciones climáticas y topográficas por lo cual no se puede generalizar; sin embargo, los principios básicos son los mismos.

Es de suma importancia plantear diseños de beneficios de café, que sean más eficientes y menos contaminantes, no solamente para preservar nuestra ecología, sino también porque en la actualidad para acceder a crédito internacional, en proyectos de tipo industrial, es necesario realizar evaluaciones de impacto ambiental, y también para no contravenir las normas legales del país. Además de considerar la importancia que presenta la caficultura para la economía nacional.

## JUSTIFICACIONES

- A. Es necesario proponer un diseño de beneficio húmedo de café de bajo impacto ecológico, que minimice la contaminación ambiental, en especial de las fuentes de agua, aplicado a la situación específica de la laguna Chichoj.
- B. Es necesario diseñar un beneficio húmedo más eficiente que utilice de la mejor forma los recursos disponibles, asegurando la mayor calidad posible.
- C. Es de interés para la Facultad de Ingeniería, en especial para la Escuela de Mecánica-Industrial, ya que ofrece la oportunidad de participar en nuevos conceptos de desarrollo sustentable basados en el uso de tecnología aplicada.

## OBJETIVOS

### 1. GENERAL

Desarrollar una propuesta de diseño para un beneficio húmedo de café de bajo impacto ambiental, que sea factible en el aspecto técnico y financiero, que se adapte en términos generales a las características de la caficultura nacional.

### 2. ESPECÍFICOS

- a. Que las organizaciones que están trabajando por el rescate de la laguna Chichoj cuenten con un diseño de beneficio húmedo, que se adapte a la región y especialmente al Campamento Chichoj, situado en las riberas de la laguna.
- b. Que el documento sirva de guía orientadora para la aplicación de conceptos ecológicos en la preparación y evaluación de proyectos de carácter agroindustrial.

## DELIMITACIONES

El diseño estará aplicado al Campamento Chichoj, situado en la ribera de la laguna Chichoj, en el municipio de San Cristóbal Verapaz, departamento de Alta Verapaz.

Se consideran las características físicas de la cuenca, la problemática ambiental de la región, la situación socioeconómica de la producción cafetalera en la región, así como aspectos de eficiencia tecnológica y financiera.

Componentes del diseño:

1. Proceso de beneficiado húmedo para convertir el café cereza en café pergamino.
2. Operación de recirculación de aguas, recuperación de la pulpa y tratamiento de aguas residuales.
3. Utilización de los diferentes subproductos de café y aprovechamiento de la pulpa del fruto.

# CAPÍTULO I

## MARCO TEÓRICO

### 1.1 EL CAFÉ Y SU AGROINDUSTRIA

#### 1.1.1 Resumen histórico

El cafeto es originario de Etiopía, la especie arábica es indígena de la región que circunda el lago Tana, localizada entre los 12 y 16 grados latitud norte. La zona de Guatemala ubicada al sur del Petén está situada entre los 13.5 y los 16 grados latitud Norte (Hernández, M., 1988).

Los padres jesuitas introdujeron el café en Guatemala por el año de 1760. Desde entonces, su cultivo se extendió por toda la región. El cultivo del café fue impulsado como política de gobierno en los primeros años de vida independiente.

A partir de 1860, surgen las fincas grandes dedicadas al cultivo de café en los departamentos de Guatemala, Sacatepéquez, Suchitepéquez, Retalhuleu, Escuintla, Alta Verapaz, Jutiapa y Quetzaltenango.

En 1883, el número de fincas de café asciende a 5,431 en 17 departamentos, con 50,084,283 cafetos y una producción de 434,255 quintales <sup>1</sup>.

La producción de café en Guatemala ha crecido significativamente en los últimos veinticinco años. En 1963/64, la producción fue poco más de 1.8 millones de quintales de café oro, mientras en 1989/90 superó los 4.5 millones, con un aumento del 153% (ANACAFE, 1989).

#### 1.1.2 Los procesos de la agroindustria del café

La agroindustria del café tiene como objetivo la transformación del fruto del cafeto para obtener café en oro, que es el principal producto de exportación, así como productos de mayor valor agregado.

---

<sup>1/</sup> En este trabajo de tesis se utilizará el concepto de quintal equivalente a 45.359 kilogramos, debido a que es la unidad de medida normalmente utilizada en la industria cafetalera.

De acuerdo con el desarrollo de la industria del café, el producto que se va a obtener puede ser:

- Grano de café en pergamino.
- Grano de café en oro.
- Café tostado y molido.
- Café soluble instantáneo.
- Café descafeinado.
- Otros.

Los principales procesos que se verifican, de acuerdo al producto que se obtendrá, son los siguientes:

- ◆ *Beneficio húmedo*: es el proceso de transformación del café cereza maduro en café pergamino, que es el producto de la mayoría de fincas y de los pequeños productores.
- ◆ *Beneficio seco*: es el proceso de transformación del café pergamino en café oro, el cual está preparado para la exportación, que es un proceso que generalmente se realiza en las centrales de las casas exportadoras.
- ◆ *Torrefacción del café*: por medio del cual se obtiene café tostado y molido, a partir del grano en oro.
- ◆ *Preparación de café soluble*: es la serie de operaciones para producir café en polvo que sea de preparación instantánea.

## 1.2 EL PROCESO DE BENEFICIADO HÚMEDO Y SUS SUBPRODUCTOS

El proceso de beneficiado húmedo del café, que se practica en países productores de "café lavados", es básicamente el mismo, condicionado por diferencias en magnitud de las instalaciones, por las condiciones climáticas en las cuales se lleva a cabo la cosecha, y también por el mercadeo del producto.

Los pasos del proceso son generalmente:

- a. Clasificación de la fruta por densidad y por tamaño, para luego ser despulpado en pulperos de tambor con camisa de cobre, aluminio, o de acero inoxidable, o bien, con despulpadores de disco.
- b. Limpieza del café recién despulpado, el cual se efectúa en zarandas oscilantes, cribas rotatorias de lámina perforada o en varillas de metal.

- c. El proceso de fermentación se lleva a cabo en pilas de mampostería con drenaje o sin él, o bien por sistemas mecánicos, enzimáticos o químicos discutidos por Menchú (1985).
- d. La fermentación va seguida de la operación de lavado para la eliminación del mucílago o miel parcialmente degradada, lo cual se hace por medio de bombas centrífugas de rodete abierto. La operación se combina generalmente con una clasificación en los llamados correteos donde se efectúa una selección por densidad tomándose como de primera el café más pesado, segundas y natas.
- e. Finalmente, viene la operación de secamiento que se hace en patios o bien en secadoras mecánicas. Recientemente, se usan cada vez más, diferentes sistemas de secadoras verticales derivadas de las clásicas secadoras de granos desarrolladas en diversas partes del mundo.

Se debe tomar en cuenta que el proceso descrito se refiere a medianos y grandes beneficios; es decir, que procesan 100 o más quintales de café maduro diario. En pequeñas instalaciones, se simplifica el proceso y tiene el uso de mano de obra intensiva.

En Centroamérica, desde hace mucho tiempo y tal vez con mayor énfasis después de 1940, particularmente en El Salvador, surgió el interés por iniciar estudios con relación al tratamiento de desechos sólidos y líquidos del beneficiado del café (Harton, Pacheco y Santana, 1946), debido a que en esa República existen los beneficios más grandes del mundo. En 1990, sólo existían 35 beneficios para una producción un poco mayor a la de Guatemala (Menchú, J.F., 1987).

## CAPÍTULO II

### EL IMPACTO AMBIENTAL DEL PROCESO DE BENEFICIADO

#### 2.1 DESECHOS DEL PROCESO DE BENEFICIADO HÚMEDO.

Los desechos principales del proceso de beneficiado húmedo del café son:

- La pulpa del café.
- Las aguas del despulpado y de arrastre de la pulpa.
- Las aguas de recirculación (si las hubiere) y las de lavado del café fermentado.

Es preciso señalar que existen las llamadas "primeras" aguas de lavado, y las "segundas" aguas de arrastre del café lavado y que se utilizan en una última clasificación en el "correteo".

##### 2.1.1 Desechos sólidos

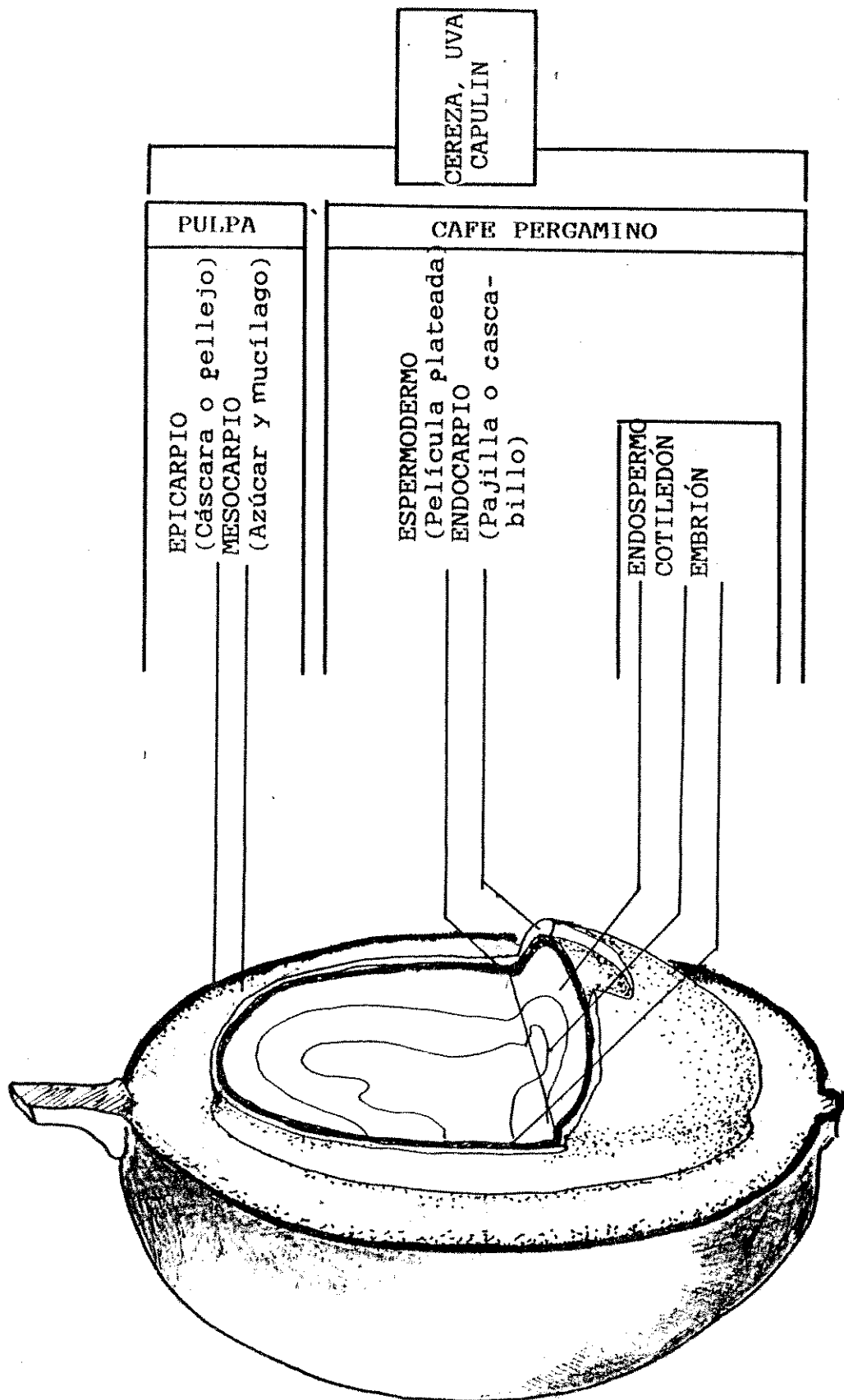
El proceso de Beneficiado Integral genera básicamente dos desechos sólidos: la pulpa y la cascarilla o pergamino (Ver gráfica No. 1, "Ilustración del fruto del café"). En el beneficio húmedo solamente se produce la pulpa.

##### **La pulpa:**

Es el desecho más molesto y el de mayor volumen; aproximadamente representa el 40% del peso total del fruto; en algunos beneficios se recolecta la pulpa, pero en la mayoría de éstos no se cuenta aún con dispositivos adecuados para su manejo y disposición (Morales, J.J., 1987). Tanto la pulpa como el mucílago, son sustratos ricos en azúcares y pectinas.

La densidad de la pulpa fresca es de aproximadamente 5.5 qq por metro cúbico ( $0.25 \text{ t}\cdot\text{m}^{-3}$ ) cuando está recién obtenida y suelta, de manera que cada 100 qq. de café en cereza producirá alrededor de 40 qq (2 T.) de pulpa, que ocupa aproximadamente  $7.00\text{m}^3$ . Este material se compacta rápidamente, en 24 horas se tienen  $10 \text{ qq}/\text{m}^3$  ( $0.45 \text{ T}\cdot\text{M}/\text{m}^3$ ) (Menchú, J.F., 1985).

GRAFICA NO. 1  
 Ilustración del fruto del café





**La cascarilla o pergamino:**

El pergamino es producto del beneficio seco y es un desecho con un insignificante impacto negativo, ya que generalmente no se tira al agua; está formado principalmente por celulosa. Resulta un valioso combustible, y tiene un poder calorífico de 20 MJ/Kg (9000 BTU/lb).

**2.1.2 Desechos líquidos**

El proceso de beneficiado genera básicamente dos tipos de aguas residuales, el agua del despulpado y el agua de lavado de la fermentación (primeras y segundas).

**Agua del despulpado:**

Contiene relativamente una alta cantidad de sólidos sedimentables, azúcares, materia soluble, y en general materia orgánica en abundancia, lo cual la hace altamente contaminante (Morales, J.J., 1987).

Hay que tomar en cuenta que la pulpa fresca contiene sustancias solubles, pero también fibras de mayor o menor tamaño desprendidas durante la operación de despulpado. Además, cierta proporción de sólidos solubles como los azúcares y pectinas degradadas presentes en el mucílago del grano.

**Agua de lavado de la fermentación:**

Contiene gran cantidad de geles coloidales de las pectinas y otros productos, los cuales son comparativamente sustancias contaminantes de mayor proporción, pero arrastra menos haces fibrosos, que las aguas de despulpado. (Morales, J.J., 1987)

Hay que definir las aguas de "*primer lavado*" y las de "*segunda*", que a la vez sirven para la clasificación en el "correteo" o sustitutos. Estas últimas son aguas que pueden ir directamente a la fuente de agua, y constituyen la mayor porción.

**2.2 CONTAMINACIÓN AMBIENTAL POR LOS DESECHOS DEL PROCESO DE BENEFICIADO DEL CAFÉ**

Los volúmenes de los desechos que se producen en el país como resultado de la industrialización del café, son gradualmente mayores, debido principalmente al incremento de la producción en los últimos años, por el uso de modernas técnicas de cultivo, incentivos a la producción y otras causas. En la última década, hubo un incremento de casi un millón de quintales oro. El problema radica primordialmente en

los beneficios húmedos, que en alto porcentaje son unidades anacrónicas que operan 120 días al máximo para absorber la cosecha, que generan grandes cantidades de residuos, que si no son controlados y aprovechados en alguna forma, se constituyen en verdaderos focos de contaminación.

Para dar una idea global de la cantidad de residuos orgánicos que generan los beneficios de café y sus industrias conexas, con base en la cosecha 1986/1987, se han obtenido las siguientes cifras (Rodas, C.A., 1988).

Cuadro 1

RESIDUOS ORGÁNICOS QUE GENERAN LOS BENEFICIOS DE CAFÉ  
Y SUS INDUSTRIAS CONEXAS

Origen	Cantidad	
	Quintales	Toneladas
Café en oro	4,230,060	211,953
Café en pergamino	5,298,815	264,941
Café en cereza	13,844,667	1,092,233
Pulpa fresca 40%	9,537,866	476,893
Mucílago 18%	4,292,040	214,602
Cascarilla o pergamino 4.5%	1,073,010	43,560

Datos de ANACAFE.

De estos grandes totales, por ejemplo, se ha estimado que los beneficios húmedos requieren por lo menos 10.5 millones de metros cúbicos de agua, durante 120 días, para sus operaciones de procesamiento por un método tradicional, y cuyas aguas residuales directa o indirectamente se suman a la contaminación de las fuentes naturales como ríos, arroyos, lagos, etc. (Morales, J.J., 1987).

La cascarilla es un producto del beneficio seco y por el contrario, es un subproducto útil, ya que se usa como un valioso combustible.

### 2.2.1 La contaminación de los cuerpos de agua

La contaminación de las fuentes de agua por desechos del beneficiado del fruto de café en las zonas cafetaleras del país es general. Esta contaminación es más marcada en las zonas donde la cosecha es concentrada, llueve menos que en las otras regiones cafetaleras y los caudales de los ríos son más pequeños (Rodas, C.A., 1988).

La contaminación de los cuerpos de agua debe medirse generalmente por la llamada Demanda Biológica de Oxígeno (D.B.O.) o bien por la Demanda Química de Oxígeno (D.Q.O.).

El **D.B.O.** es la medida del oxígeno necesario para oxidar la materia orgánica de una muestra por medio de microorganismos (ANACAFE, 1994).

El **D.Q.O.** es el oxígeno necesario para transformar el carbono de la materia orgánica en CO<sub>2</sub> (Dióxido de carbono) (ANACAFE, 1994).

Ambas están basadas en la determinación de la cantidad de oxígeno necesaria para que tales aguas resulten inofensivas para la vida vegetal acuática y los peces.

Las aguas mieles del despulpado y lavado del café tienen una **Demanda Química de Oxígeno** variable, la que depende de la cantidad disponible o del sistema de operación que se tenga en el beneficio. Sin embargo, algunos autores señalan que cuando se lleva a cabo un trabajo sin recirculación del agua, pueden obtenerse desde 3,000 a 10,000 ppm.; cuando la recirculación se realiza en beneficios grandes, como los que operan en la República de El Salvador, de lo cual hay datos reportados, que van desde 13,000 hasta 30,000 ppm.

El problema de la contaminación por materia orgánica tal como los residuos de café en las fuentes de agua, especialmente en los lagos y lagunas, es la generación de procesos de eutroficación en las mismas.

Un **proceso eutrófico** lo podemos definir como un cuerpo de agua, específicamente un lago, que puede clasificarse en dos grupos de acuerdo con su nivel de nutrientes: los lagos oligotróficos y los eutróficos.

**Lago oligotrófico** es aquel *que tiene pocos nutrientes y posee poca producción orgánica*. Todos los lagos reciben, en forma natural, cantidades de materia orgánica (hojas, insectos, etc.) proveniente del lavado superficial de la tierra en las escorrentías superficiales, lo que permite un crecimiento de algas. Sin embargo, para que los efectos de ese crecimiento lleguen a ser notados pueden transcurrir siglos.

Cuando la relación del volumen de agua efluente cargada de materia orgánica, es alterada por la descarga de residuos de la actividad humana, tales como: aguas residuales del consumo doméstico e industrial, aguas de retorno de la agricultura y agroindustria, como los residuos del beneficiado del café, ocurre que los nutrientes contenidos en ellos, permiten un crecimiento excesivo de algas, por la relación entre bacterias y algas ya descrita.

Eutroficación es el *enriquecimiento natural o artificial de los sistemas acuáticos con nutrientes, que da como resultado un sustancial incremento en la productividad y en el contenido de materia orgánica del sistema* (Abreu, A.T., 1977).

El resultado de este proceso es un cuerpo de agua eutrófico, con las siguientes características:

- a. Contiene mucha materia orgánica en suspensión y en el fondo.
- b. Contiene muy poco o nada de oxígeno disuelto en la zona estancada. (fondo)
- c. El plancton es cuantitativamente abundante pero varía poco en calidad.
- d. Son comunes los florecimientos de algas.

El proceso de eutroficación puede originar las siguientes consecuencias:

- a. Un descenso en los valores estéticos.
- b. Aumento en las manchas de algas y de vegetación macrófita.
- c. Cambios que redundan en la disminución de la calidad y variedad de peces.
- d. El desarrollo de zonas aneróbicas en lagos y corrientes.
- e. Un descenso en el valor de la propiedad colindante al lago.
- f. Problemas en las plantas de tratamiento, tales como olores y sabores desagradables en el agua, obstrucción de filtros y, como consecuencia un incremento en los costos de operación.
- g. Asolvamiento del cuerpo de agua, que disminuye su volumen hasta su desaparición.

### 2.2.2 El caso particular de la laguna Chichoj

La siguiente descripción está tomada del resumen realizado por la Dirección General de Energía Nuclear, del trabajo de investigación de la Licda. Cynthia Mouriño.

La laguna Chichoj se encuentra ubicada en San Cristóbal Verapaz, Alta Verapaz, 15° 21' 55" norte, 90° 28' 33" oeste, a una altitud de 1,398 metros sobre el nivel del mar. (Ver gráfico 2, "Ubicación laguna Chichoj").

La cuenca tiene una población estimada de 37,500 habitantes, 29.06 km<sup>2</sup>, y se divide en dos unidades fisiográficas:

- a. Tierras altas (dolomitas y caliza).
- b. Tierras bajas (suelos franco-limosos).

El clima es semicálido con invierno benigno. Diciembre y enero son los meses más fríos y marzo y abril son los más calurosos. No hay estación seca definida, pero las mayores precipitaciones se producen de junio a noviembre.

Los focos de mayor contaminación están ubicados en la cabecera municipal de San Cristóbal Verapaz, cerca del afluente.

Los tipos de contaminación son:

- a. Aguas negras provenientes de la población, ya que solamente un 35.8% goza de servicio de drenajes.
- b. Residuos industriales y agropecuarios (fábrica de calzado, beneficios de café y desperdicios pecuarios).
- c. Desechos sólidos (basura), proveniente principalmente de la población urbana asentada en sus riberas.

El tipo de problema es similar a muchos cuerpos de agua de Guatemala, debido a que se les utiliza como depósitos de desechos, por lo que tienden a desaparecer. No hay antecedentes de acciones exitosas de recuperación de cuerpos de agua en el país.

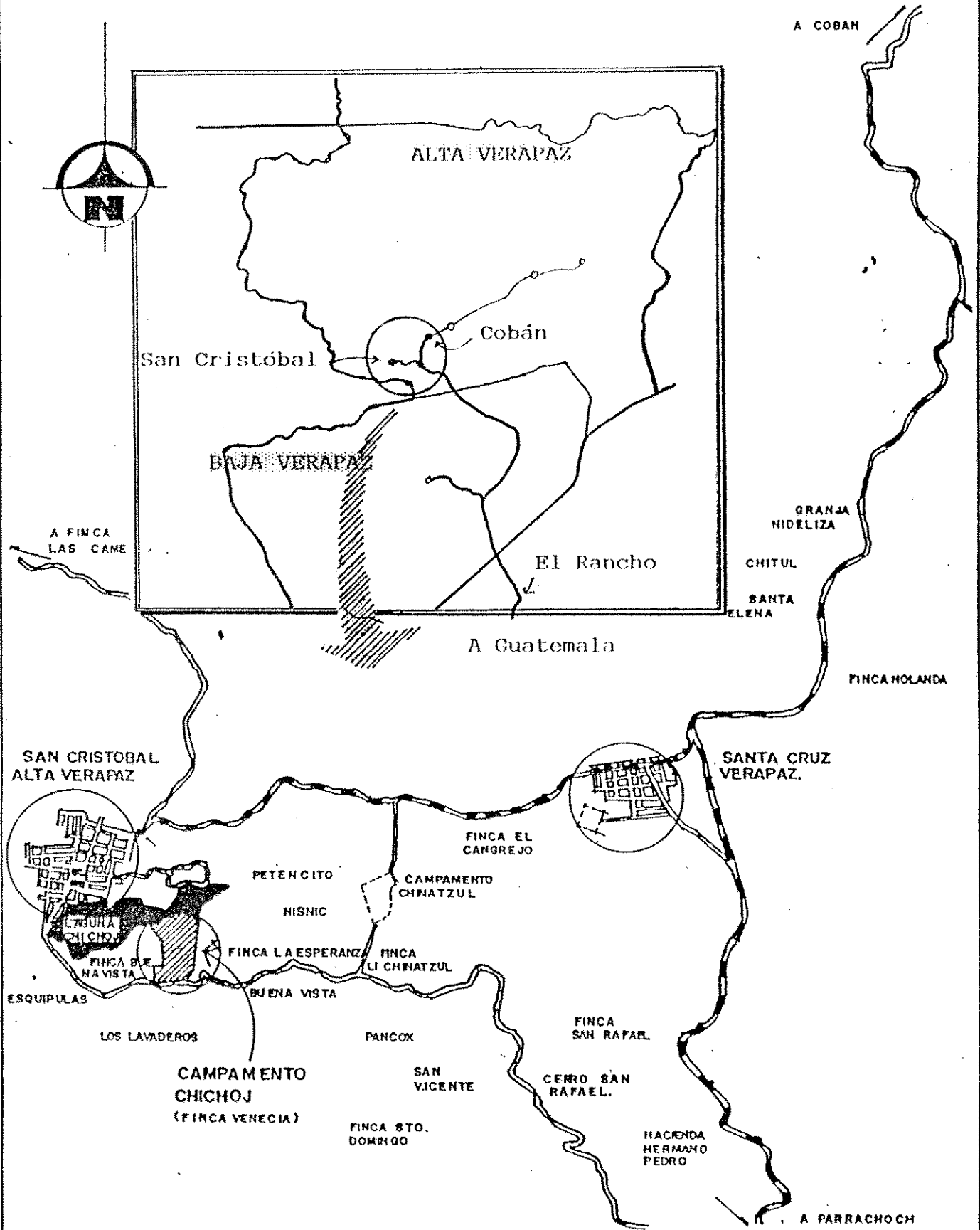
Los procesos que se verifican en la laguna Chichoj son la contaminación por medio de sustancias no naturales y además un proceso de eutroficación (acumulación de contenidos naturales).

Esto tiene como consecuencia un proceso de sucesión biológica que provoca la disminución del espejo de agua, pues crea las condiciones para la proliferación de abundante vegetación acuática y emergente, zonas de pantano y pradera por disminución del espejo de agua (un 65% en 44 años) siendo en 1947 de 110 ha. y en 1991 de 38.4 ha., lo que genera una tensión sobre la laguna a través de un proceso acelerado de eutroficación artificial.

Entre las recomendaciones tenemos:

- a. Empezar un programa de tratamiento de aguas residuales provenientes de la actividad industrial, agroindustrial y urbana que eviten que los contenidos contaminantes continúen llegando hasta la laguna.
- b. Utilizar adecuadamente los fertilizantes agrícolas que constituyen también fertilizantes (eutroficantes) de las aguas de la laguna.
- c. Evitar el pastoreo cerca de la laguna y el lavado de ropa en sus aguas.

GRAFICA No. 2  
Ubicación de la laguna Chicho



PLANO: LOCALIZACION.

## CAPÍTULO III

### ESTUDIO TÉCNICO DEL PROCESO DE BENEFICIADO HÚMEDO

#### 3.1 DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA

El proyecto pretende ser experimental, no obstante deberá evaluar las posibilidades de demanda real de su uso. Según información de ANACAFE en el año 1986-87, la producción de café en la región era: las fincas producían 7,693.47 sacos de 60 Kg, las cooperativas 7,385.4 y los pequeños productores 10,734 sacos. Son estos últimos los que generalmente venden su producción a beneficios, ya que las cooperativas y las fincas en la mayoría de los casos poseen sus propios beneficios.

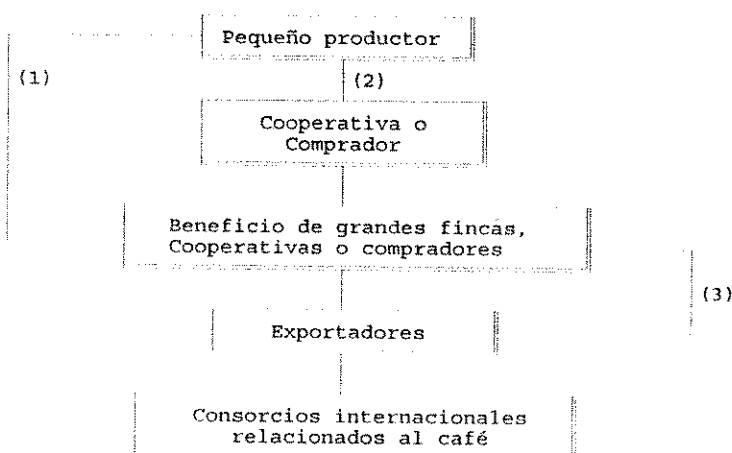
Consideramos que aproximadamente el 40% del café que se produce en las pequeñas explotaciones se vende en cereza fresca. En 1986, se estimaba que en la región de San Cristóbal había entre 4,000 y 6,000 pequeños productores.

#### El proceso de comercialización del café

En el siguiente diagrama, se presentan las distintas rutas del proceso de beneficiado de café, de acuerdo con el tipo de productor.

Esquema No. 1

#### CANALES DE COMERCIALIZACIÓN DEL CAFÉ.





### **Ruta 1 del proceso de comercialización**

La ruta 1 es la que sigue el pequeño productor que no posee beneficio de café húmedo y que no está asociado a ninguna cooperativa; éste vende su producción en café cereza al beneficio de compradores, quienes posteriormente lo venden a una exportadora de café.

### **Ruta 2 del proceso de comercialización**

La ruta 2 es la que sigue el pequeño productor asociado en cooperativa u otro tipo de asociación, la cual beneficia el café para luego venderlo a una exportadora o bien cuando el pequeño productor vende su cosecha a compradores individuales que no poseen beneficio húmedo y lo revenden.

### **Ruta 3 del proceso de comercialización**

Es la que utilizan normalmente las fincas grandes, ya que éstas generalmente poseen sus propios beneficios húmedos de café y a veces secos, y solamente entregan a las exportadoras o bien los compradores mayoristas que tienen su propio beneficio húmedo.

Lo usual es que el productor entregue su café en "pergamino" a las centrales que por lo general son empresas multinacionales que hacen la exportación.

## **3.2 DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD**

Atendiendo a que el propósito de este trabajo es que sea replicable, se consideró la capacidad más representativa de los beneficios en Guatemala, es decir, el de aquellos que constituyan el mayor número.

Según datos de ANACAFE, en el año de 1986 existían en el país 1,644 beneficios húmedos con una capacidad mínima para procesar 100 qq de café cereza. Existe otra gran cantidad de beneficios más pequeños, pero que no resultarían aplicables para desarrollar procesos de tratamientos de desechos.

Por lo tanto, la capacidad que se tomará para el diseño del beneficio será de un máximo de 100 qq de café cereza al día, esto es en los días "pico" (días de mayor cosecha).

## **3.3 LOCALIZACIÓN**

Para seleccionar la ubicación de un beneficio de café, es necesario tomar en cuenta ciertos factores que influyen en el proceso y la materia prima que en él se utilizan.

### **3.3.1 Macrolocalización**

Por macrolocalización se entiende el lugar geográfico o territorio donde será ubicado el beneficio de café. Es de vital importancia ubicar el beneficio lo más cerca posible de las zonas de producción o fincas de café, ya que ello permitirá:

- a) Bajar los costos de transporte del café, de las plantaciones hacia los beneficios.
- b) Reducir el tiempo de transporte, buscando con esto reducir el peligro de fermentación del café uva fresca.

En términos generales, debido a la topografía nacional, cada finca tiene su propio beneficio. Sin embargo, existen también beneficios de compradores en regiones de pequeños productores o en regiones planas con carreteras, donde el café en cereza se transporta a centrales integradas, por varios kilómetros, como ocurre en el centro y oriente de la República, es decir, que su producto es café de exportación.

### **3.3.2 Microlocalización o emplazamiento**

Esta se refiere a determinar la zona propicia para la ubicación de un beneficio de café, dentro del lugar geográfico ya establecido. Para esta determinación, se deben tener en cuenta varios aspectos tales como:

- a. Cantidad de agua disponible para el beneficio.
- b. La demanda de energía eléctrica u otra fuente de energía.
- c. Buenas vías de acceso para el transporte del café.
- d. Clima imperante (hora sol), posición del beneficio respecto a las montañas cercanas.
- e. Mano de obra.
- f. Topografía del terreno.
- g. Espacio para ubicar los sistemas de tratamiento.

### **3.3.3 Evaluación del lugar**

De acuerdo con las restricciones descritas, a continuación se hace una evaluación del lugar predeterminado para la ubicación del beneficio Campamento Chichoj.

**a. Macrolocalización:**

El Campamento Chichoj está situado en la parte sur de la laguna Chichoj, ubicado a 1 Km del casco urbano de San Cristóbal Verapaz, o sea prácticamente en la cabecera municipal. (Ver gráfico 3, "Ubicación Campamento Chichoj").

San Cristóbal Verapaz, aunque no ocupa el centro de la microcuenca, es el centro comercial y poblacional más importante de la región. Por lo tanto, el Campamento Chichoj está bien ubicado, ya que tiene acceso por dos vías importantes de la región, que son transitables todo el año.

**b. Microlocalización:**

Respecto a los elementos que se deben tomar en cuenta en la microlocalización tenemos:

Agua necesaria:

El lugar está ubicado a orillas de la laguna Chichoj, y cuenta con suficiente agua todo el año, además de poseer pozos propios.

Energía eléctrica:

El Campamento Chichoj está conectado a la red nacional de electrificación y cuenta con todo el sistema necesario, aunque esto no descarta la posibilidad de utilizar motores diésel o gasolina, como alternativa por fallas en el sistema eléctrico.

Vías de acceso:

El Campamento está conectado por dos accesos directos a la carretera que comunica la Ciudad de Cobán con la Ciudad de Guatemala. Ambas vías son transitables durante todo el año.

Clima:

Aunque la insolación promedio en anual es de 4.84 horas/día, toda la región presenta más o menos estos parámetros, por lo cual es un elemento importante que se debe considerar en el diseño del beneficio.

#### Mano de Obra:

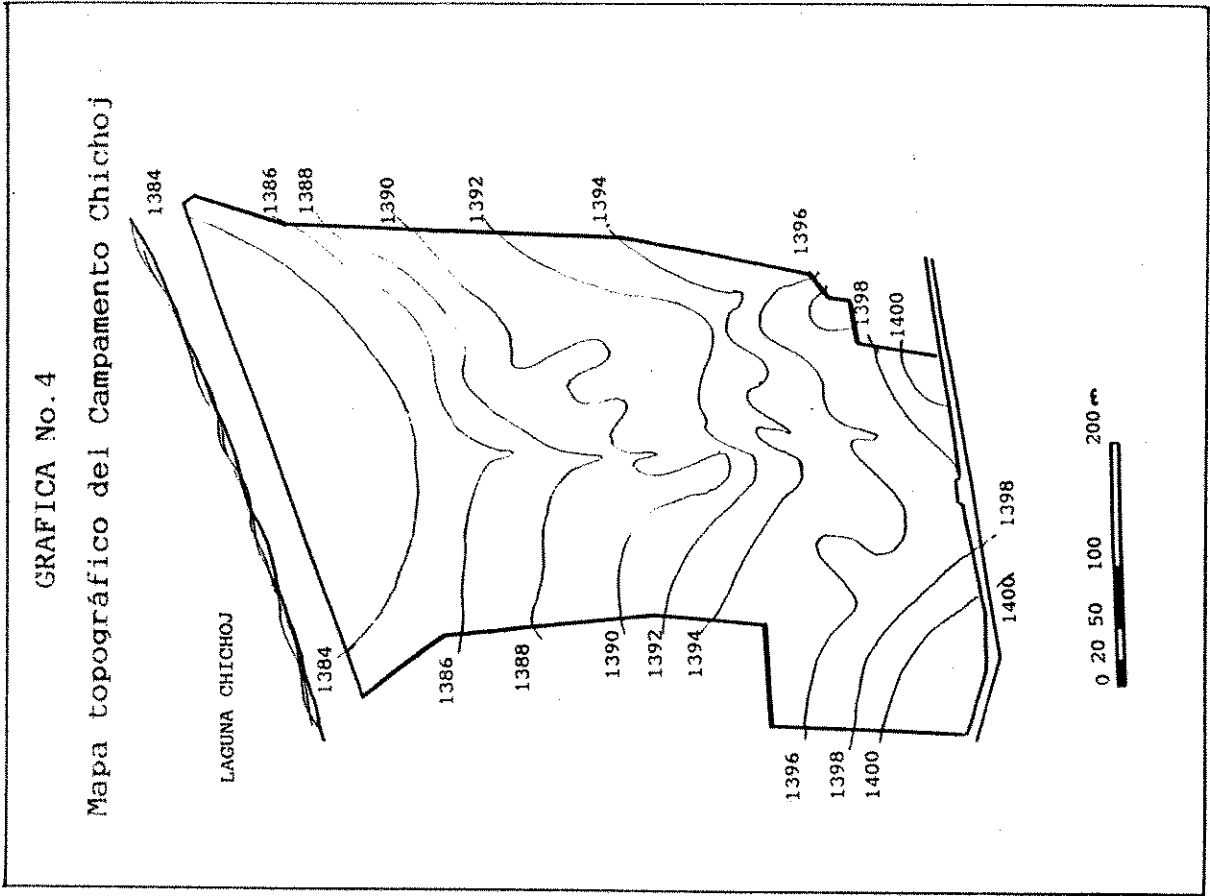
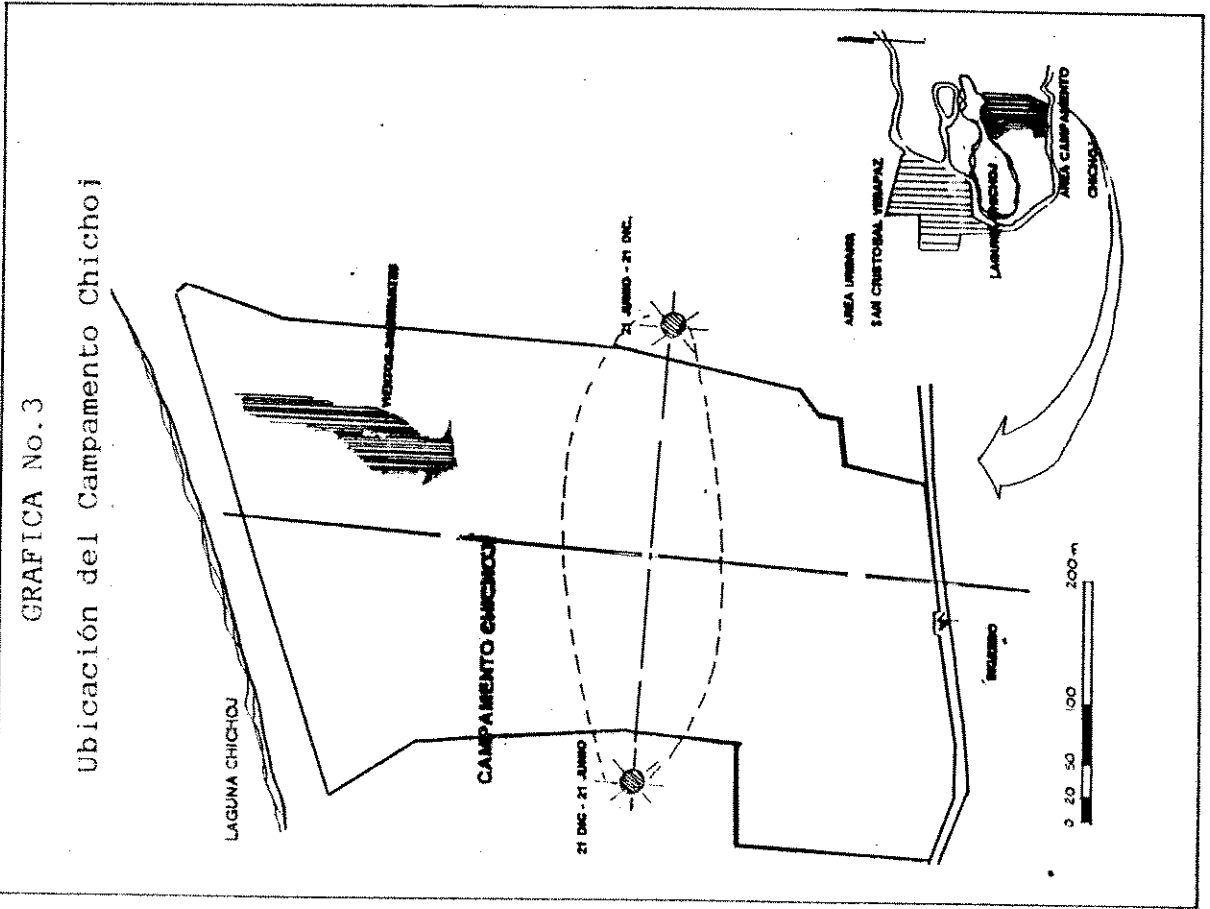
La mano de obra procede de la misma cabecera municipal, que siendo una población de 15,000 habitantes, tiene suficiente oferta de mano de obra calificada y semicalificada para un trabajo de beneficiado.

#### Eliminación de Desechos:

El propósito principal de este trabajo es buscar una solución factible al tratamiento de desechos.

#### Topografía del terreno:

El terreno es básicamente plano, con alguna inclinación hacia la laguna con pendiente entre 0 - 8%, aunque se prefieren terrenos con cierta inclinación que permitan el uso de la gravedad en mejor forma para el proceso de beneficiado húmedo, se considera que no es un factor determinante por el uso de nuevas tecnologías; de manera que se trabajará en un área con poca inclinación. (Ver gráfica 4, "Mapa Topográfico del Campamento Chichoj" y gráfica 5, "Ubicación del beneficio húmedo").



## 3.4 PROCESO DE PRODUCCIÓN

### 3.4.1 Proceso tradicional de transformación

El proceso tradicional del beneficiado húmedo de café es la transformación del café cereza (fruto del café tal como fue cortado) a café pergamino (semilla seca de café). Para tal efecto, se desarrolló un diagrama de operaciones (Ver diagrama 1, "Diagrama de operaciones de beneficio húmedo tradicional") y una descripción del mismo que se presenta a continuación:

a. Ingreso del café en cereza:

La recolección no es parte directa del beneficiado húmedo, sin embargo, éste se ve afectado por la calidad de la recolección. Por ejemplo: la selección adecuada de las cerezas maduras es una práctica indispensable, si se desea preparar un café lavado de primera calidad. Se ha demostrado que existe una ganancia significativa en el rendimiento de café en oro, al beneficiar café completamente maduro, en comparación con café a medio madurar (camagüe o pinto), café verde y café sobremaduro (pasa).

A lo anterior, se puede añadir que la calidad de la bebida obtenida del fruto inmaduro o sobremaduro, resulta alterada.

Este es el problema más serio en las cooperativas y compras a pequeños productores, ya que en algunos casos habría que rechazar el producto o reducirle valor de acuerdo con el estado general de la fruta. En las fincas de café, por lo general, llega mejor seleccionado y existe una separación de verdes o inmaduros por parte del "cortador".

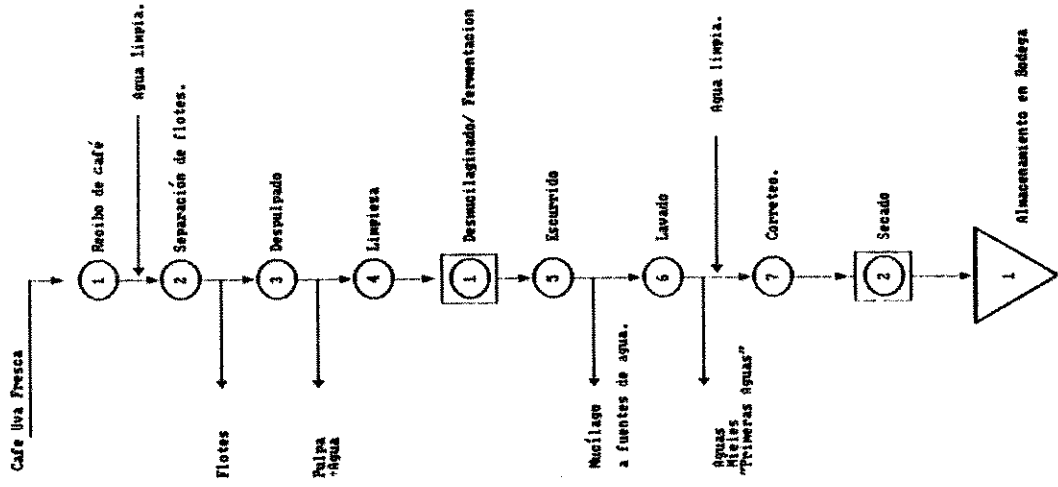
El fruto totalmente verde debe rechazarse, o hacerlo escoger como una práctica común en las fincas.

b. Operación 1: Recibo de café

La operación de recibo se inicia con el transporte del café cereza que puede ser directamente del cortador (en fincas que benefician su propio café) o bien transportada por camiones que vienen de los lugares de recibo situadas estratégicamente en las fincas medianas y grandes. También llega en camiones a las centrales que se dedican a beneficiar el café en cereza de toda una región o bien de algunas fincas y de los laboristas de la zona.

DIAGRAMA No.1

DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO DE BENEFICADO HUMEDO TRADICIONAL.  
 PARA UNA CAPACIDAD MAXIMA DE 100 00 DE CAFE MADURO/DIARIO.



GRAFICA No.5

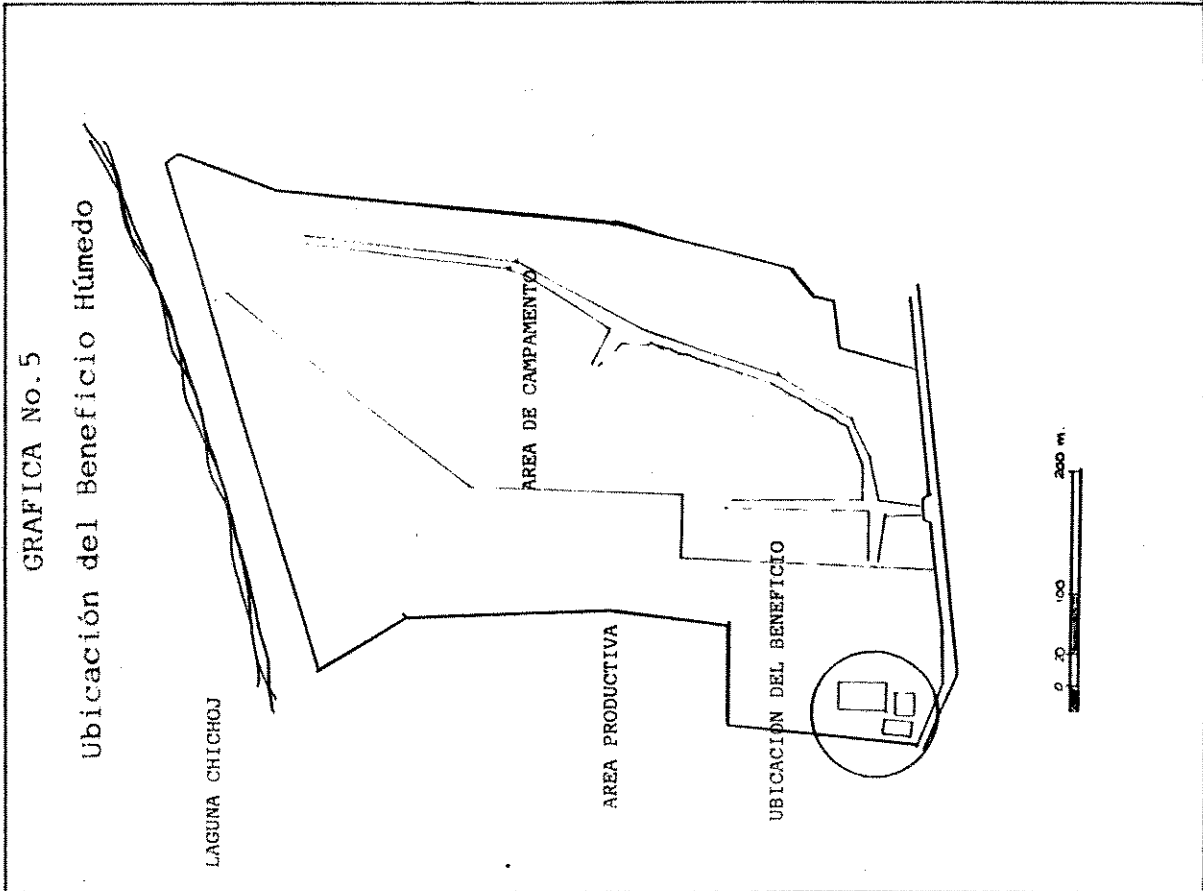
Ubicación del Beneficio Húmedo

LAGUNA CHICHOJ

AREA DE CAMPAMENTO

AREA PRODUCTIVA

UBICACION DEL BENEFICIO



Tanque recibidor:

Tiene por objeto almacenar, en el período inmediato a su despulpado, el café cereza que se cosechó durante el día. Este tanque se puede construir para ser usado con agua o en seco, como se explica a continuación.

Tanque recibidor con agua:

Esta ha sido hasta ahora la opción usual; la razón principal para emplear esta clase de tanques, llamados "sifones", es la separación rápida y apropiada de los "flotes", o sea, la separación de todo aquel material que por su densidad flota, que permite así su arrastre por una corriente de agua. Sin embargo, este objetivo no se cumple, en la mayoría de los casos, si no se instala un "separador de flotes" y despedrador.

Tanque recibidor en seco:

Este sistema se usa generalmente en Colombia, Kenya, Puerto Rico y en la zona de Cobán de nuestro país, para pequeñas cantidades de café. Por medio de una tolva, colocada en la parte superior, se alimenta directamente el pulpero; a veces la salida del café es controlada por medio de un chorro de agua. También puede hacerse esto mecánicamente por medio de un molinete rotatorio, que es la forma más sencilla de obtener una alimentación continua y regular. El problema principal radica en que es indispensable el uso del correteo y disponer de suficiente agua para separar los cafés de segunda, que vienen con los "flotes".

c. Operación 2: Separación de "flotes"

Mencionamos anteriormente que la separación se realiza en los tanques recibidores con agua; ésta consiste en la separación del café bueno del café "vano" (fruto seco en la planta y fruto enfermo, que se deshidrata y luego flota al sumergirlo en agua). Se realiza tradicionalmente en los llamados "sifones", que son tanques con fondo en forma de pirámide invertida; en el fondo del mismo, se deja una caja de registro o de drenaje. Se rebase de agua para que el café vano flote y sea desviado; el café pesado se desliza al fondo y sigue su proceso. No obstante, en la práctica la separación de flotes no siempre es adecuada, por lo que se han diseñado trampas de "flotes" y simultáneamente de piedras (despedrador usual en los beneficios). Actualmente, se usan pequeños sifones o "canal sifón" que son más eficientes.

d. Operación 3: Despulpado.

La separación de la pulpa (el epicarpio y parte del mesocarpio del fruto del cafeto) se efectúa en aparatos que aprovechan la cualidad lubricante



del mucílago del café, para que, por presión se suelten los granos, y se pueda eliminar por una corriente de agua, la pulpa desprendida.

e. Operación 4: Limpieza del café despulpado

Ocurre en el beneficiado tradicional que normalmente el material que sale del despulpado no es solamente el grano y la pulpa, sino también cierta proporción de café medio verde y también enfermo (que tiene un lado seco). Estos materiales pasan entonces en la primera despulpada soltando un grano y el resto continúa con la pulpa adherida, porque no tienen mucílago o lo tienen en cantidad insuficiente. Es necesario eliminar todos estos materiales, antes de proceder a la fermentación del café despulpado.

La limpieza del café despulpado puede hacerse mecánicamente utilizando los siguientes medios: zarandas, cribas cilíndricas rotatorias, parrillas con sifón, canales de pre-lavado.

f. Operación Inspección 1: Proceso de fermentación

El grano de café recién despulpado está recubierto de una capa mucilagínosa que representa alrededor del 20% en peso del fruto maduro. Este mucílago está formado principalmente por pectinas y azúcares que deben eliminarse por el proceso llamado "fermentación". También se puede hacer un desmucilaginado mecánico o usando enzimas comerciales.

Posiblemente es esta fase del beneficiado húmedo más delicada, en lo que se refiere a la obtención de calidades finas de café. La fermentación natural del café puede realizarse en seco, bajo de agua o combinando ambos sistemas. También se puede hacer un desmucilaginado por medios mecánicos y químicos, como se señala antes.

g. Operación 5: Ecurrido

Esta operación es la eliminación de los residuos inmediatos del proceso de desmucilaginado. Para esto, se dotan las pilas de sistemas de drenaje suficiente, utilizando láminas perforadas (pichachas) y un adecuado desnivel. El mucílago parcialmente licuado escurre en forma de miel y licores con pH de 3 a 4 que deben evacuarse continuamente.

h. Operación 6: Lavado

El café fermentado o desmucilaginado debe someterse a una operación que elimina los materiales sueltos y los residuos de mucílago, así como las sustancias solubles formadas durante la fermentación, con el objeto de

obtener un pergamino áspero, muy blanco y sin restos de "miel" en la hendidura del grano.

El lavado puede efectuarse en instalaciones pequeñas aprovechando la fuerza humana, por el primitivo sistema de "pataleo" o por medio de batido con palas de madera; sin embargo, en una finca que despulpe más de 150 quintales (6.82 toneladas métricas) de café maduro al día, este trabajo debe hacerse mecánicamente por medio de distintos aparatos, generalmente con bombas centrífugas. Esta operación produce las llamadas "primeras aguas de lavado", que deben tratarse.

En instalaciones antiguas o en instalaciones pequeñas, se usa la parte inicial del correteo para completar la eliminación de restos de mucílago y de una vez para iniciar la clasificación por densidad en "primeras", "segundas" y "natas". Esto significa el uso de un gran volumen de agua.

i. Operación 7: Tratamiento del despulpado recién lavado

En la forma tradicional, ya sea que se lave manualmente o en bomba centrífuga, el flujo de agua y el café lavado se conducen al canal de "correteo" tradicional (de 30 a 60 m. de largo), el cual por medio de batientes que establecen separaciones conforme baja la pendiente se hace una última separación del grano y natas; en el oriente de la República por la escasez de agua, se han utilizado simples tanques de lavado con agitación manual.

En estos casos, no existe separación de aguas de "primer lavado" y se opera por tandas, usando las aguas sucias para clasificar por densidad. Esta operación se concluye con agua limpia.

Las nuevas tecnologías separan las aguas de "primer lavado" con una "pichacha" o "parrilla" para eliminar las aguas más contaminadas y luego con agua limpia desaguar y clasificar; esta vez con un "correteo continuo" que solamente mide de 3 a 6 m.

Después de que el café ha sido lavado, se tienen que remover los excesos de agua en otro paso llamado escurrido; éste consiste en zarandear el café, o pasarlo por una helicoidal con su artesa perforada. Esto también puede hacerse en una pila adicional para utilizarla en el paso siguiente.

j. Operación 8: Remojo de 24 a 48 horas

Actualmente se está iniciando esta operación que ha sido común por muchos años en Africa (Kenya y Tanganica). El objeto es buscar la mejor

presentación del producto en oro, color jade y película totalmente blanca. También ha sido asociada a la eliminación de ácidos clorogénicos que causan el sabor a "grama o ligeramente astringente", que da una taza más limpia, y por supuesto eliminando la "película plateada" adherida que produce el grano llamado "jotoso".

k. Operación Inspección 2: Secado

El café lavado recién escurrido tiene un contenido de humedad que está alrededor del 55% sobre la base húmeda, es decir, que cada 100 quintales de café en ese estado contienen 55 libras de agua y 45 de café completamente seco. Se debe rebajar hasta un rango de 9 a 12%, para almacenarlo, venderlo o trillarlo posteriormente, para lo cual se debe secar en patios o en secadoras mecánicas.

Secamiento al sol en patios: este es el sistema clásico que se emplea en América Central sobre todo para secamiento del café de altura. Sin embargo, en ciertas zonas lluviosas o con topografía muy quebrada, es prácticamente imposible.

Secadoras mecánicas: se utilizan en lugares donde la lluvia impide el secado al sol y particularmente en los beneficios medianos y grandes.

- Secadoras rotatorias:

Son las secadoras mecánicas de mayor uso en Centroamérica. La más común es la llamada "Guardiola". Estas secadoras constan esencialmente de un tambor cilíndrico montado sobre un hueco por donde circula aire caliente. El tambor gira a razón de dos revoluciones por minuto; un ventilador aspira aire y lo inyecta al calor de vapor o fuego directo. Utiliza leña, diésel o cascabillo (Menchú, J.F., 1985)..

- Secadoras verticales:

Derivadas de las secadoras de granos, tales como el maíz. Una cascada de grano recibe a contra corriente un flujo de aire caliente. Se repite el ciclo hasta llegar al secado requerido (Menchú, J.F., 1985)..

### 3.4.2 Descripción de equipo e instalaciones

En el siguiente cuadro, se presenta una lista de los insumos y del personal necesarios, a fin de facilitar el análisis del equipo. Además, en la Gráfica 6, se presentan las Instalaciones de un Beneficio Húmedo Tradicional.

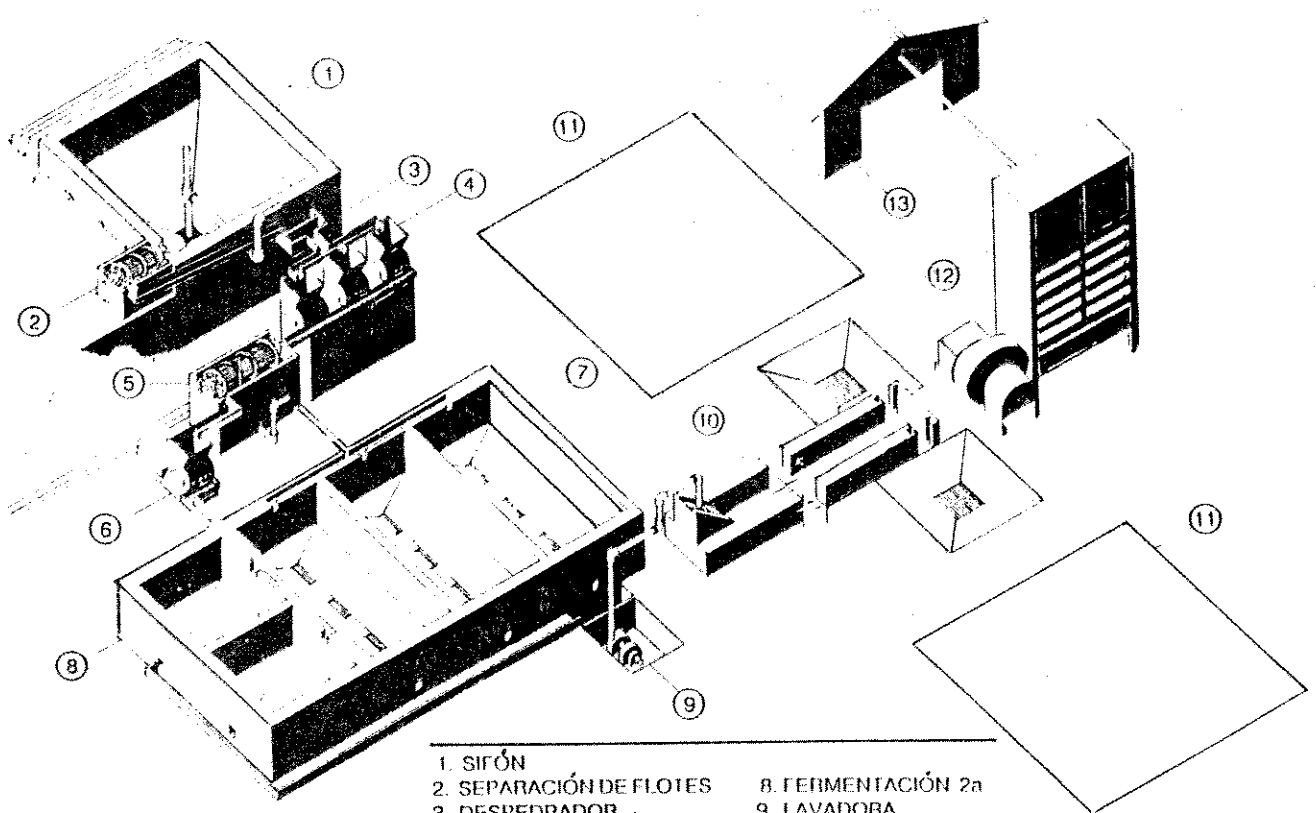
Cuadro No. 2

#### EQUIPO E INSTALACIONES DEL BENEFICIO HUMEDO TRADICIONAL

Operación	Opciones en equipo e instalaciones
1. Ingreso del café en cereza	1. Lugar para pesar, depósito provisional
2. Recibo del café cereza	1. Tanque recibidor en seco 2. Tanque recibidor con agua
3. Clasificación del fruto	1. Tanque tipo sifón 2. Canal sifón 3. Criba de flotes
4. Despulpado	1. Pulperos tamaño y número, según capacidad del beneficio, con motor diésel, gasolina o eléctrico
5. Limpieza del café despulpado	1. Zarandas oscilantes 2. Cribas rotatorias 3. Bomba de agua
6. Desmucilaginado	1. Fermentación en tanques cubiertos o descubiertos 2. Desmucilagadoras mecánicas 3. Sistemas químicos
7. Escurrido	1. Pichachas en pilas
8. Lavado	1. Canales de correteo con tabiques, ó 2. Canales de correteo continuo, ó 3. Bomba de agua
9. Remojo en pilas o estanques	1. Pilas cubiertas o descubiertas
10. Secado	1. Patios de secado 2. Secadoras mecánicas rotatorias o vertical estáticas
11. Almacenamiento	1. Bodegas

GRAFICA No. 6

BENEFICIO HÚMEDO TRADICIONAL.



- |                         |                         |
|-------------------------|-------------------------|
| 1. SIFÓN                | 8. FERMENTACIÓN 2a      |
| 2. SEPARACIÓN DE FLOTES | 9. LAVADORA             |
| 3. DESPEDRADOR          | 10. CORRETEOS           |
| 4. PULPEROS             | 11. PATIOS              |
| 5. CRIBAS               | 12. PRESECADORA         |
| 6. REPASADOR            | 13. SECADORAS Y ALMACEN |
| 7. FERMENTACIÓN 1a      |                         |

## 3.5 DISEÑO PROPUESTO

### 3.5.1 Caracterización de problemas de los beneficios tradicionales

Se han mencionado algunos de los problemas básicos que presentan en el diseño y operación los beneficios tradicionales, basado en las Memorias de la Acción Cuencas Mataquescuintla, que se resumen de la siguiente forma:

- a. La mala calidad del café maduro que entra al beneficio; es decir, que exista una selección inadecuada en la recolección, que provoca la entrada de mucha fruta verde, inmadura y sobremadura.
- b. Los pulperos son usados en forma deficiente, debido a la falta de mantenimiento y problemas de regulación, lo cual provoca daños al grano.
- c. La fermentación tardía y heterogénea debida a factores climáticos y por diseños defectuosos de las pilas de fermentación. Es común que en los beneficios pequeños, las pilas no estén techadas o en algunos que sean demasiado profundas. Además, no tienen suficientes pichachas instaladas para garantizar suficiente drenaje de mieles y aguas de la pila. Los desniveles del piso deben ser al menos del 4%.
- d. En cuanto a la clasificación de café lavado, todavía existe una parte importante de beneficiadores que lava el café en las pilas de fermentación, y lo clasifica en el correteo en forma deficiente. Otros beneficiadores tienen un canal inadecuado, lo que no permite una clasificación eficiente del pergamino.
- f. El secado del grano a veces es problemático por factores climatológicos como la lluvia en la época de cosecha. Muchos de los beneficios disponen de equipo para secado mecánico y es utilizado en forma intensiva, cuando se recomienda su uso lo menos posible.
- g. En general, el manejo del agua dentro del beneficio es muy ineficiente. No existe conciencia de la importancia de ahorrar agua y se operan las unidades de proceso con grandes caudales, naturalmente esto ocurre en regiones con cosechas en época de lluvia. Además, pocos beneficios emplean recirculación de agua en el de proceso. Por el uso excesivo de agua, las fosas de pulpa presentes en la gran mayoría de los beneficios, rápidamente se llenan y rebalsan.
- h. El manejo y la disposición de la pulpa es inadecuado. La cual es transportada usando grandes cantidades de agua, a depósitos que carecen

de un sistema de drenaje. Las aguas de escurrimiento en general corren a los ríos.

En resumen, la tecnología de beneficiado empleada es inadecuada en cuanto a:

*La calidad del café producido.* Se aplican prácticas de beneficio que son dañinas para la calidad del grano, y los beneficios carecen de un sistema de control de calidad de entradas, procesos y salidas.

*El uso excesivo del agua.* No se aplica o se aplica incorrectamente la recirculación de aguas de proceso. Si se lograra hacerlo correctamente, se ayudaría a reducir los períodos de fermentación.

*Diseños con tecnología antigua.* Existen pocos beneficios que se preocupen por actualizar sus diseños y tecnología.

*La afección del medio ambiente.* El manejo de la pulpa y el agua en el proceso provoca que las fosas se llenen rápidamente y se rebalsen, y que contaminen las fuentes de agua más cercanas.

### 3.5.2 Condicionantes del diseño

Los puntos de partida para el diseño del beneficio de bajo impacto ambiental son los siguientes elementos:

- ◆ Uso mínimo del agua.
- ◆ Uso mínimo de energía.
- ◆ Producto de alta calidad.
- ◆ No contaminación de las fuentes de agua y uso óptimo de sub-productos.

A continuación, se presenta un cuadro comparativo entre los aspectos más importantes que se tiene como meta cambiar entre la tecnología tradicional y la propuesta de diseño.

Cuadro No. 3

## CUADRO COMPARATIVO DE LAS MEJORAS A REALIZAR

Aspecto	Tecnología tradicional <sup>v</sup>	Tecnología propuesta <sup>v</sup>
Consumo de agua	0.3 m <sup>3</sup> /quintal maduro	De 0.09 a 0.05 m <sup>3</sup> /quintal maduro
Tiempo de partida	De 36 a 40 horas	De 12 a 20 horas
Carga contaminante del agua (líquido a desacargar)	Aproximadamente 10,000 ppm de DQO <sup>v</sup>	300 o menos ppm (mg/l) de DQO
Subproductos	Uso parcial de la pulpa	Uso de la pulpa y subproductos del tratamiento de aguas residuales.

- 1/ Acción Cuencas Mataquesuintla (ANACAFE, AID, PEICCE)  
 2/ Los Desechos del Beneficiado del Café y la Contaminación de las Fuentes de Agua (ANACAFE).  
 3/ Soluciones Provisionales para la Disposición de Aguas de Lavado de Café en Guatemala (César Augusto Rodas, ANACAFE)

## 3.5.3 Descripción de las mejoras a incluir en el diseño propuesto

El proceso propuesto se fundamenta básicamente en:

1. **Recirculación del agua:** a través de un sistema de bombas centrífugas de impeler abierto.
2. **Acelerar la fermentación natural del café,** al hacer uso de enzimas propias, bajando el tiempo de 36 o más horas del sistema tradicional, a una fermentación de 3 a 12 horas.
3. **Mejorar la calidad del producto final,** al mejorar el sistema de separación de flotes, del tanque sifón tradicional, a un recibidor en seco con canal sifón. Se espera una separación óptima de los flotes y el café que se va a despulpar.
4. **Disminuir la carga contaminante** de los líquidos que se vierten a las fuentes de agua, a través de un sistema de tratamiento de aguas residuales de bajo costo.



5. *Utilizar los subproductos* tal como la pulpa y otros provenientes del sistema de tratamiento para producir abono orgánico de alta calidad.
6. *Mejorar el diseño ergonómico del beneficio* realizando un diseño que permita comodidad en su operación.

#### **3.5.4 Descripción de las instalaciones y operaciones del proceso propuesto**

Por medio de la descripción del proceso propuesto, se utilizó un diagrama de operaciones, que sirvió de base para el diagrama de bloques y el de flujo, los cuales son la base fundamental para el diseño de las instalaciones.

##### **DIAGRAMA DE OPERACIONES PROPUESTO**

(Ver diagrama 2, "Diagrama de operaciones propuesto").

##### **DIAGRAMA DE BLOQUES PARA EL DISEÑO DE INSTALACIONES**

(Ver diagrama 3, "Diagrama de bloques para el diseño de las instalaciones").

##### **DIAGRAMA DE DISTRIBUCIÓN DE LAS INSTALACIONES**

(Ver diagrama 4, "Diagrama de distribución de las instalaciones").

##### **DIAGRAMA DE FLUJO**

(Ver diagrama 5, "Diagrama de flujo según el diseño de instalaciones").

DIAGRAMA No. 2

DIAGRAMA DE OPERACIONES PROPUESTO PARA BENEFICIO HACIENDO DE BAJO IMPACTO AMBIENTAL.

PARA UNA CAPACIDAD MAXIMA DE 100 QO DE CAFE MADURO/DIARIO.

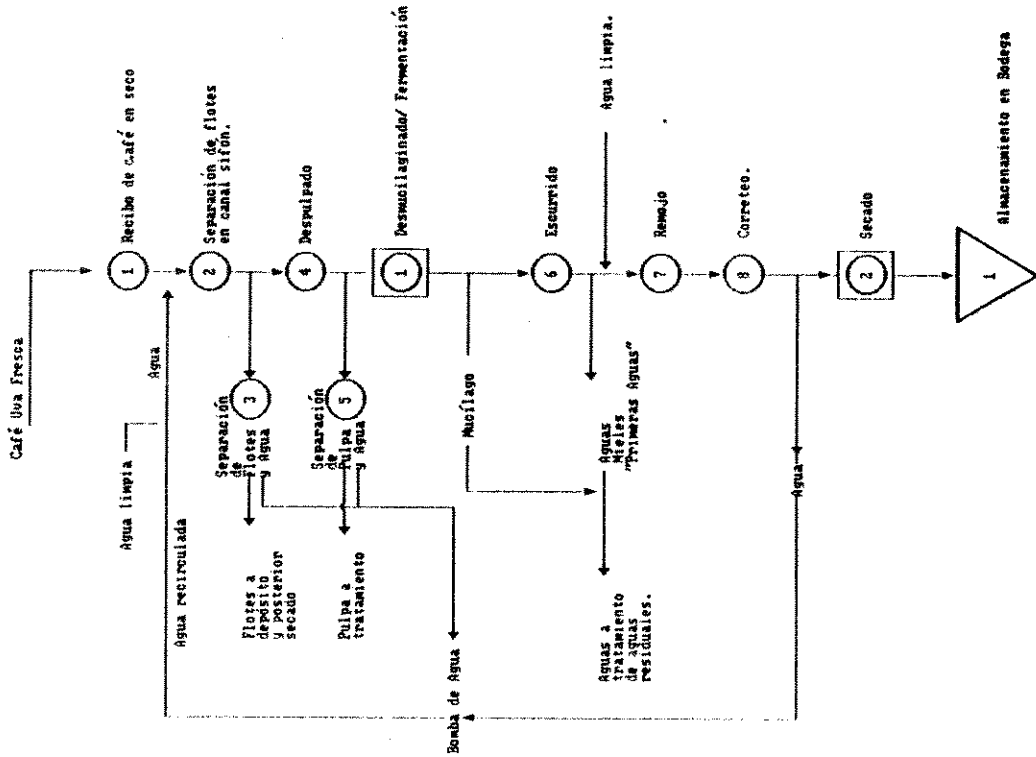


DIAGRAMA NO. 3

Diagrama de Bloques para el diseño de las instalaciones

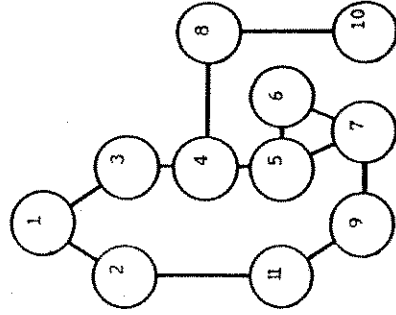
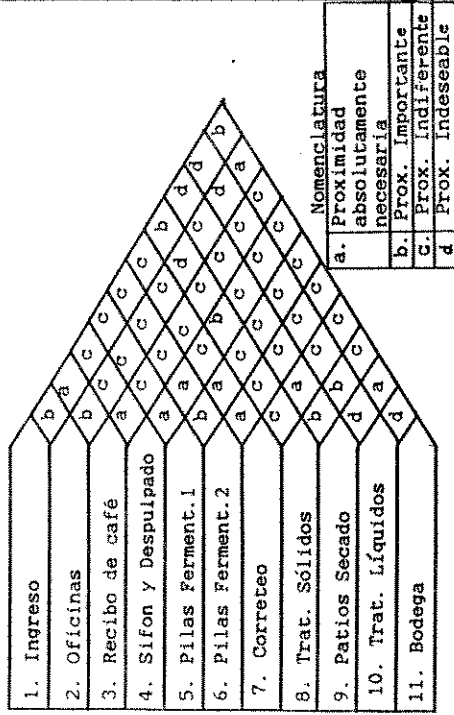


DIAGRAMA No.4

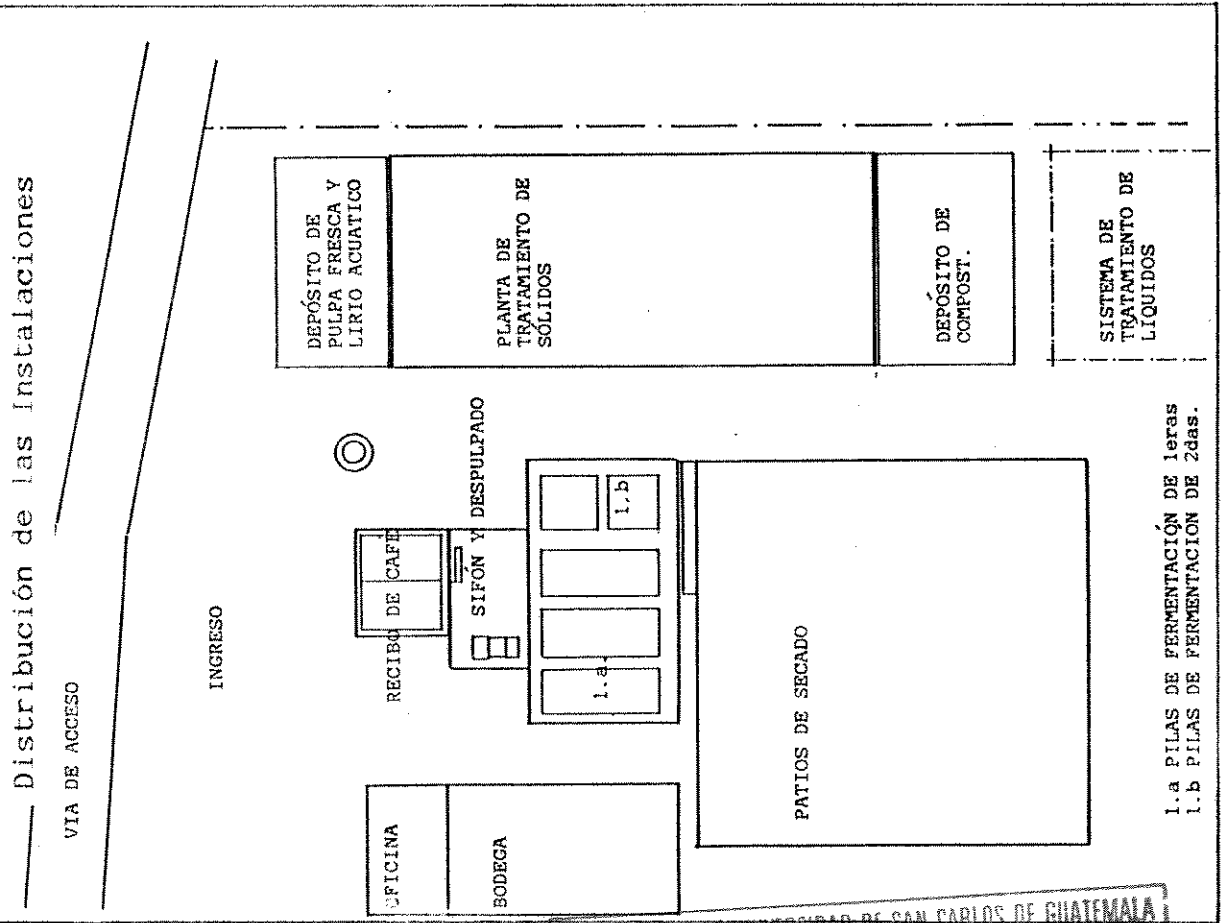
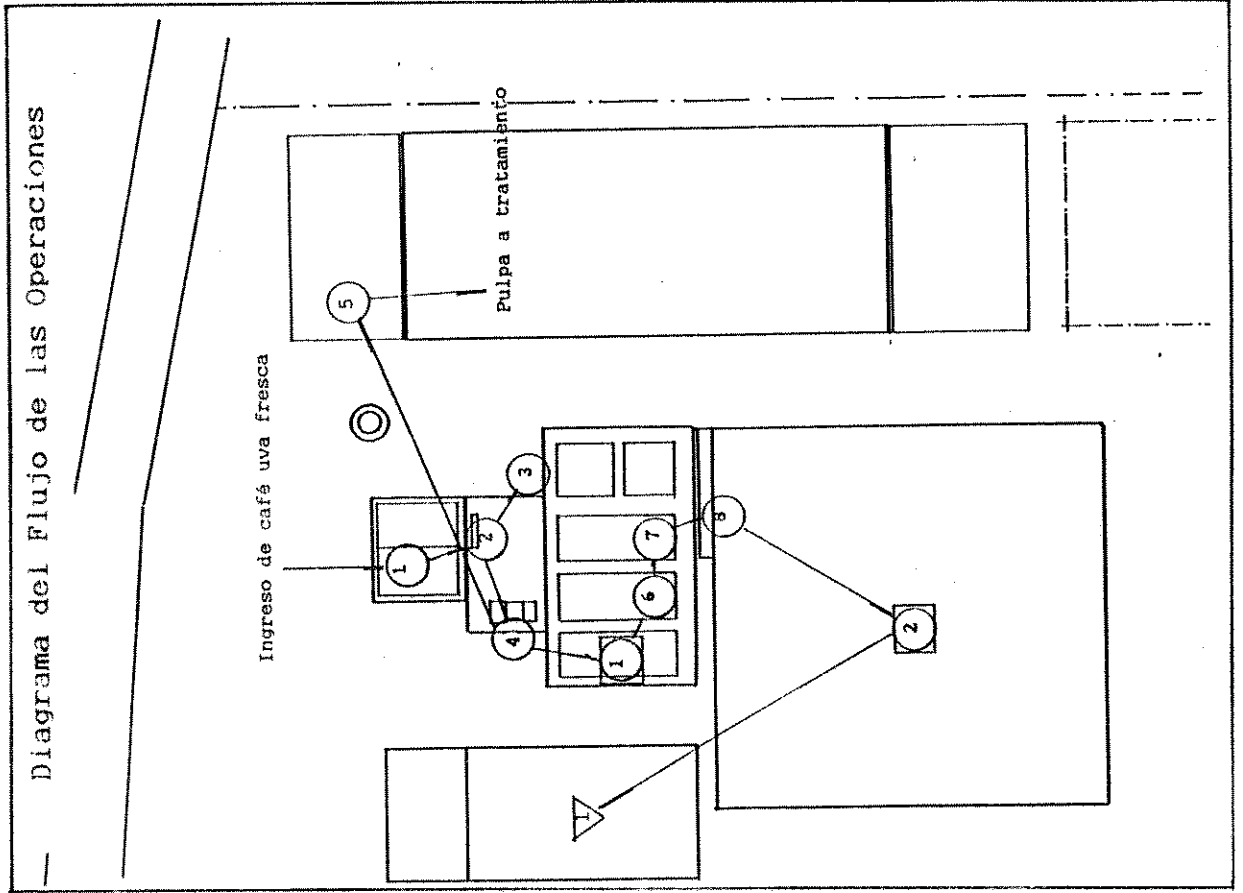


DIAGRAMA No.5



### **3.5.4.1 Detalle del proceso propuesto y requerimientos**

#### **Operación 1**

##### **Recibo del café en seco.**

Para esta operación, se utilizará un recibidor en seco, que consiste en una estructura con una capacidad total de 7.63 m<sup>3</sup>, con un desnivel en su base de 9%. Este recibidor está dividido en dos secciones para manejar mejor los principios y finales de cosecha, la cual tiene un "pico" de alrededor de dos semanas. Cada compartimiento tendrá una compuerta para graduar la salida del café y del agua.

Al recibidor llega agua que transporta el fruto del café por medio de un desnivel a una salida que conduce a la bomba de agua.

#### **Operación 2**

##### **Separación de flotes en canal sifón.**

La fruta será elevada en forma vertical 3.75 m. por medio de una bomba de impeler abierto (Bomba No. 1). La salida de la bomba es de 3" de diámetro y debe subir hasta alcanzar un "rompe presión" en forma de embudo (ver gráfica 7) a un canal de pequeñas dimensiones que utiliza el efecto de sifón para separar los flotes. Este canal, de 1.10 m. de largo, posee un fondo inclinado a 45%.

Los flotes son evacuados por un rebalse de 0.20 m. de ancho, que se adapta a un embudo que por una tubería de 3" de diámetro conduce a un depósito, donde se separa el agua y se retienen los flotes.

#### **Operación 3**

##### **Separación de flotes y agua**

Por medio de una tubería, los flotes son transportados del canal sifón hasta un depósito, donde a través de una criba o parrilla se separa el agua de los flotes. Esta criba es una plancha de 0.45 m. de ancho y de 1 m. de largo, que posee un envarillado de hierro de 1/4", colocado para dejar una separación de 5 mm.

más que cápsulas de pergamino. Según las condiciones del sistema, el agua utilizada podrá ser enviada a recirculación o de una vez a la laguna.

### **Operación inspección 2**

#### **Secado**

El secado se realizará en un patio de 420 metros cuadrados de superficie. Estará dotado con pequeñas casetas para guardar el café en caso de lluvia o bien para el café llamado de "medio sol" (18 a 20% de humedad).

### **Almacenamiento 1**

#### **Almacenamiento en bodega**

El café pergamino será almacenado en una bodega de "block", ubicada a la par de las oficinas.

### **3.5.5 Sistema de recirculación de aguas**

El sistema de recirculación de las aguas, cuyo esquema se aprecia en el Diagrama respectivo (diagrama No. 6, "Sistema de recirculación de agua"), es parte fundamental del diseño que se propone y consiste en:

Instalar dos bombas centrífugas de impeler abierto (bomba No. 1 y bomba No. 2). La primera se utilizará para subir el café hasta el canal sifón, y la segunda para enviar el agua con pulpa al sistema de separación, en la planta de tratamiento de desechos sólidos. Esta bomba también recoge el agua de las pilas durante la misma operación. Adicionalmente se utilizará la bomba No. 2 para lavar el café.

La bomba estará al final del desnivel del canal, para poder reunir en ese punto el agua que sale de las pilas y de la separación de pulpa y flotes. La bomba envía el agua hasta un nivel más alto a un depósito, para que por gravedad regrese hacia el tanque recibidor, y posteriormente pueda ser utilizada en todo el proceso.

La fuerza para accionar la bomba No. 1 (del canal sifón) y la bomba No. 2 (de recirculación), además del pulpero y el repasador, es un motor diésel de 9 Hp., también podría utilizarse un motor eléctrico; sin embargo, sólo

se aconseja si se tiene la seguridad de contar con un fluido eléctrico constante.

### 3.6 ORGANIZACIÓN PARA LA OPERACIÓN

#### 3.6.1 Uso de las instalaciones

Es necesario tomar en cuenta que el uso de las instalaciones está determinado por la época de cosecha del café. En la región de San Cristóbal Verapaz, se tienen dos tipos de café según la altura de la plantación; los que son denominados "*duros*" (4,000 - 4,500 pies / 1,200 - 1,400 metros sobre el nivel del mar) y "*estrictamente duros*" (de 4,500 pies en adelante).

La cosecha se inicia con el "panaleo", o sea la recolección de los primeros granos, hasta llegar al denominado "pico", donde se da el punto de máximo volumen de recolección, y luego disminuye hacia el final de la cosecha.

Para el café de tipo "duro", se inicia la cosecha a mediados del mes de octubre y termina a finales de enero; para el café de tipo "estrictamente duro", se inicia a mediados de diciembre y se extiende en algunos casos hasta finales de abril.

Según estos datos, se espera que la época de máximo uso de las instalaciones sea en el mes de enero, donde se procesará el 26.20% del total de café que se va a procesar. Si se considera que en este mes se utiliza un 90% de la capacidad instalada, se estarán procesando 1,980 quintales de café cereza, lo que a su vez significa trabajar un total de 158 horas (8 horas por partida de 100 qq de café cereza).

El Cuadro No. 4 resume los datos anteriores.

CUADRO 4  
**CUANTIFICACION DEL USO DE INSTALACIONES**

	Porcentaje	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	TOTALES
<b>DIAS TRIBUTACION DE LA COSECHA, SEGUN TIPO DE CAFE</b>									
<b>Duro</b>	<b>40%</b>								
4.500 a 5000 pies		8%	26%	38%	28%				100%
<b>Estrictamente duro</b>	<b>60%</b>								
4.500 pies en adelante		5%	25%	35%	20%	15%			100%
<b>PORCENTAJES RELATIVOS A LA COSECHA</b>									
<b>Duro</b>		3.20%	10.40%	15.20%	11.20%	0.00%	0.00%	0.00%	40.00%
<b>Estrictamente duro</b>		0.00%	0.00%	3.00%	15.00%	21.00%	12.00%	9.00%	60.00%
<b>DISTRIBUCION DE PORCENTAJE TOTAL</b>		3.20%	10.40%	18.20%	26.20%	21.00%	12.00%	9.00%	100.00%
qq de cereza que se va a procesar		242	786	1,375	1,980	1,587	907	680	7,557
Horas de funcionamiento		19	63	110	158	127	73	54	605
Promedio de horas diarias		1.80	2.90	5.00	7.20	5.80	3.30	2.50	

### **3.6.2 Requerimiento de mano de obra**

Según los datos anteriores, se tiene una distribución de horas de trabajo promedio por día según el mes. En términos generales, se necesitan dos operarios para manejar el beneficio, además de un capataz supervisor de las tareas.

Durante los meses de octubre, noviembre y marzo, los operarios trabajarán parcialmente, compartiendo el tiempo con otras tareas, tales como trabajo en la planta de tratamiento y en otras tareas agrícolas. Durante los meses de diciembre, enero y febrero se requerirán a tiempo completo e incluso en horas extras.

## **3.7 ANALISIS FINANCIERO**

En los cuadros que se presentan a continuación, se realiza un breve análisis financiero sobre la ejecución del diseño propuesto.

El Cuadro No. 1 muestra los costos de inversión necesarios para la ejecución del proyecto, los cuales ascienden a Q.225,788.00.

El Cuadro No. 2 presenta el café cereza que se va a procesar en los próximos 10 años y el café pergamino que se obtendrá. Se calculan también los ingresos esperados para ese período.

El Cuadro No. 3 presenta los costos estimados para los próximos 10 años del proyecto.

El Cuadro No. 4 muestra la diferencia entre los ingresos esperados y los egresos esperados, en un período de 10 años. Además, en este cuadro se incluye un recuadro con el resultado de la evaluación de la diferencia entre ingresos y egresos por los principales índices financieros, Tasa Interna de Retorno (TIR), Valor Actual Neto (VAN) y la relación Beneficio/Costo (B/C).



CUADRO FINANCIERO NO. 1

COSTOS DE INVERSIÓN DE BENEFICIO HÚMEDO

Elementos	Unidad medida	Cantidad	Costo unitario	Subtotal	Total
<b>INFRAESTRUCTURA</b>					
Limpieza del área	m <sup>2</sup>	1,250	1	625	
Nivelación de terreno	m <sup>2</sup>	1,250	5	6,250	
Recibidor	m <sup>2</sup>	25	200	5,000	
Pilas de fermentación	m <sup>2</sup>	98	200	19,600	
Áreas de despulpado	m <sup>2</sup>	28	100	2,800	
Patios de secado	m <sup>2</sup>	400	60	24,000	
Sistema de tubería	ml	200	25	5,000	
Correteo	m <sup>2</sup>	4	175	613	
Tanque de captación	m <sup>3</sup>	2	1,000	1,500	
Instalaciones eléctricas	unidad	1	800	800	
Oficina	m <sup>2</sup>	28	700	19,600	
Bodega	m <sup>2</sup>	84	700	58,800	
					144,588
<b>MOBILIARIO Y EQUIPO</b>					
Pulpero	unidad	1	10,000	10,000	
Medio pulpero	unidad	1	5,000	5,000	
Motor diésel 7 HP	unidad	1	17,000	17,000	
Bomba de impeler abierto	unidad	2	3,000	6,000	
Canal sifón	unidad	1	3,000	3,000	
Sistema de pichachas	unidad	2	500	1,000	
Zaranda	unidad	1	600	600	
Sistema de fajas	sistema	1	800	800	
Báscula	unidad	1	3,000	3,000	
Mesa recibidor	unidad	1	800	800	
Mob. y equipo oficina	oficina	1	4,000	4,000	
Mob. y equipo bodega	bodega	1	3,000	3,000	
Herramienta y equipo	lote	1	2,000	2,000	56,200
<b>TERRENOS</b>					
Costo del terreno	m <sup>2</sup>	1,250	20	25,000	25,000
<b>INVERSION TOTAL Q.</b>					<b>225,788</b>

CUADRO FINANCIERO No. 2  
**CAFE PERGAMINO A PRODUCIR E INGRESOS PREVISTOS**

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
qq Café cereza que se va a procesar a/	0	4,156	4,780	5,497	6,321	7,269	7,557	7,557	7,557	7,557	7,557
qq Café pergamino a obtener	0	831	956	1,099	1,264	1,454	1,511	1,511	1,511	1,511	1,511
Precio de venta qq pergamino	0	700	650	600	500	500	500	500	500	500	500
<b>INGRESOS ESPERADOS Q.</b>	0	581,889	621,374	659,613	632,129	726,948	755,700	755,700	755,700	755,700	755,700

a/ Se espera incrementar anualmente un 15% el volumen que se va a procesar, hasta llegar a la capacidad del año 5.

### **Interpretación:**

Según se puede apreciar, el proyecto presenta una TIR de 21.35%, el cual podría compararse con la tasa de interés pasivo del sistema bancario (actualmente entre 10% y 15%), al no tener otra opción productiva que se vaya a invertir. En este caso, el proyecto se presenta como una mejor alternativa, que la inversión en el sistema bancario bajo las condiciones antes descritas.

El VAN asciende a Q.55,686.00 utilizando una tasa de  $i = 15\%$ , asumiendo que éste será el promedio probable de la inflación durante los próximos 10 años; esto significa que el valor actual de la diferencia entre ingresos y egresos no supera la inversión que hay que realizar de Q.241,593.00.

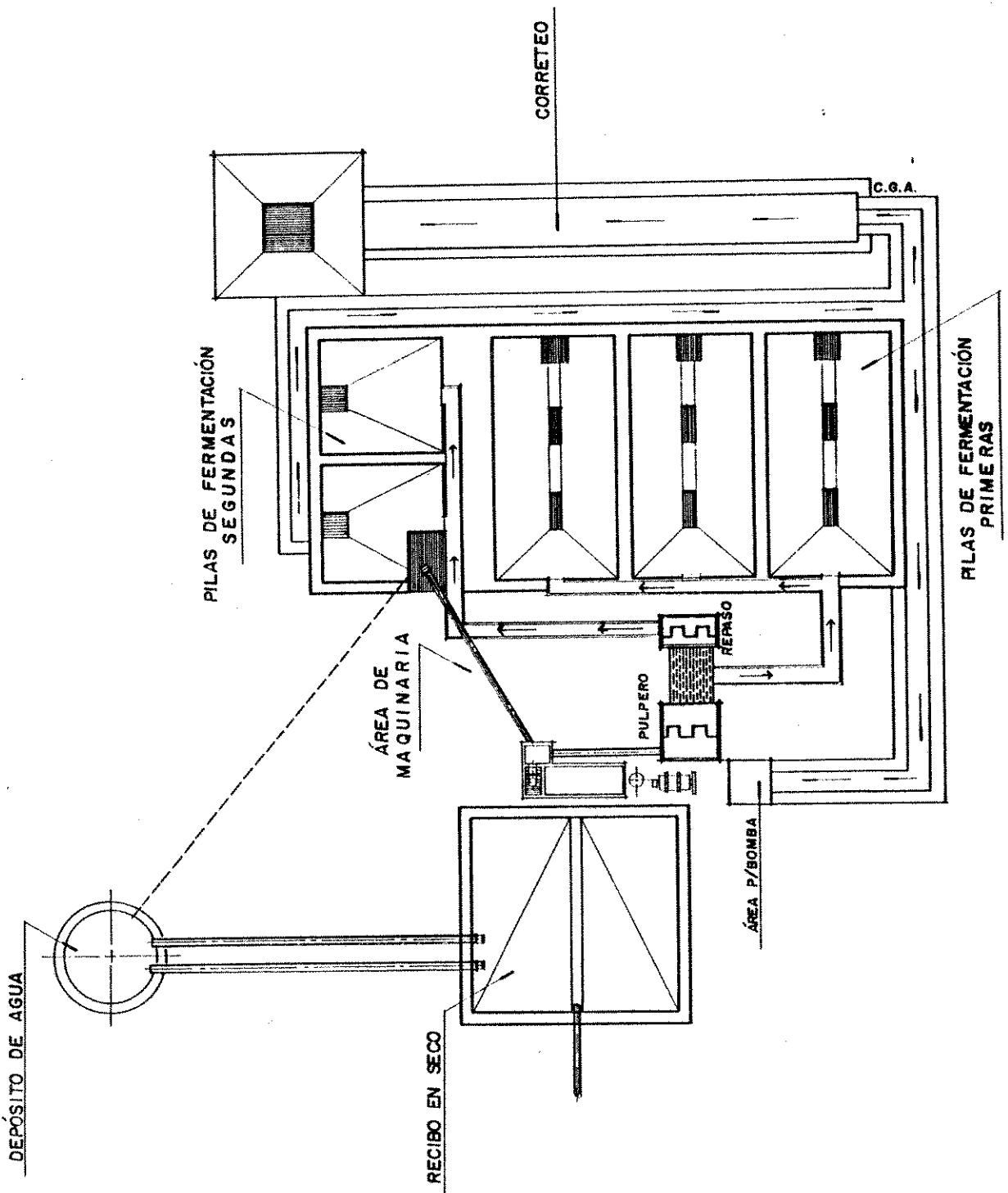
La relación beneficio/costo a una tasa  $i = 15\%$  presenta una ganancia de 1.9 centavos por cada quetzal invertido.

En términos generales, se puede considerar que el diseño en su parte de beneficio húmedo (hace falta evaluar financieramente los sistemas de tratamientos) presenta un panorama financiero positivo, tomando en cuenta que existe un sobrediseño por tratarse de un beneficio con carácter demostrativo.

### **3.8 DISEÑO DE INSTALACIONES**

El diseño detallado de las instalaciones del beneficio húmedo se presenta en los Planos No. 1 y No. 2. En el Plano No. 1 se presenta una vista aérea o de planta del diseño, en el Plano No. 2 se presenta una vista de perfil o elevación del mismo.

PLANO No. 1



PLANTA

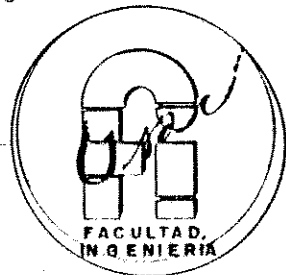
ESC: 1:75

**BENEFICIO HÚMEDO DE BAJO IMPACTO AMBIENTAL**

CAP. 100qq. MAD. DIARIO

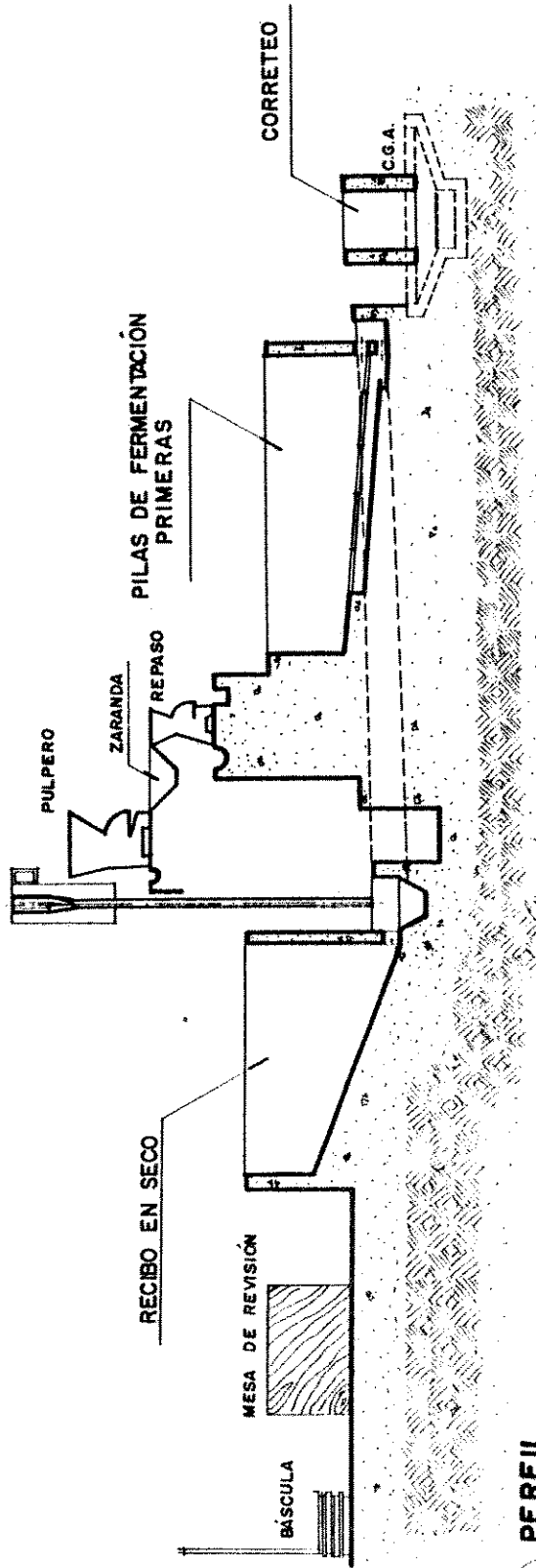
DISEÑO:  
PAUL MENCHÚ

UBICACION:  
CAMPAMENTO CHICHOJ, SN. CRISTOBAL; ALTA VERAPAZ.



# PLANO No. 2

AREA DE MAQUINARIA



PERFIL

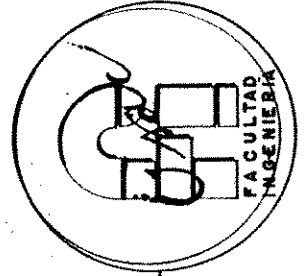
ESC: 1:75

## BENEFICIO HÚMIDO DE BAJO IMPACTO AMBIENTAL

CAP. 100qq. MAD. DIARIO

DISEÑO: MENCHÚ  
PAUL

UBICACION:  
CAMPAMENTO CHICHOJ, SN. CRISTÓBAL, ALTA VERAPAZ.



## CAPÍTULO IV

### ESTUDIO TECNICO DEL TRATAMIENTO Y PROVECHO DE LOS DESECHOS SOLIDOS

#### 4.1 DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE OPCIONES EN FUNCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR

La pulpa fresca es el desecho más importante, que como se ha mencionado representa alrededor del 40% del peso de la fruta original, y que se obtiene como resultado de la operación de despulpado. Es también el desecho que más ha sido investigado y con más posibilidades de aprovechamiento.

En el caso particular del diseño propuesto, existe una condicionante para el tratamiento de la pulpa, y es que existe ya una estructura en el Campamento Chichoj para el tratamiento de desechos orgánicos destinada a la producción de "compost". A manera de información general, se presentan a continuación algunos usos que se le pueden dar a la pulpa.

##### 4.1.1 Utilización como abono orgánico

La mayor parte de la pulpa de café, que actualmente se aprovecha, se usa para elaborar abono orgánico que se mezcla con tierra negra para la preparación de almácigos.

El "compost" o abono orgánico es el producto de la descomposición aeróbica o anaeróbica de materiales orgánicos, tales como los desechos agrícolas de origen vegetal, la basura urbana y los desechos de los animales domésticos. La mencionada descomposición se lleva a cabo por la actividad de microorganismos existentes en la materia prima en presencia de aire.

Químicamente los abonos orgánicos mejoran el suelo sirviendo como fuentes de abastecimiento de elementos nutritivos para las plantas, entre ellos: carbono, nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio y otros elementos menores que se encuentran en bajas concentraciones.

Aunque el abono orgánico a partir de la pulpa de café es empleado y producido actualmente, su elaboración es muy ineficiente (Menchú, J.F., 1985).

## 4.2 PROCESO PROPUESTO

Dado que existe una estructura para degradar desechos sólidos orgánicos en el Campamento Chichoj; ésta se utilizará para procesar la pulpa del café destinada a la producción de "compost" o abono orgánico.

Como ya se mencionó, el "compost" o abono orgánico es el resultado final de un proceso de degradación de la materia orgánica, en este caso, de la pulpa del café.

En este sistema en particular, se utilizará una segunda fuente de materia orgánica, que es el lirio acuático (*Eichhornia crassipes*). El cual será un subproducto del proceso de tratamiento de líquidos (proceso que se detalla en la sección de tratamiento de líquidos), además de ser una especie abundante en la laguna Chichoj, ya que se manifiesta en los cuerpos de agua que están en un proceso de eutroficación.

Utilizando estos dos materiales, se estará haciendo uso integral de los desechos del tratamiento, además se contribuirá a detener el proceso de sucesión ecológica que concluye con la desaparición de los cuerpos de agua.

### 4.2.1 Descripción del proceso de tratamiento y requerimiento de equipo

Para efecto de la descripción del proceso de tratamiento y producción de "compost" a partir de la pulpa del café, se presenta el diagrama de operaciones adjunto (diagrama No. 7, "Diagrama de operaciones para el tratamiento de desechos sólidos" y el diagrama No. 8, "Diagrama del flujo de las operaciones"), cuya secuencia se detalla a continuación.

DIAGRAMA No. 7

DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO DE TRATAMIENTO DE PULPA DE CAFE.

PARA UNA CAPACIDAD MÁXIMA DE 40 00 DE PULPA FRESCA DIARIA.

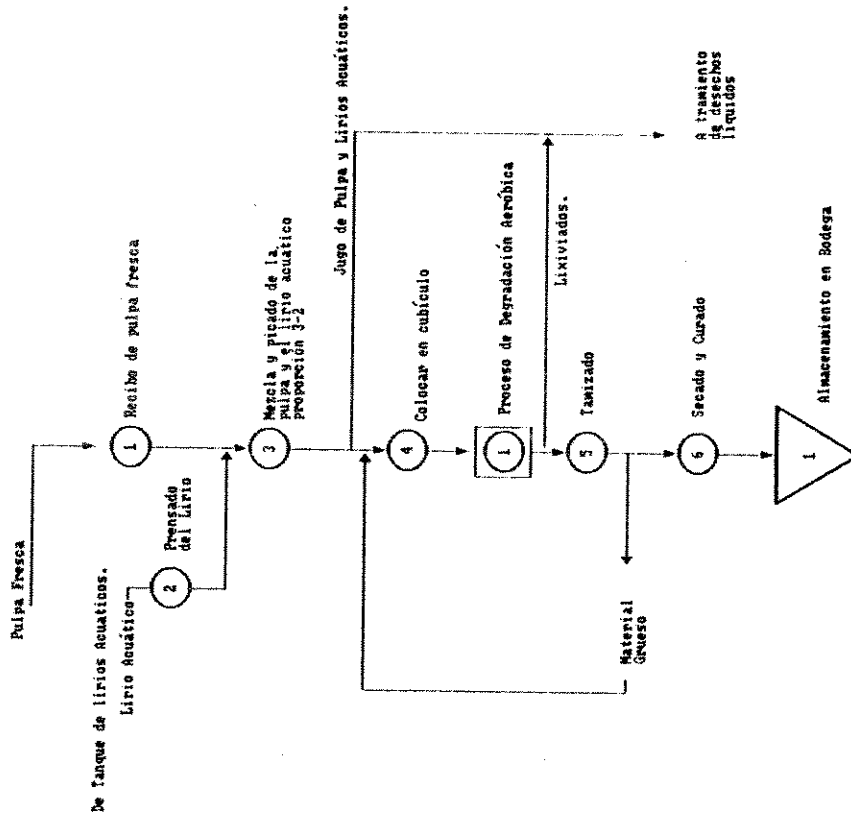


DIAGRAMA No. 8

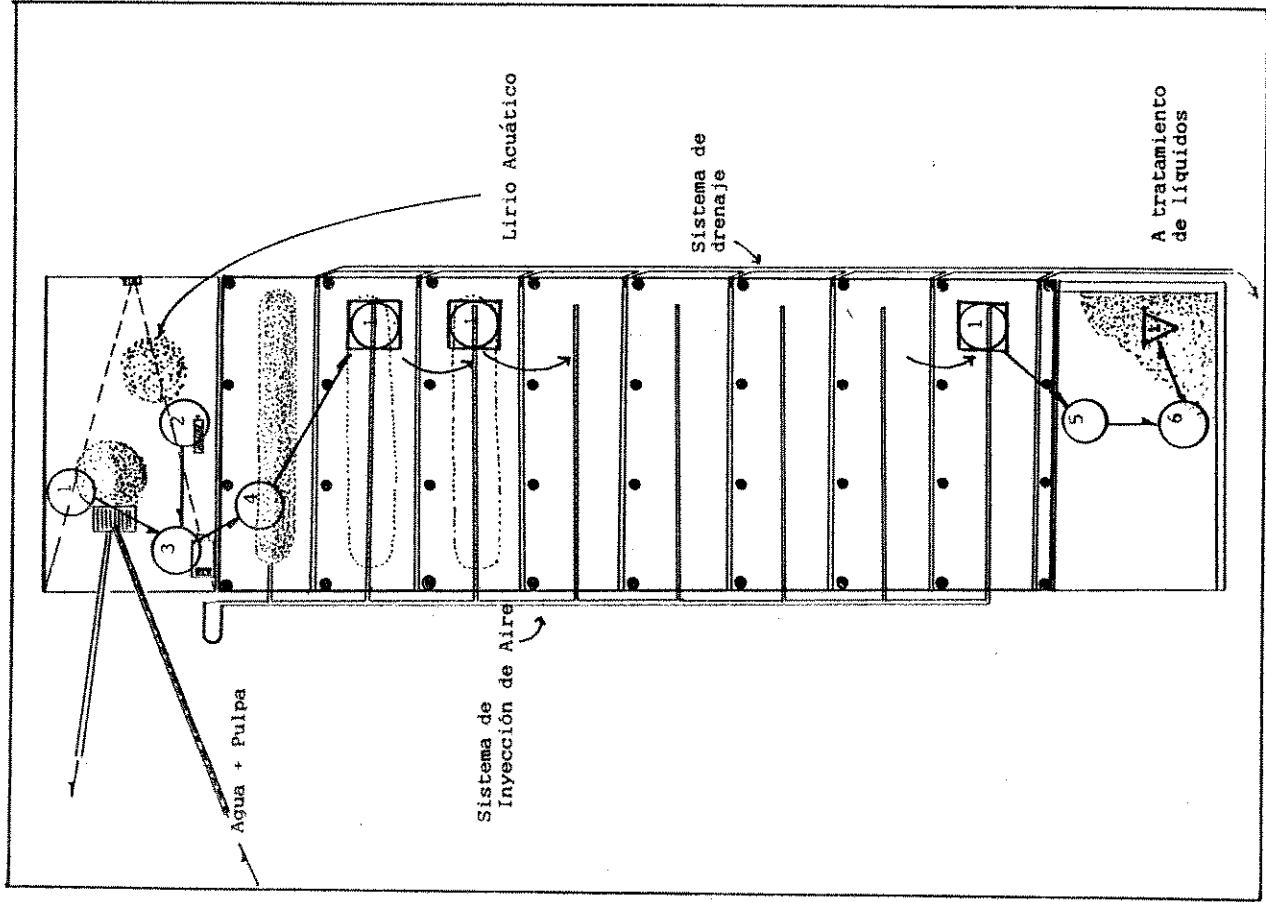


Diagrama de flujo de las operaciones Sistema de tratamiento de pulpa.



a. **Operación 1. Recibo de la pulpa fresca.**

La pulpa fresca, proveniente del proceso de beneficiado, es trasladada en una tubería de 3" por medio del agua con pulpa, a las instalaciones de la planta de tratamiento, donde la pulpa es separada del agua por medio de una parrilla colocada en el patio de recibo. Posteriormente será mezclada con el lirio acuático.

**Instalaciones y Equipo:**

Es necesaria un área para la colocación del montículo de pulpa de café antes de ser picada.

b. **Operación 2. Prensado del lirio acuático (*Eichhornia crassipes*).**

Esta operación consiste en trasladar el lirio acuático hasta una prensa de tornillo, que tiene el propósito de eliminar el exceso de agua que contiene la planta.

**Instalaciones y equipo:**

Es necesario un carretón para trasladar la pulpa a una prensa de tornillo, la cual es de uso manual. También hay que contemplar un sistema de drenaje para el líquido extraído a las plantas.

c. **Operación 3. Mezcla y picado del lirio y la pulpa de café.**

Después de prensado el lirio, el producto resultante se mezcla en una proporción de 3 a 2 con la pulpa de café, o sea en una proporción de 60% lirio prensado y 40% de pulpa escurrida. Según estudios realizados en noviembre de 1994 (Johnny A. Toledo González USAC), esta proporción presenta concentraciones altas de solubilidad para magnesio, cobre, hierro y zinc.

Posteriormente, la mezcla se desmenuza en una picadora de pasto, cuyo objetivo es disminuir el tamaño de las partículas para aumentar el espacio interior. Esto contribuye a aumentar la actividad microbiana y el grado de descomposición, además favorece la homogenización del material combinado.

**Instalaciones y equipo:**

Es necesario tener una picadora de pasto con un motor de 8 HP, de gasolina. También se hace necesaria una carretilla para trasladar el material picado.

**d. Operación 4. Colocación en las trincheras**

La mezcla de lirio acuático y la pulpa de café se coloca en montículos en forma de trinchera de volumen variable, según el total de material a degradar.

**Instalaciones y equipo**

Las trincheras o camellones se colocan sobre el piso de cemento de la planta.

**f. Operación Inspección 1. Proceso de degradación aeróbica**

Una vez colocada la trinchera, la mezcla se degradará y en término de 40 días se estabilizará en un valor promedio de 18.49% de materia orgánica.

Dado que es un proceso aeróbico, requiere un método de aereación del material, para lo cual se utilizarán canutos de bambú, además del proceso de volteo del material cuando una trinchera es trasladada al lugar contiguo, y así sucesivamente. El tiempo de residencia en cada plancha será de 10 días.

**Instalaciones y equipo:**

Se requiere de las trincheras antes mencionadas, así como de palas para trasladar el material y un sistema de drenajes, el cual es un canal que recoge los líquidos lixiviados del proceso de degradación y los conduce al sistema de tratamiento de líquidos. Es necesario controlar la temperatura con un termómetro y verificar que se mantenga en los niveles adecuados.

**g. Operación 5. Tamizado**

Una vez alcanzado el tiempo de degradación previsto (40 días), el "compost" será tamizado para obtener un material más fino y homogéneo. Las partículas gruesas serán devueltas al proceso de degradación, y el resto será trasladado a los patios de secado del café.

**Instalaciones y equipo:**

Se utilizará un tamiz similar al que se usa para afinar la arena. Las características del producto las da la separación de la malla a utilizar.

**h. Operación 6. Secado y curado.**

El "compost" tamizado deberá ser secado, posteriormente permanecerá a granel durante un tiempo mínimo de 30 días antes de ser usado, en este tiempo terminará de estabilizarse el material.

**Instalaciones y equipo:**

El "compost" se podrá secar y curar en los patios de secado del café, en su defecto en un área descubierta.

**i. Almacenamiento.**

El "compost" final será almacenado hasta su uso, de preferencia esto se hará en un lugar seco.

**Instalaciones y equipo:**

Se requerirá una estructura de palo rollizo y sin paredes, techada con lámina o manaco.

El "compost" se colocará a granel en cubículos similares a los que se utilizan para la degradación del material.

**4.2.3 Factores que afectan el "compost".**

La calidad del abono es afectada por muchos factores, tales como: niveles de carbón/nitrógeno, espacio/tamaño de las partículas, ventilación, contenido de humedad, temperatura, tamaño y forma del material, pH y balance nutricional.

**a. Niveles de carbón/nitrógeno.**

Los microorganismos, en la descomposición de la materia orgánica, oxidan el carbón como una fuente de energía e ingieren nitrógeno para su síntesis de proteína.

Un nivel de carbón/nitrógeno de 30-40:1 por peso es considerado esencial para su descomposición microbiana. A niveles inferiores, el nitrógeno se vuelve volátil en forma de amoníaco y causa mal olor.

En este caso, se espera que el material tenga una relación C/N de 20 a 15, ya que cuando se usa sólo pulpa se llega a niveles de 10 a 9 (Kraisny, E.M., 1984).

- b. Espacio/tamaño de la partícula.**  
Generalmente la actividad microbiana ocurre sobre las partículas orgánicas; por lo mismo, disminuyendo el tamaño de las partículas se logra una mayor actividad microbiana. Sin embargo si las partículas son muy pequeñas, la ventilación disminuye provocando una merma del O<sub>2</sub> disponible para los microorganismos (Kraisny, E.M., 1984).
- c. Ventilación.**  
El oxígeno es esencial para el metabolismo y respiración de los microorganismos aeróbicos y para la oxidación de las diferentes moléculas orgánicas presentes en la materia orgánica. Si la concentración promedio de O<sub>2</sub> disminuye a menos del 5%, se manifiestan regiones en condiciones anaeróbicas.  
  
Para mantener las condiciones aeróbicas se hace necesario el uso de algún método de ventilación, tal como barrenado de agujeros, colocación de tubería, aeración forzada, mezclado mecánico del material (Kraisny, E.M., 1984).
- d. Humedad.**  
La descomposición inducida por microbios ocurre más rápidamente en las delgadas capas de líquido que se encuentran sobre las partículas orgánicas. Una menor cantidad de humedad evita la actividad bacteriana, mucha humedad produce en una descomposición más lenta que genera malos olores y un pobre nutrimento. Un contenido de humedad entre el 40% y el 60% es considerado óptimo (Kraisny, E.M., 1984).
- e. Temperatura.**  
El calor es resultado de la desintegración microbiana del material orgánico. Un montículo de material bien construido en el interior de un local de 1 metro cúbico de volumen, se calienta de 40°C a 50°C en dos o tres días. Cuando se trata de pulpa, el solo hecho de amontonarla hacer subir la temperatura de 50°C a 60°C, en dos o tres días.
- f. Tamaño y forma.**  
Un montículo de "compost" debe ser de regular tamaño para prevenir que el calor y la humedad se disipen rápidamente, pero pequeño para que exista buena ventilación (Kraisny, E.M., 1984).
- g. pH.**  
El crecimiento microbiano se maximiza con valores de pH entre 5.5 y 8.0. La mayoría de las bacterias prefieren un pH neutro para el metabolismo de los compuestos de proteínas y carbón (Kraisny, E.M., 1984).

### 4.3 DISEÑO DE LA OBRA FISICA

La planta de tratamiento de desechos sólidos (PTDS) es una estructura que ocupa un área de 275 m<sup>2</sup> (11 x 25 metros), posee un piso de cemento con un desnivel de 8%, dividido en cinco filas dispuestas perpendicularmente a la pendiente, dotado de un sistema de canales de drenaje entre las filas. La red de drenaje consiste en tubos de PVC que corren a los costados de la estructura, y terminan en un sistema de fosas sépticas y un pozo de infiltración.

Cada una de las filas es de 11 m. x 2.5 m. y disponen de cinco módulos o cubículos construidos con paredes no permanentes de block. El techo es de lámina de zinc, su disposición es a dos aguas, sostenido por columnas y tijeras de palo rollizo.

Posee un triturador (una picadora de pasto con un motor de gasolina, de 8 Hp de fuerza). En la gráfica No. 8, se presenta un esquema de la Planta de Tratamiento de Desechos Sólidos Orgánicos.

CUADRO FINANCIERO No 6

**PRODUCCION DE COMPOST E INGRESOS**

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Pulpa procesar (qq)	0	1,663	1,912	2,199	2,529	2,908	3,023	3,023	3,023	3,023	3,023
Lirio acuñtico (qq)	0	2,494	2,868	3,298	3,793	4,362	4,534	4,534	4,534	4,534	4,534
Compost producido (qq)	0	831	956	1,099	1,264	1,454	1,511	1,511	1,511	1,511	1,511
<b>INGRESOS ESPERADOS Q.</b>	<b>0</b>	<b>18,288</b>	<b>21,031</b>	<b>24,186</b>	<b>27,814</b>	<b>31,986</b>	<b>33,251</b>	<b>33,251</b>	<b>33,251</b>	<b>33,251</b>	<b>33,251</b>

CUADRO FINANCIERO No 7  
EGRESOS PARA 10 AÑOS (Quetzales)

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
<b>INVERSIONES</b>											
Infraestructura	62,640										
Equipo y mobiliario	21,600										
Terrenos	12,000										
<b>MANO DE OBRA</b>											
Mano de obra directa		2,430	2,795	3,214	3,696	4,250	4,419	4,419	4,419	4,419	4,419
Pasivo laboral		972	1,118	1,286	1,478	1,700	1,767	1,767	1,767	1,767	1,767
<b>OPERACION</b>											
Combustible y lubricantes		264	304	349	402	462	480	480	480	480	480
Herramientas		243	279	321	370	425	442	442	442	442	442
Transporte		1,663	1,912	2,199	2,529	2,908	3,023	3,023	3,023	3,023	3,023
Mantenimiento		365	419	482	554	638	663	663	663	663	663
<b>ADMINISTRACION</b>											
Papelera y tiles		243	279	321	370	425	442	442	442	442	442
Insumos varios		194	224	257	296	340	353	353	353	353	353
IMPREVISTOS (7%)		446	513	590	669	780	811	811	811	811	811
<b>TOTAL EGRESOS</b>	<b>102,977</b>	<b>6,820</b>	<b>7,843</b>	<b>9,020</b>	<b>10,373</b>	<b>11,928</b>	<b>12,400</b>	<b>12,400</b>	<b>12,400</b>	<b>12,400</b>	<b>12,400</b>

CUADRO FINANCIERO No 8  
DIFERENCIA ENTRE INGRESOS Y EGRESOS

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
INGRESOS	0	18,288	21,031	24,186	27,814	726,948	31,986	33,251	33,251	33,251	33,251
EGRESOS	102,977	6,820	7,843	9,020	10,373	662,850	11,928	12,400	12,400	12,400	12,400
<b>DIFERENCIA</b>	<b>-102,977</b>	<b>11,468</b>	<b>13,188</b>	<b>15,166</b>	<b>17,441</b>	<b>64,098</b>	<b>20,058</b>	<b>20,851</b>	<b>20,851</b>	<b>20,851</b>	<b>20,851</b>

PRINCIPALES INDICES FINANCIEROS

TIR	10.64%
VAN(15%)	(15.971)
B/C	0.880

TIR: Tasa Interna de Retorno  
VAN: Valor Actual Neto  
B/C: Relación Beneficio/Costo



## CAPÍTULO V

### ESTUDIO TÉCNICO DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

#### Introducción

Dentro de los objetivos trazados para el diseño del beneficio, se consideró importante la disminución de la carga contaminante de los desechos líquidos. Esto se logra a través de un sistema de tratamiento de los efluentes.

Los desperdicios líquidos son formados por dos corrientes de aguas residuales: la proveniente del despulpado y la proveniente del lavado de café fermentado.

Estas aguas residuales constituyen un grave problema de contaminación ambiental, ya que generalmente se descargan, sin ningún tratamiento, a ríos, lagos o barrancos. Se reporta que las aguas de despulpado pueden alcanzar contenidos de demanda química de oxígeno (DQO) que fluctúan entre 13 y 30 mil miligramos por litro, y que las aguas de lavado pueden alcanzar concentraciones entre 3 y 10 mil miligramos por litro de DQO.

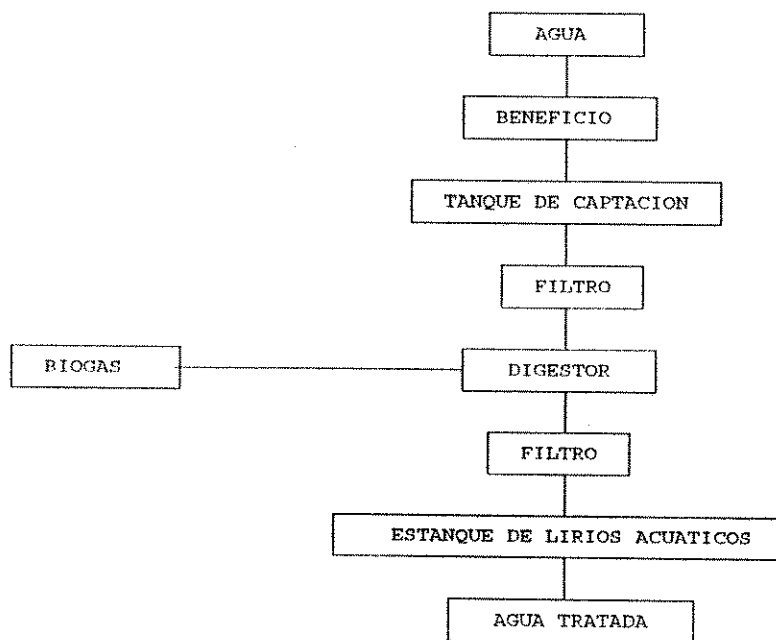
En el caso de recirculación del agua, tal como se presenta en el diseño de este beneficio, el efluente combinado de aguas de despulpado y de lavado alcanza valores de DQO entre 20 y 50 gramos por litro (Altamiro, P.O., 1974).

También se debe considerar que se incluyen el jugo de prensado del lirio acuático y los lixiviados, que son productos del tratamiento de desechos sólidos.

#### 5.1 DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE OPCIONES

El diseño del sistema de tratamiento de efluentes líquidos se realizó basado en lineamientos experimentales del Instituto Centroamericano de Tecnología Industrial - ICAITI-. El esquema del proceso de tratamiento propuesto por el ICAITI, que se presenta en la página siguiente, contempla:

- a. Las aguas provenientes del beneficiado son captadas en un tanque; estas aguas incluyen las del primer lavado y aguas de despulpe con recirculación. Aquí se controla el pH (con uso de cal) y se mantiene una agitación provocada por la misma agua del tanque.
- b. Del tanque de captación pasa al digestor, donde permanece por un tiempo de tres días, algunos estudios en plantas piloto han demostrado que tres días de residencia constituyen el óptimo, para obtener un máximo de reducción en la contaminación y una mayor producción de metano.



- ◆ El digestor está empacado en su parte superior, con un metro de esponja de poliuretano. La cámara inferior acumula lodos activados.
- ◆ Del digestor se obtienen dos corrientes de fluido; uno es biogas, que se puede recibir en un compresor y dársele diferentes usos, y la otra corriente es de agua con baja contaminación que pasa a través de filtros de arena, de donde también se obtiene abono (el sustrato filtrado) y es llevada después a un tanque con jacintos de agua (lirio acuático), donde permanece durante tres días (algunos estudios realizados en el ICAITI demostraron que diez días de tiempo de residencia es el óptimo para obtener una reducción favorable en la contaminación aún presente después del digestor).
- ◆ Del estanque de lirios acuáticos, se obtienen dos productos: abono orgánico y aguas limpias (o con un porcentaje de contaminación mínima aceptable) que pueden ir al río o para riego.

**El proceso descrito anteriormente es bastante efectivo; sin embargo, la complejidad y los costos del mismo muchas veces superan al costo del beneficio mismo.**

## 5.2 PROCESO PROPUESTO

El sistema propuesto se fundamenta en los siguientes aspectos:

- ◆ Se prioriza el tratamiento sobre el posible uso de subproductos, tal como el biogas.
- ◆ El costo menor posible.
- ◆ Aprovechar las posibilidades que ofrece el tipo de suelo del Campamento, que es sedimento de aluvión de tipo Kárstico.

Por lo anterior, el proceso propuesto básicamente es una combinación de pozos de absorción y un estanque de lirios acuáticos.

Para presentar el proceso propuesto, se utiliza un diagrama de operaciones (diagrama No. 9, "Diagrama de operaciones proceso de tratamiento de desechos líquidos" y la gráfica No. 9, "Distribución del sistema de tratamiento de líquidos").

### Descripción:

#### Operación 1. Sedimentación

Los líquidos provenientes del beneficiado, así como de la planta de tratamiento de desechos sólidos, contienen buena cantidad de sólidos en suspensión, que en lo posible hay que eliminar. Para ello, se utiliza un sistema de sedimentación que consiste en un canal con separaciones que detienen los sólidos.

#### Instalaciones y equipo:

Es necesario un canal de 30 a 50 centímetros de ancho por 4 metros de largo, con separadores colocados en forma alterna, unos en la parte superior y otros en la parte inferior. (gráfica No. 10, "Detalle del sistema de tratamiento de líquidos").

#### Operación Inspección 1. Neutralización

Normalmente el pH de los líquidos de recirculación es superior a 5; sin embargo, las "primeras aguas de lavado" salen con un pH entre 3 y 4, lo que significa que hay que estabilizarlo, esto se realiza midiendo con papel pH el nivel y agregándole una lechada de cal hasta regular el pH alrededor de 8.

**Instalaciones y equipo:**

Es necesario un tanque con un volumen de 2 metros cúbicos comunicado por una tubería de 3 pulgadas de diámetro.

También se utiliza papel pH para control, y un tonel para mantener lechada de cal (gráfica No. 10)

**Operación 2. Sistema de absorción, fosa 1**

Los líquidos son llevados por medio de una tubería de 3 pulgadas de diámetro, hasta una fosa con tapadera de concreto. Esta fosa está excavada en el suelo del lugar y solamente tiene una estructura de vigas y columnas para mantener la forma de la fosa.

El líquido se conduce al fondo de la fosa, la cual tiene una división interior para evitar la sedimentación de materiales; este líquido se conduce al fondo de la fosa, la cual tiene una división interior para evitar la sedimentación de materiales.

El líquido será absorbido a través del suelo, ya que las características del lugar permiten prever que se comportará como un excelente filtro natural. Los sobrenadantes pasan a una segunda fosa, con iguales características.

**Instalaciones y equipo:**

Es necesaria una fosa de 8 metros cúbicos, con una estructura de columnas y vigas para mantener la forma de la misma.

Tendrá una tapadera de concreto y un tubo para extracción de gases.

Se comunica con la segunda fosa a través de un tubo de 3 pulgadas de diámetro. (gráfica No. 10).

**Operación 3. Sistema de absorción, fosa 2**

Cuando la capacidad de la primera fosa se ve superada, el líquido pasará a una segunda fosa con iguales características y función.

#### **Operación 4. Sistema de depuración con lirios acuáticos (*Eichhornia crassipes*)**

Aunque se espera que las fosas de infiltración absorban la mayor parte de los líquidos con alta concentración de DQO, se mantendrá una pileta con lirios acuáticos para tratar los sobrantes si los hubiere, y tratar las aguas que tienen menor nivel de DQO tal como las aguas del correteo y lavado. Los lirios acuáticos son plantas que han demostrado su capacidad para absorber las materias orgánicas disueltas en el agua. Es por esta característica que proliferan en aguas con grandes cantidades de desechos orgánicos disueltos.

Los lirios son renovados constantemente y trasladados a la planta de tratamiento de desechos sólidos.

#### **Instalaciones y equipo:**

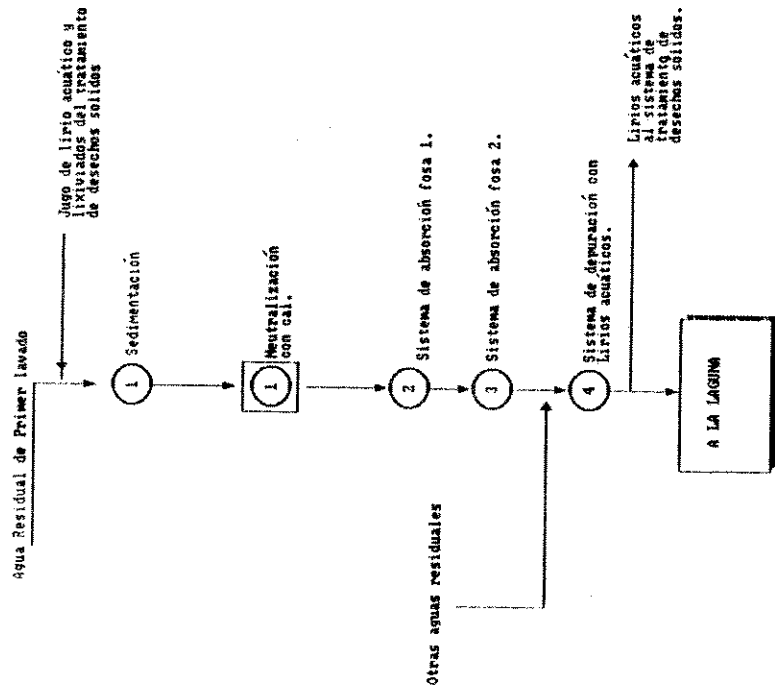
Se hace necesario un canal de unos 16 metros cúbicos, (2 metros de ancho x 8 metros de largo x 1 metro de fondo) situado en las cercanías de la laguna. Este canal no tiene recubrimiento alguno. (Ver Gráfica No. 10)

Por último, las aguas pueden ser conducidas directamente a la laguna.

DIAGRAMA No. 9

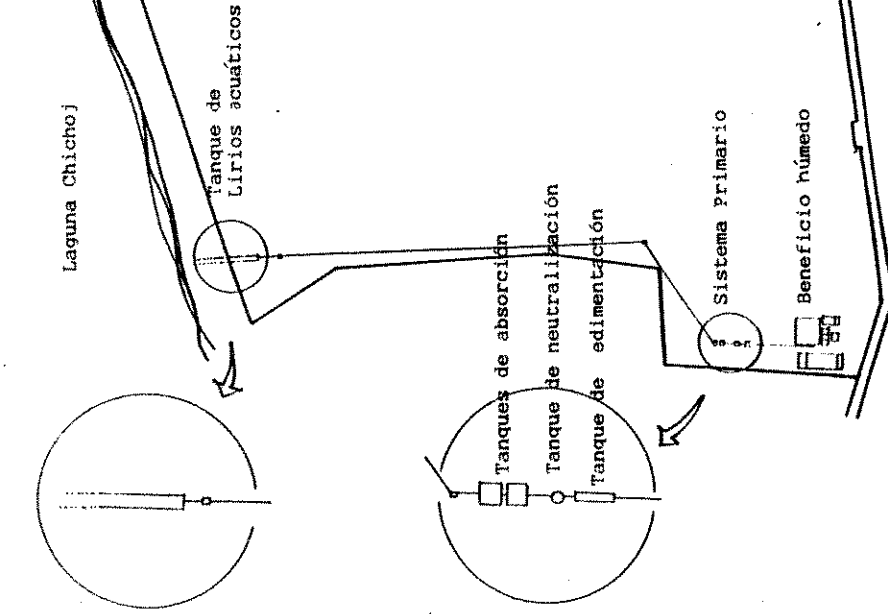
DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.

PARA UNA CAPACIDAD MÁXIMA DE 1,500 LITROS DE AGUA RESIDUAL/DIARIO



GRAFICA No. 9

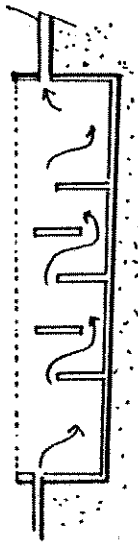
Distribución del Sistema de Tratamiento de Líquidos



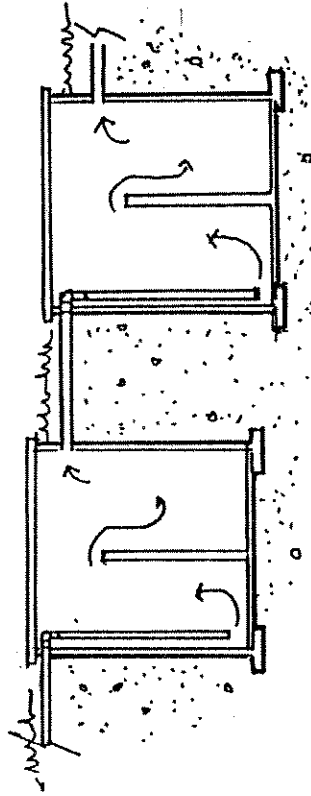
# GRAFICA NO. 10

Detalle del Sistema de Tratamiento de Líquidos

1. TANQUE DE SEDIMENTACIÓN



2. TANQUES DE ABSORCIÓN



3. TANQUE DE LIRIOS ACUÁTICOS



### 5.3 ANÁLISIS FINANCIERO

En los cuadros presentados a continuación, se realiza un breve análisis financiero sobre la ejecución del diseño propuesto.

El Cuadro No. 9 muestra los costos de inversión necesarios para la ejecución del proyecto, los cuales ascienden a Q.28,300.00

El Cuadro No. 10 presenta los costos estimados para los próximos 10 años del proyecto.

#### **Interpretación:**

En este caso no se pueden aplicar los índices de evaluación financiera que se aplicaron en el sistema de beneficiado y el de tratamiento de desechos sólidos, ya que no existen ingresos para comparar las diferencias con los egresos.



CUADRO FINANCIERO No 9

**COSTOS DE INVERSION SISTEMA DE TRATAMIENTO DE DESECHOS LIQUIDOS**

	Unidad medida	Cantidad	Costo unitario	Subtotal	TOTAL
<b>INFRAESTRUCTURA</b>					
Limpieza del área	m <sup>2</sup>	1,000.0	0.5	500.0	
Nivelación del terreno	m <sup>2</sup>	1,000.0	5.0	5,000.0	
Tanque de sedimentación	m <sup>2</sup>	2.0	400.0	800.0	
Tanque de absorción	m <sup>2</sup>	8.0	400.0	3,200.0	
Tanque de lirios acuáticos	m <sup>2</sup>	32.0	150.0	4,800.0	
Tanque de neutralización	m <sup>2</sup>	2.0	300.0	600.0	
Sistema de tubería	ml	450.0	25.0	11,250.0	
Cajas de registro	unidad	5.0	150.0	750.0	26,900.0
<b>MOBILIARIO Y EQUIPO</b>					
Herramientas y equipo	lote	1.0	800.0	800.0	
Carretillas	unidad	2.0	300.0	600.0	1,400.0
<b>INVERSION TOTAL</b>	<b>Quetzales</b>				<b>28,300.0</b>



## CAPÍTULO VI

### INTEGRACIÓN DEL DISEÑO

#### 6.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO GENERAL

El diagrama No. 10, Integración del Diseño, presenta un esquema del sistema total que comprende: -

a. **Insumos externos:**

- ◆ Agua limpia
- ◆ Café cereza

b. **Procesos internos:**

- ◆ Beneficiado húmedo para producir café pergamino de alta calidad.
- ◆ Uso de la pulpa de café y lirio acuático para la producción de "compost".
- ◆ Tratamiento de las aguas residuales para obtener agua dentro de los límites aceptables.

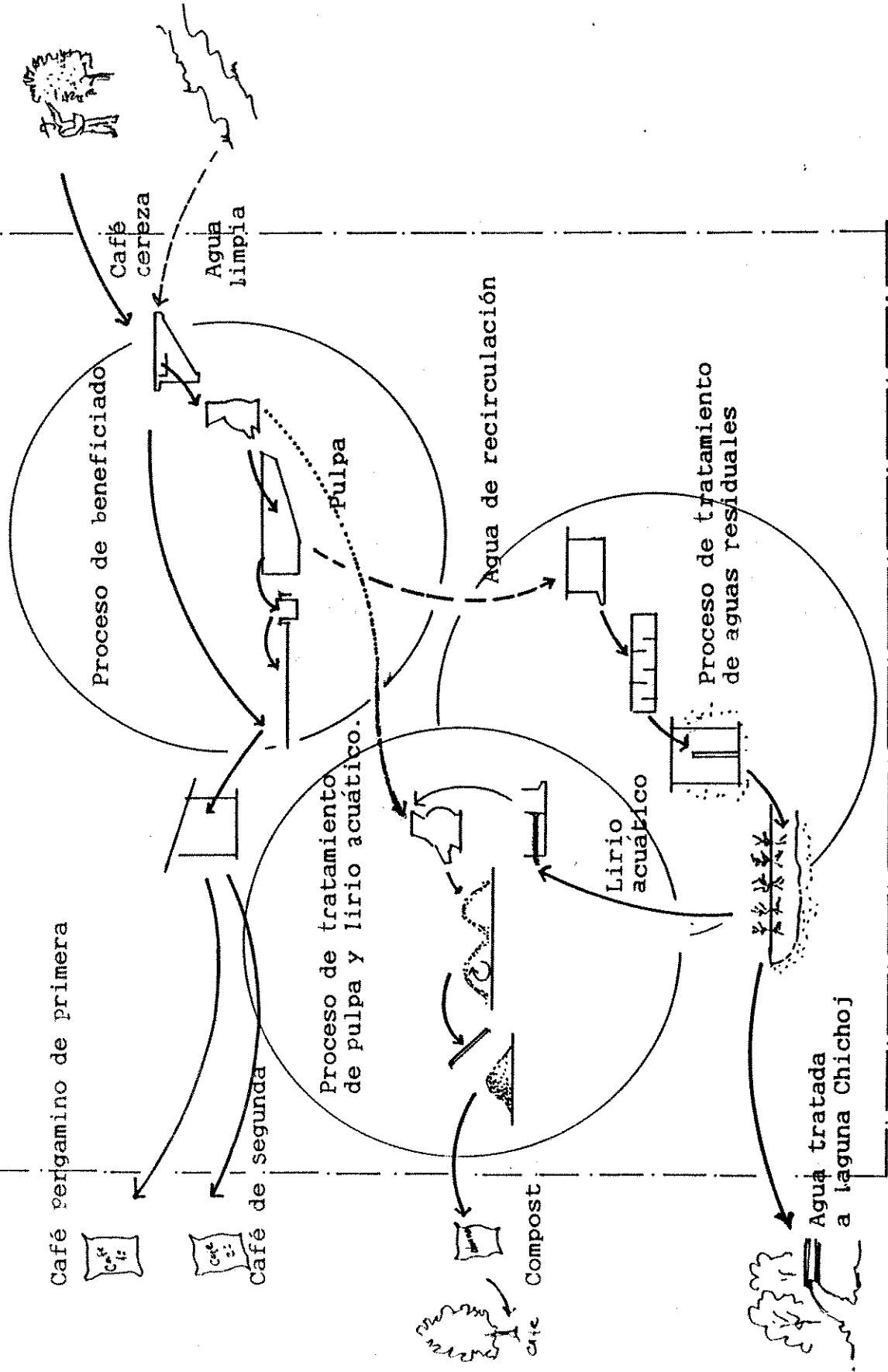
c. **Productos y subproductos:**

- ◆ Café pergamino de alta calidad.
- ◆ "Compost" o abono orgánico.
- ◆ Lirio acuático.

INTEGRACIÓN DEL DISEÑO

INSUMOS

PRODUCTOS



## 6.2 ANÁLISIS FINANCIERO

En los cuadros presentados a continuación, se realiza un breve análisis financiero sobre el consolidado de los tres componentes.

El Cuadro No. 11 muestra el consolidado de costos para la ejecución del proyecto, durante los próximos 10 años.

El Cuadro No. 12 muestra la diferencia entre el consolidado de ingresos esperados y el consolidado de los egresos esperados en el período de 10 años. Además, se presenta el resultado de la evaluación de la diferencia entre ingresos y egresos por los principales índices financieros, Tasa Interna de Retorno (TIR), Valor Actual Neto (VAN) y la relación Beneficio/Costo (B/C).

El Cuadro No. 13 presenta el comportamiento de una deuda, si se asume un crédito a un  $i = 15\%$  y 15 años plazo para financiar el proyecto.

El Cuadro No. 14 presenta el flujo de caja del proyecto para 10 años, con el cual se concluye que el proyecto podría pagar la deuda asumida y generar algunos recursos (fondo para otros usos 20%) disponibles como una utilidad.

### **Interpretación:**

Según se puede apreciar, el proyecto en su conjunto presenta un TIR de 14.92%, que por no tener otra opción productiva, se compara con la tasa de interés pasivo del sistema bancario (actualmente entre 10% y 15%) al no tener otra opción productiva a invertir. En este caso, el proyecto es similar que la inversión en el sistema bancario bajo las condiciones antes descritas.

Se observa que este TIR es menor al obtenido cuando se analizó solamente el beneficiado húmedo, y mayor que el del sistema de tratamiento de la pulpa. Esto es lógico, ya que deberá disminuir la rentabilidad del proceso de beneficiado húmedo, porque ahora carga los costos del tratamiento de sólidos y líquidos.

El VAN es negativo en Q.1,032.00 utilizando una tasa de  $i = 15\%$ ; esto significa que el valor actual de las diferencias de los ingresos y los egresos se comporta como una pérdida de capital, aunque es una pérdida menor que la resultante del análisis financiero del sistema de tratamiento de sólidos por separado.

La relación beneficio/costo a una tasa  $i = 15\%$  no presenta pérdida ni ganancia, ya que resulta 0.

En términos generales, se puede considerar que el diseño en su conjunto (beneficiado húmedo, sistema de tratamiento de desechos sólidos y líquidos) presenta un panorama financiero satisfactorio, tomando en cuenta que el sistema está sobrediseñado y que por lo general no se logran ingresos por los sistemas de tratamiento de desechos, por lo que la propuesta presenta una opción para minimizar costos.

El comportamiento financiero del proyecto, en su conjunto es positivo, ya que aun siendo de carácter demostrativo y experimental, éste podría asumir sus costos de inversión y operación; por lo tanto se considera que es un proyecto "autofinanciable".

CUADRO FINANCIERO No 11

CONSOLIDADOS DE COSTOS PARA 10 AÑOS

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
<b>INVERSIONES</b>											
Inversión beneficio húmedo	225,788.0	2,058.0	2,367.0	2,722.0	3,130.0	3,600.0	3,742.0	3,742.0	3,742.0	3,742.0	3,742.0
Inversión planta de tratamiento	96,240.0	2,430.0	2,735.0	3,214.0	3,696.0	4,250.0	4,419.0	4,419.0	4,419.0	4,419.0	4,419.0
Inversión sistema tratamiento aguas	28,300.0	1,848.0	1,848.0	1,848.0	1,848.0	1,848.0	1,848.0	1,848.0	1,848.0	1,848.0	1,848.0
<b>MANO DE OBRA</b>											
M.O. directa beneficio húmedo		2,058.0	2,367.0	2,722.0	3,130.0	3,600.0	3,742.0	3,742.0	3,742.0	3,742.0	3,742.0
M.O. directa planta tratamiento		2,430.0	2,735.0	3,214.0	3,696.0	4,250.0	4,419.0	4,419.0	4,419.0	4,419.0	4,419.0
M.O. directa sistema tratam. aguas		1,848.0	1,848.0	1,848.0	1,848.0	1,848.0	1,848.0	1,848.0	1,848.0	1,848.0	1,848.0
Pasivo laboral		2,535.0	2,804.0	3,114.0	3,470.0	3,879.0	4,004.0	4,004.0	4,004.0	4,004.0	4,004.0
<b>OPERACION</b>											
Operación beneficio húmedo	487,428.0	520,710.0	530,607.0	553,010.0	530,607.0	610,198.0	634,332.0	634,332.0	634,332.0	634,332.0	634,332.0
Operación planta de tratamiento	2,534.0	2,914.0	3,000.0	3,352.0	3,854.0	4,432.0	4,608.0	4,608.0	4,608.0	4,608.0	4,608.0
Operación sistema tratam. aguas	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0
<b>ADMINISTRACION</b>											
Adm. beneficio húmedo	2,429.0	2,793.0	2,793.0	3,212.0	3,694.0	4,248.0	4,416.0	4,416.0	4,416.0	4,416.0	4,416.0
Adm. planta de tratamiento	437.0	503.0	503.0	579.0	665.0	765.0	795.0	795.0	795.0	795.0	795.0
Adm. sistema tratamiento aguas	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0
IMPREVISTOS (7%)	24,523.0	35,154.0	37,606.0	40,008.0	38,603.0	44,360.0	46,106.0	46,106.0	46,106.0	46,106.0	46,106.0
<b>TOTAL EGRESOS</b>	<b>374,850.0</b>	<b>537,553.0</b>	<b>574,841.0</b>	<b>611,558.0</b>	<b>590,967.0</b>	<b>678,082.0</b>	<b>704,770.0</b>	<b>704,770.0</b>	<b>704,770.0</b>	<b>704,770.0</b>	<b>704,770.0</b>

CUADRO FINANCIERO No 12

DIFERENCIA ENTRE INGRESOS Y EGRESOS

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Ingresos											
Por venta de café pergamino	0.0	581,889.0	621,374.0	659,613.0	632,129.0	726,948.0	755,700.0	755,700.0	755,700.0	755,700.0	755,700.0
Por venta de compost	0.0	18,288.0	21,031.0	24,186.0	27,814.0	31,986.0	33,251.0	33,251.0	33,251.0	33,251.0	33,251.0
TOTAL INGRESOS	0.0	600,177.0	642,405.0	683,799.0	659,943.0	758,934.0	788,951.0	788,951.0	788,951.0	788,951.0	788,951.0
TOTAL EGRESOS	374,850.0	537,353.0	574,841.0	611,558.0	590,067.0	678,082.0	704,770.0	704,770.0	704,770.0	704,770.0	704,770.0
DIFERENCIA	-374,850.0	62,824.0	67,564.0	72,241.0	69,876.0	80,852.0	84,181.0	84,181.0	84,181.0	84,181.0	84,181.0

PRINCIPALES INDICES FINANCIEROS

TIR	14.92%
VAN(15%)	(1,032)
B/C	0.000

TIR:	Tasa Interna de Retorno
VAN:	Valor Actual Neto
B/C:	Relación Beneficio/Costo



CUADRO FINANCIERO No 13  
COMPORTAMIENTO DE UNA DEUDA\*

Año	Pago		Pago a interes	Pago Total	Capital
	a capital				
1	0	60,000	60,000	400,000	
2	28,571	60,000	88,571	371,429	
3	28,571	55,714	84,286	342,857	
4	28,571	51,429	80,000	314,286	
5	28,571	47,143	75,714	285,714	
6	28,571	42,857	71,429	257,143	
7	28,571	38,571	67,143	228,571	
8	28,571	34,286	62,857	200,000	
9	28,571	30,000	58,571	171,429	
10	28,571	25,714	54,286	142,857	
11	28,571	21,429	50,000	114,286	
12	28,571	17,143	45,714	85,714	
13	28,571	12,857	41,429	57,143	
14	28,571	8,571	37,143	28,571	
15	28,571	4,286	32,857	0	

\*Tasa del 15%

PROPIEDAD DE LA BIBLIOTECA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CARLOS  
Biblioteca Cent.

CUADRO FINANCIERO No. 14  
FLUJO DE CAJA DEL PROYECTO

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
<b>FUENTES</b>											
Saldo año anterior	0	62,150	49,832	25,410	12,023	2,591	5,683	13,501	22,795	33,276	44,714
Fuente crediticia	400,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Venta de productos	0	600,177	642,405	683,799	659,943	758,934	788,951	788,951	788,951	788,951	788,951
Donación de terrenos	37,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ganacias financieras	0	6,215	7,475	3,811	1,803	389	852	2,025	3,419	4,991	6,707
<b>TOTAL DE FUENTES</b>	<b>437,000</b>	<b>668,542</b>	<b>699,712</b>	<b>713,020</b>	<b>673,769</b>	<b>761,914</b>	<b>795,486</b>	<b>804,477</b>	<b>815,165</b>	<b>827,218</b>	<b>840,372</b>
<b>USOS</b>											
Inversiones	350,328	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mano de obra	0	8,871	9,814	10,898	12,144	13,578	14,012	14,012	14,012	14,012	14,012
Operación	0	490,262	523,925	556,662	534,761	614,930	639,240	639,240	639,240	639,240	639,240
Administración	0	3,066	3,496	3,991	4,559	5,213	5,411	5,411	5,411	5,411	5,411
Imprevistos	24,523	35,154	37,606	40,008	38,603	44,360	46,106	46,106	46,106	46,106	46,106
Pago de deuda	0	60,000	88,571	84,286	80,000	75,714	71,429	67,143	62,857	58,571	54,286
<b>TOTAL DE USOS</b>	<b>374,851</b>	<b>597,353</b>	<b>663,412</b>	<b>695,845</b>	<b>670,067</b>	<b>753,795</b>	<b>776,198</b>	<b>771,912</b>	<b>767,626</b>	<b>763,340</b>	<b>759,055</b>
<b>DIFERENCIA</b>	<b>62,149</b>	<b>71,189</b>	<b>36,300</b>	<b>17,175</b>	<b>3,702</b>	<b>8,119</b>	<b>19,288</b>	<b>32,565</b>	<b>47,539</b>	<b>63,878</b>	<b>81,317</b>
Fondo para otros usos 30	0	21,357	10,890	5,153	1,111	2,436	5,786	9,770	14,262	19,163	24,395
<b>SALDO PRÓXIMO AÑO</b>	<b>62,149</b>	<b>49,832</b>	<b>25,410</b>	<b>12,023</b>	<b>2,591</b>	<b>5,683</b>	<b>13,502</b>	<b>22,796</b>	<b>33,277</b>	<b>44,715</b>	<b>56,922</b>

## CONCLUSIONES

1. La propuesta de un diseño de un beneficio húmedo de bajo impacto ambiental con carácter demostrativo es factible técnica y financieramente, según los parámetros de evaluación utilizados.
2. Es posible disminuir la contaminación del ambiente, y en especial de las fuentes de agua, por el proceso de beneficiado del café con la aplicación de algunas técnicas simples y bien conocidas.
3. Los principales aspectos que condicionan la calidad del café pergamino son: a) mantener un control de calidad en el corte del fruto, b) el mantenimiento preventivo del equipo, c) hacer una separación óptima entre el fruto pesado o sano, y el liviano o defectuoso, d) aplicar un remojo de 24 a 48 horas al café recién despulpado. Por lo tanto, es posible obtener un café pergamino de alta calidad modificando moderadamente el proceso de producción tradicional.
4. El diseño propuesto no es rentable para beneficios que procesen menos de 100 qq de café maduro al día, debido a que en el análisis financiero se obtuvo un Valor Actual Neto (VAN) de -Q1,032.00 y una relación Beneficio/Costo (B/C) igual a cero; aunque se haya obtenido una Tasa Interna de Retorno (TIR) de 14.92%. Por lo que se puede inferir, que para beneficios con capacidades menores, los índices financieros serán negativos, pues los costos del sobrediseño y de los sistemas de tratamiento, no disminuyen proporcionalmente al tamaño del beneficio.
5. La inversión necesaria para ejecutar el proyecto asciende a Q.374,850.00 en el año cero; según el flujo de caja del proyecto, éste se puede considerar autosostenible económicamente.
6. En concepto de mano de obra, el proyecto generaría Q.8,871.00 durante el primer año de aplicación, lo que se considera es un beneficio económico directo para la región.

## RECOMENDACIONES

1. Que los beneficios húmedos, especialmente los ubicados en la región de Alta Verapaz, traten sus desechos líquidos y sólidos, para minimizar la contaminación de los cuerpos de agua.
2. Que se realice un estudio económico y ambiental más profundo, que analice las ventajas y desventajas de un beneficio con bajo impacto ambiental.
3. Que las organizaciones gubernamentales y no gubernamentales, encargadas de velar por la preservación de la calidad ambiental, exijan el cumplimiento de las leyes correspondientes, y tramiten las sanciones pertinentes a las agroindustrias que viertan desechos líquidos y sólidos, sin tratar, a las fuentes de agua o al entorno en general.
4. Que las entidades de capacitación, fomento y asociación, relacionadas con la cañicultura, incentiven el uso de tecnologías más eficientes y menos dañinas para el ambiente.
5. Que la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial incluya dentro del pñsum de estudios las nociones básicas sobre sistemas de tratamiento de desechos industriales y agroindustriales.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ABREU, A.T. Eutroficación del Lago de Amatitlán. Informe Preliminar. Guatemala, 1,977.
- ALTAMIRO, P.O. Consideraciones sobre los desechos del beneficiado del café. Universidad de El Salvador. El Salvador, 1,974.
- ANACAFE. El Mejor Café del Mundo. Publicación de ANACAFE. Guatemala, 1,989.
- ANACAFE. Memorias de la acción cuencas Mataquesuintla. Proyecto AID-ANACAFE y PEICCE. Guatemala, 1,994.
- HERNANDEZ, M. Manual de caficultura. Asociación Nacional del Café (ANACAFE). Guatemala, 1,988.
- KRAISNY, E.M. Estudio multidisciplinario en un contexto aplicado. Conwell University, Departamento de Recursos Naturales. Estados Unidos, 1984.
- MENCHU, J.F. Manual práctico de beneficiado de café. Boletín No. 13, Asociación Nacional del Café (ANACAFE). Guatemala, 1,985.
- MENCHU, J.F. El beneficio húmedo tradicional del café y la disposición de desechos. Memoria del Tercer Simposio Internacional sobre la Utilización Integral de los Subproductos del Café. Guatemala, 1,987.
- MORALES, J.J. Avance sobre el tratamiento de aguas residuales del beneficiado de café. Memoria del Tercer Simposio Internacional sobre la Utilización Integral de los Subproductos del Café. Guatemala, 1,987.
- MOURIÑO, C. Investigación sobre la calidad del agua y proceso de eutroficación de la laguna Chichoj, Alta Verapaz. Informe Final. Guatemala, 1,992.
- RODAS, C.A. Los desechos del beneficiado y la contaminación de las fuentes de agua. Departamento de Asistencia Técnica. Asociación Nacional del Café (ANACAFE). Guatemala, 1,988.